



Lietelannan käyttö nurmikierrossa

Pasi Mattila (toim.)



Kasvintuotanto
Ympäristö

Maa- ja elintarviketalous 15
80 s., 5 liitettä

Lietelannan käyttö nurmikierrossa

Pasi Mattila (toim.)

ISBN 951-729-702-5 (Painettu)
ISBN 951-729-703-3 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkójulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met15.pdf

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2002

Kannen kuva

Osmo Keränen ja Jaana Uusi-Kämpä

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Lietelannan käyttö nurmikierrossa

Pasi Mattila

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöntutkimus, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, pasi.mattila@helsinki.fi

Tiivistelmä

Nurmen osuus nautakarjatilojen peltoalasta on kasvanut. Samalla karjanlanta on ohjattu levitettäväksi keväällä ja kesällä, jotta ympäristöhaitat pienensivät. Nämä muutokset edellyttävät uusia ratkaisuja lannan käyttöön nurmikierrossa.

MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa selvitettiin vuosina 1998–2001, miten naudnan lietelannan levitysajankohta vaikuttaa nurmen suojakasviksi kylvetyn ohran kokoviljasatoon. Kaksi kenttäkoetta olivat erittäin runsasmultaisella karkealla hiedalla. Lietelanta levitettiin joko syksyllä tai keväällä. Lannan levitys keväällä, yhdistetty lietelannan ja NPK-väkilannoitteen käyttö sekä suojaviljan korjuu kokoviljana taikinatulementumisteella näyttivät lisäävän typen hyväksikäyttöä. Jälkimmäisessä kokeessa maan orgaanisesta aineksesta vapautui selvästi enemmän typpeä kuin ensimmäisessä kokeessa. Runsas typensaanti johti ohran voimakkaaseen lakoutumiseen, mikä vähensi sekä satoa että typpilannoituksen hyväksikäyttöä.

Suojaviljalle annetun lietelannan typen kiertoa mallitettiin CoupModel-simulointimallilla. Mallinnetut typenotot ja maan epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat mitattuja selvästi korkeampia myöhäistä kevätlevitystä lukuun ottamatta. Malli ei ennustanut maan typen prosesseja alhaisissa lämpötiloissa riittävän tarkasti. Verrattaessa näillä rajoituksilla lannan levitysajankohtien vaikutusta typen huuhtoutumiseen malli arvioi lietelannan syyslevityksen lisäävän huuhtoutumista 4–12 kg/ha kevätlevitykseen verrattuna.

Lietelannan levityksestä aiheutuvaa ravinteiden ja ulosteperäisten mikrobien kuormitusta nurmelta tulevassa pintavalunnassa tutkittiin aitosavella Jokiosilla vuosina 1996–2001. Pintavalunnassa suurin ravinnekuormitus aiheutui lietelannan pintalevityksestä syksyllä. Myös ulostesaastumisesta kertovia mikrobeja oli paljon pintalevitysruutujen vesissä. Syksyllä lietelannan sijoittaminen vähensi mikrobimäärää, mutta mikrobit näyttivät säilyvän maassa pidempään kuin nurmen pintaan levitettäessä. Lietelannan sijoittaminen esti ammoniakkin haihtumista tehokkaasti.

Avainsanat: nurmiviljely, lietelanta, suojaviljat, typpilannoitus, simulointimallit, pintavalunta, fosfori, typpi, mikro-organismit, vesihygienia, ammoniakki

Use of slurry in ley rotation

Pasi Mattila

MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Soils and Environment,
FIN-31600 Jokioinen, Finland, pasi.mattila@helsinki.fi

Abstract

Leys cover an increasing part of the field area on Finnish cattle farms. At the same time manure application has been directed to spring and summer to control detrimental impacts on the environment. These changes make it necessary to find new ways of using manure in ley rotation.

The effect of the timing of cattle slurry application on the whole-crop yield of barley sown as a nurse crop was studied on a fine sand soil with a high content of organic matter at MTT's North-Ostrobothnia Research Station in Ruukki in the years 1998–2001. Slurry was spread either in the autumn or in the spring. Slurry application in the spring, combined use of slurry and NPK-fertiliser, and harvesting the nurse crop already at the dough-stage tended to increase the apparent recovery of applied nitrogen (N). The lower N recovery rate in the later trial was caused by a higher mineralisation rate of soil N. Increased N supply of barley enhanced lodging and, hence, decreased barley yield and the apparent recovery of applied N.

The effect of cattle slurry on the field N cycle was modeled with CoupModel. The modeled N uptakes and soil mineral N contents were higher than measured except in late spring applications. The model did not calculate N processes in low temperatures with good precision. When comparing N leaching of different application times the model estimated autumn application of slurry to increase N leaching 4–12 kg/ha.

Loads of nutrients and faecal micro-organisms in surface runoff from perennial grass ley after slurry applications were studied on a clay soil at Jokioinen. The nutrient load in surface runoff was greatest after surface application of slurry in the autumn. There were also high numbers of faecal micro-organisms in surface runoff from surface application plots. In the autumn, there were fewer faecal micro-organisms in the runoff from injected plots, but the microbes seemed to remain in the soil longer than in surface application plots. Injection prevented ammonia emissions effectively.

Each part of this publication contains an abstract in English.

Key words: ley farming, liquid manures, nurse crop, nitrogen fertilisation, simulation models, surface runoff, phosphorus, nitrogen, micro-organisms, water hygiene, ammonia

Alkusanat

Karjanlanta on yksi kotieläintalouden tuotteista, ja se sisältää pääosan kotieläinten rehuissaan syömistä ravinteista. Lanta on arvokasta viljelykasvien lannoitteena, mutta ympäristöön joutuessaan ravinteet ovat haitallisia, koska ne voivat aiheuttaa rehevöitymistä, happamoitumista ja pohjaveden pilaantumista. Lisäksi lannan sisältämät mikrobit muodostavat hygieenisen riskin.

Lannanlevityksen vaihtoehtoja ja niiden ympäristövaikutuksia selvitetään maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa Karjanlannan tutkimusohjelmassa. Ohjelman ensimmäinen osa toteutettiin vuosina 1995–1997 ja jatko-osa käynnistyi vuonna 1998. Jatko-osaan kuului mm. Lietelannan käyttö kevätiljajojen ja nurmien lannoitukseen -tutkimushanke. Osan tästä hankkeesta muodostivat tutkimukset Naudan lietalannan käyttö nurmen perustamisen yhteydessä ja Hygienian huomioiminen, ravinteiden kulkeutuminen vesistöihin sekä ammoniakkin haihtuminen levitettäessä lietalantaa nurmeen syksyllä. Tavoitteena oli löytää käyttökelpoisia lannanlevitysjankohtia perustettavan nurmen suojaviljalle, joka korjataan kokoviljasäilörehuksi. Karjanlannan tutkimusohjelman ensimmäisessä osassa avoimeksi jäänyttä kysymystä nurmelle levitetyn lannan ravinteiden ja mikrobien pintavalunnasta selvitettiin edelleen. Tutkimukset toteutettiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) Ruukissa ja Jokioisilla vuosina 1998–2001. Tämä julkaisu on tutkimusohjelman jatko-osan loppuraportti.

Karjanlannan tutkimusohjelman johtoryhmä seurasi tutkimusten toteuttamista ja antoi arvokasta palautetta. Johtoryhmän puheenjohtajana toimi pääosan ajasta Aarne Pehkonen (Helsingin yliopisto). Loppuvaiheessa puheenjohtajuus siirtyi Martti Esalalle (MTT). Muina jäseninä olivat Hannu Haapala (MTT), Helvi Heinonen-Tanski (Kuopion yliopisto), Jukka Peltola (MTT), Hannu Seppänen (Maaseutukeskusten liitto) ja Juhani Tauriainen (Maa- ja metsätalousministeriö). Johtoryhmän sihteerinä toimi aluksi Ilkka Sipilä (Helsingin yliopisto) ja myöhemmin Pasi Mattila (MTT). Haluamme esittää johtoryhmälle kiitokset sen työstä tutkimusten hyväksi.

Jokioisilla toukokuussa 2002

Martti Esala Erkki Joki-Tokola Jaana Uusi-Kämpä Pasi Mattila

Tutkimusten taustaa

Pasi Mattila¹⁾, Erkki Joki-Tokola²⁾ ja Jaana Uusi-Kämpä¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöntutkimus, 31600 Jokioinen, pasi.mattila@helsinki.fi, jaana.uusi-kamppa@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, erkki.joki-tokola@mtt.fi

Karjatilojen rakenne on muuttunut nopeasti viime vuosina. Tilat ovat pyrki-neet tehostamaan toimintaansa erikoistumalla entistä vahvemmin tiettyyn tuotantosuntaan ja lisäämällä samalla eläinmäärää ja peltoalaa. Lisämaaksi ostetut tai vuokratut peltolohkot sijaitsevat usein hajallaan kaukana tilan talo-uskeskuksesta, mikä hankaloittaa niiden viljelyä. Rehuviljan hinnanlaskun myötä nautakarjatilat ovat vähentäneet viljanviljelyä ja keskittyneet entistä enemmän nurmirehun tuotantoon (Niemi & Pietola 2001). Karjanlannan ai-heuttamien ympäristöhaittojen vähentämiseksi sen käyttöä on ohjattu lain-säädännön ja maatalouden ympäristötuen avulla. Levitettäviä lantamääriä on rajoitettu ja levitystä on ohjattu keväeseen ja kesään, mikä yhdessä suurentu-neen nurmialan kanssa pakottaa levittämään lantaa kasvavaan nurmeen. Nä-mä muutokset ovat luoneet tarpeen löytää lannan käyttöön ja levitykseen teknologisesti toimivia ja sekä ekologisesti että taloudellisesti kestäviä toi-mintatapoja.

Keväällä karjanlantaa voidaan käyttää luontevasti kevätiljojen lannoituk-seen. Kasvukauden alku on lannan ravinteiden hyväksikäytön kannalta paras levitysajankohta, koska silloin viljelykasvien ravinteidenotto on juuri alkamaassa (Vetter & Steffens 1981, Tveitnes & Håland 1989). Lietelantaa voi-daan keväällä levittää viljapeltojen ohella myös kasvavalle nurmelle, mutta nurmelle levittäminen ei pintavaurioiden takia ole aina mahdollista ja järke-vää (Joki-Tokola 1998). Myös viljapelloilla maan tiivistyminen on mahdol-lista, koska keväällä jankko voi usein olla varsin kostea silloinkin, kun pin-tamaa on jo kuivahtanut. Jankon kuivumista ei kuitenkaan yleensä voida odottaa, koska vilja on kylvettävä ennen kuin pintamaa on kuivunut liikaa.

Osa lannasta levitetään syksyllä, jotta lantavarastoihin saadaan tilaa sisäruo-kintakaudeksi. Syksyllä karjanlannan levitykseen on enemmän aikaa kuin keväällä, mutta syyslevityksenkin ongelmana on usein peltojen heikko kanta-vuus. Lisäksi syyslevitys heikentää karjanlannan typen hyväksikäyttöä (Klau-sen & Nemming 1982, Vetter 1988, Kempainen 1989), koska ravinteita ottavien viljelykasvien puuttuessa typpeä kulkeutuu helposti pelloilta ympä-ristöön esimerkiksi veden mukana huuhtoutuvana nitraattina (Kempainen 1994) tai pintavalunnassa myös ammoniumina (Turtola & Kempainen 1998). Typpeä voidaan menettää muillakin tavoilla, mm. denitrifikaation kautta, mutta tiedot erilaisten typpitappioiden laajuudesta ovat puutteelliset.

Kemppaisen (1985) mukaan vain 20–30 % syksyllä pintaan levitetyn naudan lietalan liukoisesta typestä oli ohran viljelyssä keväällä levitetyn väkilannoitteen typen veroista.

Karjanlannan typpi on osaksi ammoniumtyyppiä ja osaksi eloperäiseen ainekseen sitoutunutta orgaanista typpiä, jota kasvit voivat ottaa vasta eloperäisen aineksen hajottua ja typen mineraloiduttua ammoniumiksi. Maaperän nitrifikaatiobakteerit muuttavat ammoniumia nitraatiksi, joka on ammoniumin tavoin vesiliukoista ja kasveille käyttökelpoinen typpilähde. Kosteassa ja lämpimässä maassa merkittävä osa ammoniumista voi nitrifioitua jo muutamassa päivässä. Nitraatti ei pidäty maa-ainekseen kuten ammonium, vaan huuhtoutuu maassa helposti veden mukana.

Ammoniumtypen muuttumista huuhtoutumiselle alttiimpaan nitraattimuotoon on pyritty estämään lisäämällä lantaan nitrifikaatiota estäviä aineita eli nitrifikaatioinhibiittoreita (Kemppainen 1988, Tveitnes & Håland 1989). Menetelystä saadut tulokset ovat olleet vaihtelevia ja saavutetut edut ovat usein jääneet taloudelliselta merkitykseltään kustannuksia pienemmiksi. Ammoniumtypen hapettuminen nitraattimuotoon hidastuu selvästi, kun peltomaan lämpötila laskee +4 °C:n alapuolelle (Harris 1988). Karjanlannan ammoniumtypen on kuitenkin todettu muuttuneen nitraatiksi 10–12 viikossa +4 °C:ssa ja 30 viikossa 0 °C:ssa (Vilsmeier & Amberger 1986).

Karjanlannan fosfori liikkuu maassa ja huuhtoutuu pelloilta jopa helpommin kuin väkilannoitefosfori (Vetter & Steffens 1981). Fosforin huuhtoutumisalttius riippuu mm. maalajista niin, että happamilta turvemailta huuhtoutuminen on selvästi suurempaa kuin kivennäismailta (Kemppainen 1994, Vetter & Steffens 1981). Syyslevityksen ei ole kuitenkaan todettu kevätlevitykseen verrattuna mainittavasti lisäävän fosforin huuhtoutumista, kun lanta mullaan tai sijoitetaan (Kemppainen 1994). Syksyllä pellon pinnalle jätetyn lannan fosforia voi sen sijaan huuhtoutua runsaastikin (Turtola & Kemppainen 1998).

Maatalouden ympäristötukijärjestelmän säädökset rajoittavat pelloille levitettäviä fosfori- ja typpimääriä (Maa- ja metsätalousministeriö 2000). Lisäksi valtioneuvoston asetuksessa maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (VNA 9.11.2000/931) on omat määräyksensä. Säilörehunurmille saa levittää vuosittain typpiä yhteensä 250 kg/ha, jolloin annetaan 100 kg/ha ensimmäistä, 100 kg/ha toista ja 50 kg/ha kolmatta satoa varten. Näiden raja-arvojen yhteydessä karjanlannasta huomioidaan vain liukoinen typpi. Lannassa levitettävän typen kokonaismäärä saa olla enintään 170 kg/ha vuodessa. Fosforilannoituksesta suuri osa suositellaan annettavaksi jo nurmen perustamisvaiheessa. Fosforia saa antaa enintään 0–50 kg/ha vuodessa maan viljavuusluokasta riippuen. Kotieläintiloilla tarkennetussa lannoituksessa fosforia voidaan levittää karjanlannassa 15 kg/ha kaikissa viljavuusluokissa paitsi luokassa ”arveluttavan korkea”. Lantaa ei kuitenkaan saa levittää

100 m lähemmäksi vesistöä. Syksyllä lannan levittäminen nurmikasvuston pintaan on kielletty 15. syyskuuta jälkeen. Karjanlannan pintalevitys on aina kielletty pellolla, jonka keskimääräinen kaltevuus ylittää 10 %. Lisäksi vesistöjen ja valtaojien varsille suositellaan jätettävän 10 m leveät suojavyöhykkeet, joille karjanlantaa ei levitetä. Talousvesikaivojen ja -lähteiden ympärillä vastaavan suojavyöhykkeen leveyden tulisi olla ainakin 30–100 m.

Lannan kevätlevityksen ongelmat, ennen kaikkea levityksajan niukkuus ja pohjamaan tiivistymisriski, luovat tarpeen pidentää lannan levitysaikaa. Tässä julkaisussa raportoitavista tutkimuksista ensimmäisessä tarkastellaan lietelannan eri levitysjankohtia nurmen perustamisen yhteydessä. Tutkimuksen kohteena on syksyllä tai keväällä levitetyn lannan vaikutus typen huuhtoutumisriskiin ja suojaviljan satoon, kun vilja joko korjataan kokoviljasäilörehuksi taikinatuleentumisasteella tai leikkuupuidaan täystuleentuneena. Koeteki-
joiden vaikutusta tarkastellaan myös typen käyttäytymistä kuvaavan mallin avulla. Toisen tutkimuksen aiheena on fosforin, typen ja mikrobien huuhtoutuminen sekä ammoniakkin haihtuminen nurmelle pintaan levitetystä tai maahan sijoitetusta lietelannasta.

Kirjallisuus

- Harris, P.J. 1988. Microbial transformations of nitrogen. Teoksessa: Wild, A. (toim.). Russel's soil conditions and plant growth. 11. painos. Harlow: Longman Scientific & Technical. s. 608–651. ISBN 0-582-44677-5.
- Joki-Tokola, E. 1998. Lietelannan levityksajan ja -tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 44. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 20 s.
- Kempainen, E. 1985. Lietelanta ohran lannoitteena. Biologisen typensidonnan ja ravinnetypen hyväksikäytön projekti. Julkaisu 21. Helsinki: Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. 66 s. ISBN 951-563-164-5.
- Kempainen, E. 1988. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan lietelannan tehoon ohran lannoitteena. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 19/88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 35 s.
- Kempainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 161–284.
- Kempainen, E. 1994. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 16/94. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 46 s.

- Klausen, P.S. & Nemming, O. 1982. Utbringninstider för svinegødning til byg. Tidsskrift for Planteavl 86: 189–192.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2000. Ympäristötukiopas. Maatalouden ympäristötuki v. 2000–2006. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 27 s.
- Niemi, J.K. & Pietola, K. 2001. Land use response to agricultural policy and market movement on Finnish dairy-farms. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 285–294.
- Turtola, E. & Kemppainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569–581.
- Tveitnes, S. & Håland, Å. 1989. Influence of nitrification inhibitor dicyandiamide (DIDIN) on the nitrogen efficiency of cattle slurry. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3: 343–350.
- Vetter, H. 1988, Economical and safe utilization of slurry. *Agricultural Waste Management and Environmental Protection* 1: 87–94.
- Vetter, H. & Steffens, G. 1981. Nährstoffverlagerung und Nährstoffeintrag in das oberflächennahe Grundwasser nach Gulleddung. *Kulturtechnik und Flurbereinigung* 22: 159–172.
- Vilsmeier, K. & Amberger, A. 1986. Zur nitrifikationshemmenden Wirkung von Dicyandiamid zu Gülle in der Zeit zwischen Spätherbst und Frühjahr. *Zeitschrift der Pflanzenernährung und Bodenkunde* 150: 47–50.
- VNA 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000. *Suomen Säädoskokoelma* 931/2000: 2371–2376.

Naudan lietelanta nurmen suojakasvin lannoitteena

Erkki Joki-Tokola¹⁾, Tapio Salo²⁾, Pasi Mattila²⁾, Martti Esala²⁾ ja Mika Iso-lahti¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöntutkimus, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi, pasi.mattila@helsinki.fi

Tiivistelmä

MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa selvitettiin vuosina 1998–2001 kahdessa kolmivuotisessa kenttäkokeessa, miten naudon lietelantaan levitysaika vaikuttaa nurmen suojakasviksi kylvetyn ja kokoviljana korjatun ohran satoon. Koealueen maalaji oli erittäin runsasmultainen karkea hietä. Lietelanta levitettiin pellolle joko aikaisin tai myöhään syksyllä tai keväällä. Aikaisin syksyllä lietelanta levitettiin ennen syyskyntöä ja myöhään syksyllä kynnökselle ennen pysyvää lumipeitettä. Aikaisin keväällä lietelanta levitettiin puolestaan ennen kylvöä ja myöhään keväällä vasta kylvön jälkeen oraalle, kun ohra oli 2–3-lehtivaiheessa. Ohra tarvitsi typpeä 80 kg/ha, ja se annettiin joko pelkästään lietelantaan liukoisena typpenä tai puoliksi lietelantaan typpenä ja NPK-väkilannoitteena. Väkilannoite levitettiin aikaisin keväällä. Kokoviljasato korjattiin joko taikinatulementumisvaiheessa tai täystulementuneena. Perustetun nurmen kasvu mitattiin korjaamalla ensimmäisen nurmivuoden ensimmäinen sato. Ensimmäinen kenttäkoe aloitettiin syksyllä 1998 ja toinen syksyllä 1999.

Lietelantaan levitysaika ei vaikuttanut kokoviljasadon eikä nurmisadon määrään. Typpilannoitus lisäsi ensimmäisessä kokeessa kokoviljasatoa, mutta nurmisatoon se ei vaikuttanut kummassakaan kokeessa. Kasvustojen korjuu jo taikinatulementuneina lisäsi molemmissa kokeissa kokoviljasadon, mutta vain jälkimmäisessä kokeessa myös nurmisadon määrää. Suojavilja hyödynsi ensimmäisessä kokeessa typpilannoituksesta keskimäärin 26 % ja jälkimmäisessä kokeessa keskimäärin 14 %. Lannan levitys keväällä, jaettu typpilannoitus ja suojaviljan korjuu jo taikinatulementuneena näyttivät tehostavan typen hyödyntämistä. Ero typen hyväksikäytössä johtui siitä, että jälkimmäisessä kokeessa maan organisesta aineksesta vapautui selvästi enemmän typpeä kuin ensimmäisessä kokeessa. Runsa typensaanti johti ohran voimakkaaseen lakoutumiseen, mikä vähensi sekä satoa että typpilannoituksen hyväksikäyttöä.

Avainsanat: nurmiviljely, lietelanta, suojaviljat, ohra, typpilannoitus, lakoutuminen

Cattle slurry as a fertiliser for nurse crop

Erkki Joki-Tokola¹⁾, Tapio Salo²⁾, Pasi Mattila²⁾, Martti Esala²⁾ and Mika Isolahti¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, North Ostrobothnia Research Station, Tutkimusasemantie 15, FIN-92400 Ruukki, Finland, forename.surname@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Soils and Environment, FIN-31600 Jokioinen, Finland, forename.surname@mtt.fi, pasi.mattila@helsinki.fi

Abstract

The effect of the timing of cattle slurry application on the quantity and quality of the whole-crop yield of barley sown as a nurse crop was studied in two three-year field experiments, which were carried out on a fine sand soil with high organic matter content (26%) at MTT's North-Ostrobothnia Research Station in Ruukki, northern Finland, in the years 1998–2001. Slurry was spread either in the autumn or in the spring, and both spreading seasons had both an early and a late application time. The early autumn application was before ploughing. The late autumn application was after ploughing, just before permanent snow cover. The early spring application was just before sowing, and the late spring application was at 2–3 leaf stage. The estimated nitrogen (N) requirement of barley (N 80 kg/ha) was supplied either solely by the soluble nitrogen of slurry or by two equal sources: slurry and inorganic NPK-fertiliser. Inorganic fertiliser was always applied at the same time with the early spring application of slurry. Barley was harvested either at dough-stage or full-ripened. Growth of the established ley was measured by harvesting the first yield of the first ley year. The first experiment was started in the autumn of 1998 and the later one in the autumn of 1999.

The application time of slurry had no effect on the DM yield of barley or grass. In the first experiment the combined use of slurry and NPK-fertiliser increased the DM yield of whole-crop barley but it had no effect on grass yield in either of the two trials. In both of the experiments, the earlier harvesting time increased DM yield of whole-crop barley, and in the later trial also grass yield. Apparent N recovery was in the first trial 26% and in the second trial 14%. Slurry application in the spring, combined use of slurry and NPK-fertiliser, and harvesting the nurse crop already at the dough-stage tended to increase the apparent recovery of applied N. The lower apparent N recovery rate in the later trial was caused by a higher mineralisation rate of soil N. Increased N supply of barley enhanced lodging and, hence, decreased barley yield and the apparent recovery of applied N.

Key words: ley farming, liquid manures, nurse crop, nitrogen fertilisation, lodging

Johdanto

Nautakarjatiljoilla vilja kylvetään usein nurmen suojaviljaksi. Tällöin viljan lakoutuminen on erityisen haitallista, koska se voi tuhota perustettavan nurmen. Typpilannoitus vaikuttaa yhtenä tekijänä viljan lakoutumisalttiuteen. Lakoutuneen viljakasvuston leikkuupuinti on hidasta ja vaikeaa ja jyväsadon säilöntä kuivaamalla kallista. Jos suojavilja korjataan kasvuston täystulentuleentumisvaiheessa tapahtuvan leikkuupuinnin sijasta jo taikinatuleentumisvaiheessa silppurilla kokoviljasäilörehuksi, lakoutuneetkin kasvupaikat saadaan korjattua. Lisäksi nurmelle jää enemmän aikaa vahvistua ennen tulevaa talvikautta.

Erityisesti suojaviljan lannoituksessa on tärkeää pystyä ennakoimaan karjanlannan typpilannoitusvaikutus. Syksyllä levitetyn lannan teho on usein keväällä levitettyä heikompi, koska osa tuestä menetetään ennen kasvukautta.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin karjanlannan levitysjän vaikutus taikina- tai täystuleentuneena korjatun ohran satoon, typen hyväksikäyttöön sekä kokeissa perustetun nurmen ensimmäisen vuoden satoon, kun ohra lannoitettiin joko pelkästään lietelannalla tai puoliksi lietelannalla ja puoliksi väkilannoitteella. Tutkimukseen sisältyi kaksi saman suunnitelman mukaisesti peräkkäisinä vuosina samalla peltolohkolla aloitettua koetta.

Aineisto ja menetelmät

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa vuosina 1998–2001 tehdyissä kahdessa kenttäkokeessa tutkittiin suojaviljaksi kylvetyn ohran lannoitusajankohdan ja -tavan sekä korjuutavan vaikutusta ohran kokoviljasadon sekä kokeissa perustetun nurmen ensimmäisen vuoden sadon määrään ja koostumukseen. Kokeissa käytetyn peltolohkon maalaji oli erittäin runsasmultainen karkea hietä. Muokkauskerroksen humuspitoisuus oli noin 26 % (Urvas 1995). Viljan lannoituksessa käytettiin sekä pelkästään naudan lietelantaa että lietelantaa yhdessä väkilannoitteen kanssa. Kokeissa käytetty lietelanta saatiin tutkimusaseman lihanautakasvattamosta.

Ensimmäisen kokeen syyslannoitukset tehtiin syksyllä 1998, kevätlannoitukset sekä ohran kylvö ja sadonkorjuu kasvukaudella 1999 ja ensimmäisen nurmisadon korjuu kasvukaudella 2000. Jälkimmäinen koe alkoi syksyllä 1999 ensimmäisen kokeen vieressä samalla peltolohkolla ja eteni vuotta myöhäisemmällä aikataululla. Muilta osin se vastasi järjestelyiltään täysin ensimmäistä koetta.

Lannoitukset tehtiin sekä syksyllä että keväällä niin, että molemmilla levityskausilla oli aikainen ja myöhäinen levitysaika. Syksyn aikainen levitys tehtiin koealueella kasvaneen ohran puinnin jälkeen ennen kyntöä. Myöhäinen syyslevitys tehtiin kynökselle ennen pellon pysyvää routaantumista ja lumi-peitettä. Aikainen kevätlevyitys tehtiin kynökselle ennen kylvömuokkausta. Myöhäinen kevätlevyitys tehtiin oraalle, kun se oli 3-lehtiasteella niin, että kasvuston korkeus oli noin 15 cm.

Lietelannan levitysmäärä vastasi joko kokonaan tai puoliksi ohran laskennallisesta typpilannoitustarvetta (N 80 kg/ha). Lietelannan typpilannoitusvaikutus arvioitiin lannasta pikamäärityslaitteella mitatun ammoniumtyypen pitoisuuden perusteella (Agros, Ruotsi). Lietelannan liukoisen typen pitoisuus analysoitiin myöhemmin kemiallisesti MTT:n Maaperä ja ympäristö -vastuualueen laboratoriossa Kemppaisen (1989) kuvaamalla tavalla. Lietelannoituksen tuloksissa käytetty typpilannoitusmäärä laskettiin lannasta laboratoriossa määritetyn liukoisen typen pitoisuuden perusteella. Lanta levitettiin letkulevittimellä varustetulla lietelantavaunulla (Vogelsang, Saksa), jonka työleveys oli kuusi metriä. Levitetyt lantamäärät mitattiin koeruuditain punnitsemalla vaunu ennen levitystä ja sen jälkeen.

Väkilannoite levitettiin kylvölannoittimella aina juuri ennen kylvöä (Tume 2500, Suomi). Kokeissa käytetty väkilannoite oli Kemiran valmistama Pellon Y6 (N:P:K 17:6:10).

Kokeisiin kylvetyn Artturi-ohran kylvömäärä oli 195 kg/ha. Kylvö tehtiin kylvölannoittimella (Simulta 2500, Suomi) poikittain lietelantavaunun ajosuuntaan nähden. Ohrankylvön yhteydessä kylvettiin myös timotei (Iki), jonka kylvömäärä oli 20 kg/ha. Kylvö tehtiin kylvölannoittimessa olleen piensiemenaatikon avulla. Koekenttä jyrättiin kylvön jälkeen.

Kunkin ruudun alasta korjattiin puolet kasvuston taikinatulementumisasteella niittämällä kokoviljana ja puolet tuleentumisen jälkeen puimalla jyvä- ja olkisatona. Kokovilja korjattiin nurmiruutujen korjuuseen tarkoitettulla korjuukoneella (Haldrup 1500, Tanska). Vilja puitiin koeruu-putuimurilla (Winters-teiger Nursery Master, Itävalta). Puitujen ruutujen olkisadot korjattiin Haldrup 1500 -korjuukoneella. Molempien korjuutapojen korjuuala oli 30 m² ja niittolaitteen sänginpituudeksi säädettiin 80 mm.

Kasvustoista määritettiin viljan tuleentumispäivä ja lakoutuneen viljan osuus prosentteina ruudun kokonaispinta-alasta sekä perustetun nurmen syys- ja kevättiheys. Kokoviljasta ja olkisadosta otettiin sadonkorjuun yhteydessä edustavat näytteet kuiva-ainepitoisuuden ja sadon kemiallisen koostumuksen määrittämiseksi. Jyväsadosta poistettiin epäpuhtaudet sekä määritettiin jyvien kuiva-ainepitoisuus, tilavuuspaino ja tuhannen siemenen paino sekä otettiin näytteet jyväsadon kemiallisen koostumuksen analysointiin. Kokoviljasadon kuiva-ainepitoisuus määritettiin välittömästi näytteenoton jälkeen kuivaa-

malla näytteet yön yli 105 °C:ssa. Olkisadon korjuu, näytteiden otto ja kuivaus tehtiin ensimmäisenä puintia seuranneena työpäivänä. Jyväsato kuivattiin aluksi viljakuivurissa ja sen jälkeen uunissa. Analysoitavat näytteet kuivattiin välittömästi näytteenoton jälkeen uunissa (60 °C), jonka jälkeen ne lähetettiin analysoitaviksi MTT:n Lapin tutkimusasemalle. Näytteistä määritettiin tuhkapitoisuus polttamalla näytteet 500 °C:ssa, typpipitoisuus Kjeldahl-menettelmällä ja raakakuitupitoisuus Fibertec-menettelmällä. Lisäksi rehuista määritettiin orgaanisen aineen *in vitro* -sulavuus (Friedel 1990).

Maanäytteet otettiin ruuduittain niin, että ruutua edustanut kokoomanäyte koostui kuudesta ruudulta otetusta osanäytteestä. Sekä muokkauskerrosta (0–25 cm) että jankkoa (25–60 cm) edustanut näyte otettiin näytekairalla, jonka sisähalkaisija oli 28 mm. Näytteet pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen (–18 °C). Maanäytteistä analysointiin ammonium- ja nitraattityppipitoisuus Esalan (1992) kuvaamalla tavalla. Näytteiden ottoajat kerrotaan tarkemmin tulosten yhteydessä.

Kokeissa perustettu nurmi lannoitettiin seuraavana keväänä Pellon Y3-lannoksella (N-P-K 20-3-9). Lannoitteen levitysmäärä oli 500 kg/ha. Nurmi niitettiin kasvuston ollessa säilörehuasteella. Ruuduittainen korjuuala oli 15 m². Kasvustosta otettiin sato näytteet, joista määritettiin kuiva-ainepitoisuus ja kuiva-ainesadon tuhka-, typpi- ja raakakuitupitoisuus sekä sadon orgaanisen aineksen *in vitro* -sulavuus. Määritykset tehtiin edellä mainituilla analyysimenetelmillä MTT:n Lapin tutkimusasemalla.

Nurmen toiselle sadolle levitettiin lannoitteeksi NK-lannosta (N:K 20:15) 500 kg/ha. Sato niitettiin kasvuston ollessa säilörehuasteella ja sadosta otettiin vastaavat näytteet kuin ensimmäisestä sadosta.

Koalueelle perustettiin edellä selostettujen ruutukokeiden välittömään tuntumaan ohran typpilannoituksen porraskokeet, joiden lannoituksessa käytetyn Pellon Y6-lannoksen levitysmäärät olivat 0, 235, 470 ja 705 kg/ha. Väkilannoitetyypin levitysmääräksi saatiin näin 0, 40, 80 ja 120 kg/ha. Koejärjestelyn tarkoituksena oli selvittää lietalannan typpilannoitusvaikutus suhteessa pelkän väkilannoitetyypin käyttöön. Kokeen ruutukoko oli 25 m².

Koetulosten laskenta ja tilastomatemattinen käsittely tehtiin SAS 6.12 -ohjelman MIXED-proseduurilla. Kokeen koemalli oli osa-osaruutukoe, jossa pääruututekijänä oli lannoitusajankohta (syksy aikainen, syksy myöhäinen, kevät aikainen ja kevät myöhäinen), osaruututekijänä lannoituksen koostumus (lietalannoitus tai jaettu liete- ja väkilannoitus) ja osa-osaruututekijänä ohran korjuutapa (taikinatuleentunut kasvusto niittäen kokoviljaksi tai täysituleentunut kasvusto leikkuupuiden kokoviljaksi). Kokeissa oli molempina vuosina neljä kerrannetta. Koetekijöiden tasojen väliset erot testattiin Tukeyn testillä, jossa merkitsevyystaso oli 5 %. Koska jyväsadon määrä oli tiedossa vain leikkuupuidusta sadosta, pelkästään jyväsatoa koskevassa aineistossa ei

ole mukana jo taikinatuleentuneena korjatun kasvuston tuloksia. Koetulosten tilastollisessa analysoinnissa käytettiin tällöin osaruutumallia. Kokeen pääruututekijä ja osaruututekijä olivat samat kuin osa-osaruutukoemallissa. Tyypilannoituksen porraskokeiden koemallina oli samoin osaruutukoe, jossa pääruututekijänä oli lannoituksen typpimäärä (N 0, 40, 80 ja 120 kg/ha ja osaruututekijänä suojaviljan korjuutapa (kuten edellä).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Koevuosien sää

Kokeiden aikainen syyslannoitus tehtiin syyskuun viimeisellä viikolla ja myöhäinen marraskuun puolivälissä (Taulukko 1). Aikaisessa levityksessä maanpinnan lämpötila oli ensimmäisessä kokeessa syksyllä 1998 +4,1 °C ja jälkimmäisessä kokeessa syksyllä 1999 +5,4 °C. Syksyn myöhäisessä levityksessä ensimmäisen kokeen maanpinnan lämpötila oli –0,8 °C ja jälkimmäisen –1,0 °C. Kevätlevityksissä maanpinnan lämpötila oli ensimmäisen kokeen aikaisessa levityksessä 8,6 °C ja myöhäisessä 14,4 °C. Toisen kokeen vastaavat lämpötilat olivat 8,7 °C ja 10 °C. Maan pintalämpötilojen perusteella voidaan otaksua, että lietelannan ammoniumtypen osittainen haihtuminen ammoniakkinä oli todennäköisesti vähäisintä syksyn myöhäisissä levityksissä, koska sekä maanpinnan että ilman lämpötila oli tuolloin matala. Levitys pinnaltaan jo jäätyneelle kynökselle saattoi lisäksi säilyttää lietelannan typen muita levitysaikoja paremmin ammoniummuodossa, koska nitrifikaatiobakteerien aktiviteetti vähenee lämpötilan laskiessa (Harris 1988).

Lietelantakäsittelyt poikkesivat toisistaan levityksen ajankohdan lisäksi myös niin, että syksyn ja kevään aikaisina levityskertoina lietelanta mullattiin. Syksyllä multausta tehtiin kyntämällä ja keväällä äestämällä. Syksyn ja kevään myöhäiset levitykset jäivät multaamatta. Siten koekäsittelyiden välisten erojen selittäjänä saattoi olla lannoitusajankohdan lisäksi lannan levitystapa. Lietelannan multausta tai sijoittamista suoraan maahan on aiemmissa kokeissa lisännyt vaihtelevasti ohran satoa. Lietelannan sijoitus on antanut suurimman sadonlisäyksen kylvön yhteydessä tehtynä (Kempainen 1985).

On syytä mainita, että tutkimuksessa käytetty myöhäinen syyslevitys tehtiin vastoin ohjeita, jotka annetaan valtioneuvoston asetuksessa maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (VNA 9.11.2000/931). Asetus sallii lannan levityksen vain sulaan ja kuivaan maahan. Siten maan kylmyyden hyödyntäminen niin, että se voisi luontaisesti estää karjanlannan ammoniumtypen muuttumisen herkästi huuhtoutuvaan nitraattimuotoon, on käytännössä vaikea toteuttaa sekä luvallisesti että hallitusti.

Taulukko 1. Kenttäkokeiden lannoitus-, kylvö- ja korjuupäivämäärät. Kokeet 1 ja 2 suoritettiin vierekkäin samalla peltolohkolla. Aikataulua lukuun ottamatta niiden järjestelyissä ei ollut eroja.

	Koe 1	Koe 2
Aikainen syyslannoitus	30.9.1998	23.9.1999
Myöhäinen syyslannoitus	17.11.1998	15.11.1999
Aikainen kevätlannoitus	27.5.1999	19.5.2000
Myöhäinen kevätlannoitus	16.6.1999	13.6.2000
Suojaviljan kylvö	1.6.1999	22.5.2000
Korjuu taikinatulementuneena	4.8.1999	7.8.2000
Korjuu täystulementuneena	18.8.1999	21.8.2000
Nurmen 1. niitto	22.6.2000	27.6.2001
Nurmen 2. niitto	22.8.2000	9.8.2001

Kokeiden kasvukausien aikaiset sääolosuhteet poikkesivat toisistaan. Ensimmäisen kokeen kasvukausi oli keskimääräistä vähäsateisempi ja lämpimämpi, mutta ohra ei kuitenkaan näyttänyt kärsivän kuivuudesta. Edellisen, ennätysellisen sateisen kesän jälkeen märkä ja alkuvuoden 1999 ennätysellisten pakkasten syvälle routaannuttama koealue sulii vasta 20.5.1999. Roudan hidas sulaminen myöhästytti kylvöjen käynnistymistä niin, että koe voitiin kylvää vasta kesäkuun alussa, eli selvästi jälkimmäistä koetta myöhemmin (Taulukko 1). Aiemmasta kylvöstä huolimatta ohra vaati jälkimmäisessä kokeessa pidemmän kasvuajan (Taulukko 2).

Taulukko 2. Ohran kylvö- ja korjuupäiviin mennessä kertynyt tehoisan lämpötilan summa (>5 °C) ja ohran kylvön ja korjuun välisen ajan sademäärä (koe 1: 1999, koe 2: 2000) sekä nurmivuosina niittopäiviin mennessä kertynyt tehoisan lämpötilan summa (koe 1: 2000, koe 2: 2001).

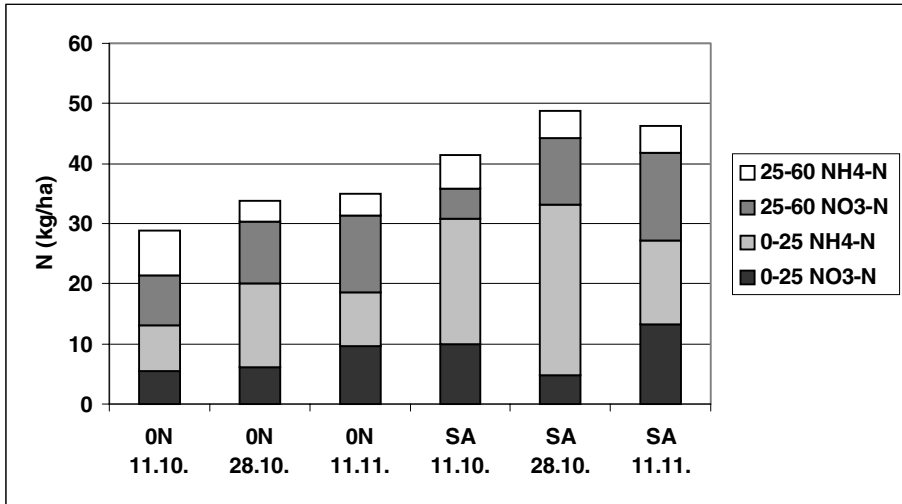
	Koe1	Koe2
Tehoisan lämpötilan summa kasvukauden alusta, °C		
Kylvöön	96	89
Kokoviljan korjuuseen	790	799
Leikkuupuintiin	876	903
Sademäärä, mm		
Kokoviljan korjuuseen	101	192
Leikkuupuintiin	126	263
Tehoisan lämpötilan summa kasvukauden alusta, °C		
Nurmen 1. niitto	278	301
Nurmen 2. niitto	912	928

Kokoviljan korjuulle sovelias viljan tuleentumisaste voidaan päätellä paitsi kasvuston ulkonäön myös rehun kuiva-ainepitoisuuden perusteella, sillä taikinatuleentuneen ohrakasvuston kuiva-ainepitoisuus on noin 350 g/kg (Joki-Tokola ym. 1999). Kokoviljakasvusto onnistuttiin korjaamaan molemmissa kokeissa tavoitellulla kehitysasteella, sillä kokoviljan keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli ensimmäisessä kokeessa 351 g/kg ja jälkimmäisessä 360 g/kg. Ohran kehittyminen kylvöstä taikinatuleentuneeksi kokoviljasadoksi vaati molemmissa kokeissa käytännössä saman tehoisan lämpötilan summan (Taulukko 2). Jälkimmäisen kokeen sateinen elokuu ilmeisesti hidasti kasvuston kehittymistä kokovilja-asteelta leikkuupuintiin soveltuvaksi niin, että leikkuupuitava kasvusto tarvitsi kehittyäkseen jälkimmäisessä kokeessa suuremman tehoisan lämpötilan summan kuin ensimmäisessä kokeessa.

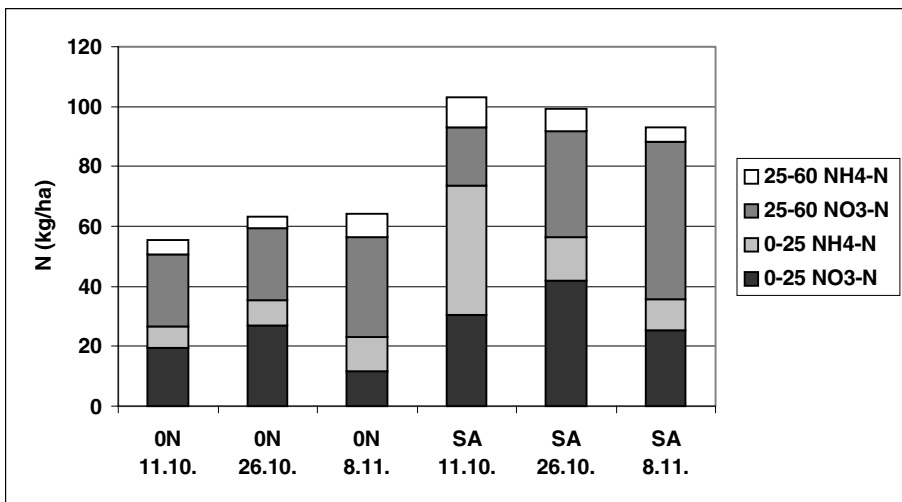
Typpi maassa

Ensimmäisessä kokeessa syksyllä 1998 maanäytteet otettiin kaksi, neljä ja kuusi viikkoa syksyn aikaisemman lietalannoituksen jälkeen niin, että syksyn myöhäinen lannanlevitys tehtiin samaan aikaan viimeisen maanäytteiden oton kanssa. Epäorgaanista typpeä oli muokkauskerroksessa ja jankossa yhteensä 30–50 kg/ha (Kuva 1). Lannoittamattoman ja aikaisen syyslevityksen välillä ei ollut eroja, eikä myöskään kolmen mittausajankohdan välillä. Ammoniumtypen määrä väheni marraskuun näytteessä molemmissa syvyyksissä. Lannoittamattoman koekäsittelyn muokkauskerroksen nitraattitypen määrä lisääntyi syksyn aikana noin 5 kg/ha, kun lannoitetun käsittelyn vastaavasti aluksi väheni, mutta nousi ennen viimeistä näytteenottoa uudelleen. Maan nitratityppi väheni immobilisaation ja huuhtoutumisen vuoksi, mutta nitrifikaatio lisäsi sitä ja vastaavasti vähensi ammoniumtyppeä. Noin kuukausi ennen ensimmäistä näytteenottoa tehty lietalannoitus lisäsi ammoniumtypen määrää 10–20 kg/ha, mutta käsittelyjen välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Maan epäorgaanisen typen kokonaismäärä oli jälkimmäisessä kokeessa suurempi kuin ensimmäisessä kokeessa (Kuvat 1 ja 2). Ero saattoi johtua siitä, että ensimmäinen koe käynnistettiin ennätysellisen sateisen kesän jälkeen, kun taas jälkimmäisessä kokeessa kesä oli sademäärältään normaali, jollei suorastaan kuiva. Sääolosuhteiden ero saattoi selittää myös sen, että jälkimmäisessä kokeessa lietteen levitys lisäsi maan epäorgaanisen typen kokonaismäärää selvästi ensimmäistä koetta enemmän. Koekäsittelyiden välinen ero kuitenkin väheni syksyn aikana. Lietetalannoitettujen koeruutujen muokkauskerroksen ammoniumtypen määrä väheni loka-marraskuun aikana, koska ammoniumtyppeä nitrifioitui ja huuhtoutui nitraattimuotoisena syvemmälle maahan (Kuva 2).



Kuva 1. Epäorgaanisen typen (NH₄-N ja NO₃-N) määrä lannoittamattomien (0 N) ja syksyllä 1998 aikaisin lietalannoitettujen (SA) koeruutujen muokkauskerroksessa (0–25 cm) sekä jankossa (25–60 cm). Näytteet otettiin kaksi, neljä ja kuusi viikkoa lannanlevityksen jälkeen. Näytteenottopäivämäärät esitetään kuvassa.



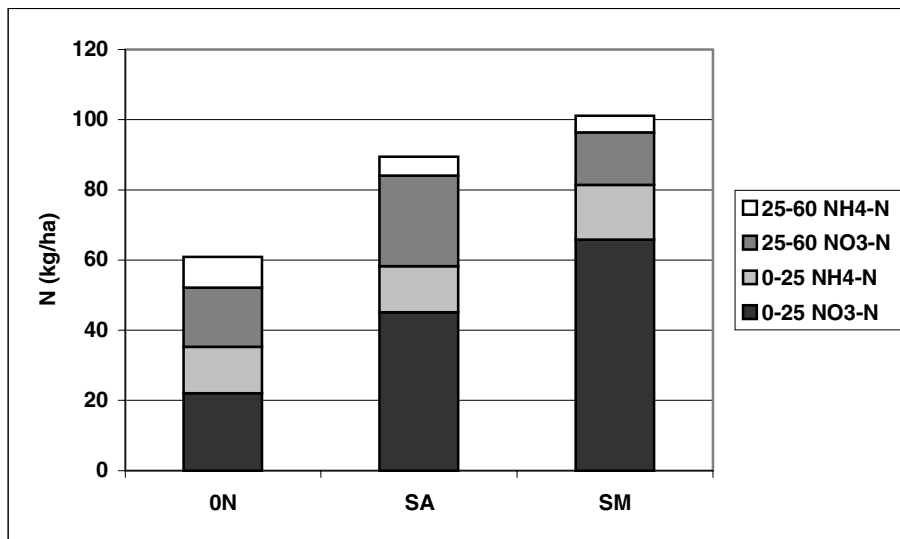
Kuva 2. Epäorgaanisen typen (NH₄-N ja NO₃-N) määrä lannoittamattomien (0 N) ja syksyllä 1999 aikaisin lietalannoitettujen (SA) koeruutujen muokkauskerroksessa (0–25 cm) sekä jankossa (25–60 cm). Näytteet otettiin kaksi, neljä ja kuusi viikkoa lannanlevityksen jälkeen. Näytteenottopäivämäärät esitetään kuvassa.

Seuraavat maanäytteet otettiin keväällä heti roudan sulamisen jälkeen sekä aikaisin että myöhään syksyllä lannoitetuilta ruuduilta. Ensimmäisen kokeen

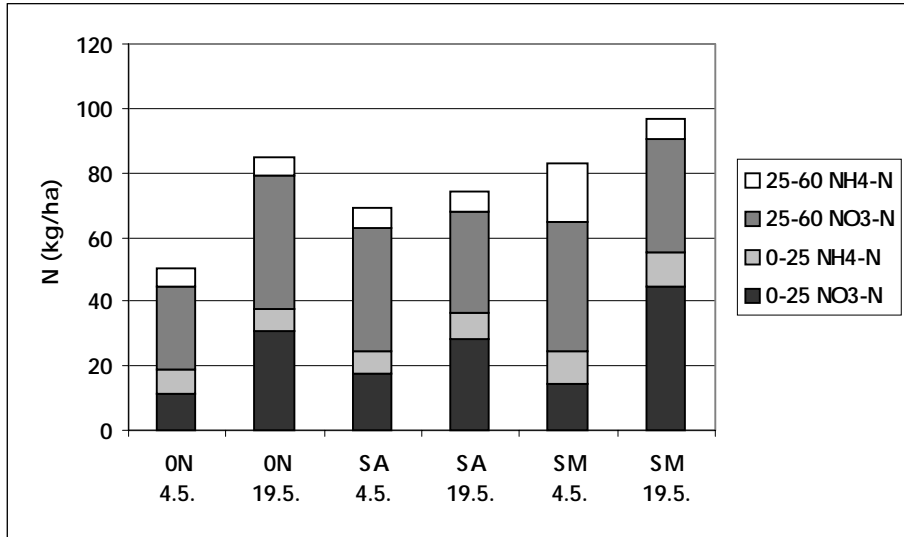
maanäytteissä epäorgaanisen typen määrät olivat syyslevityksissä keskimäärin 90 ja 100 kg/ha ja lannoittamattomalla koekäsittelyllä noin 60 kg/ha (Kuva 3). Lietelannoitus lisäsi tilastollisesti merkitsevästi muokkauskerroksen nitraattitypen määrä, mutta lannoitusajankohtien välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Jälkimmäisen kokeen kevätnäytteet otettiin alkuperäisen tutkimussuunnitelman mukaisesti kahtena ajankohtana (Kuva 4). Ensimmäiset näytteet otettiin heti roudan sulamisen jälkeen (4.5.). Tuolloin epäorgaanisen typen määrä lietalantakäsittelyissä ei ollut tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin syksyllä lannoittamatta jätetyssä käsittelyssä. Koekäsittelyjen epäorgaanisen typen määrien väliset erot eivät olleet merkitseviä myöskään kahta viikkoa myöhemmin otetuissa näytteissä. Kaikkien koekäsittelyiden epäorgaanisen typen määrä kasvoi näytteidenoton välisenä aikana. Se ei ilmeisesti johtunut ainakaan syksyllä tehdystä lietalannoituksesta, koska epäorgaanisen typen määrä lisääntyi eniten syksyllä lannoittamatta jätetyssä käsittelyssä.

Ensimmäisessä kokeessa todettu maan epäorgaanisen typen määrän lisääntyminen ajoittui luultavasti samoin kuin jälkimmäisessäkin kokeessa varhaiskevääseen. Tätä ei kuitenkaan voitu todentaa, koska maan voimakas roustaantuminen esti tuolloin kevään varhaisemman näytteenoton. Syvemmällä maassa vielä ollut routa ei kuitenkaan ilmeisesti estänyt jo sulaneessa pinta-kerroksessa tapahtunutta typen mineraloitumista.



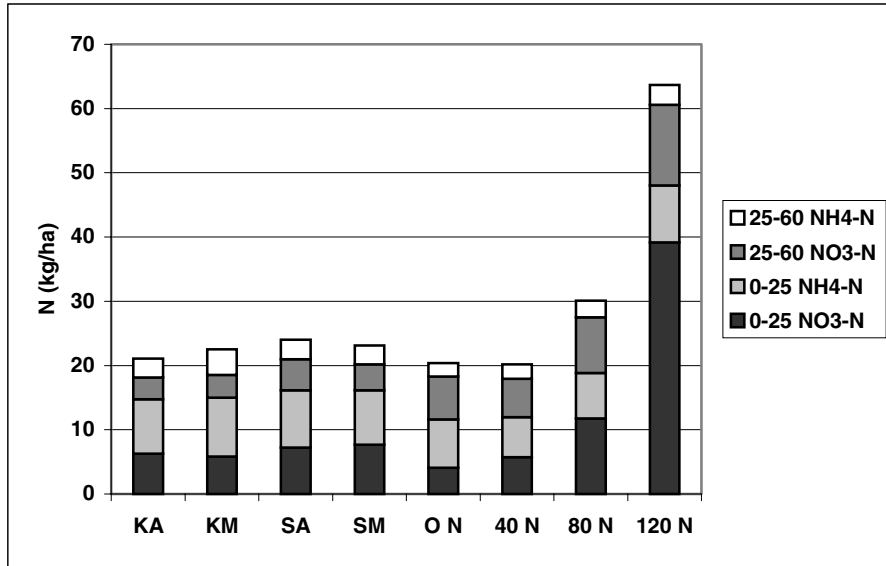
Kuva 3. Epäorgaanisen typen (NH₄-N ja NO₃-N) määrä syksyllä lannoittamatta jätettyjen (0 N) ja syksyllä aikaisin (SA) tai myöhään (SM) lietalannoitettujen koeruutujen muokkauskerroksesta (0–25 cm) ja jankosta (25–60 cm) keväällä 1999 roudan sulamisen jälkeen otetuissa näytteissä.



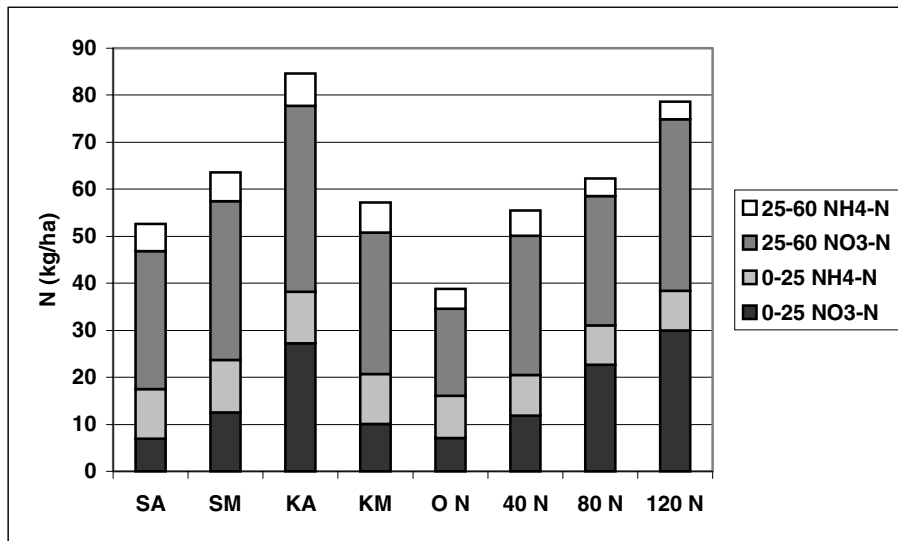
Kuva 4. Epäorgaanisen typen ($\text{NH}_4\text{-N}$ ja $\text{NO}_3\text{-N}$) määrä syksyllä lannoittamatta jätettyjen (0 N) ja syksyllä aikaisin (SA) tai myöhään (SM) lietalannoitettujen koeruujujen muokkauskerroksessa (0–25 cm) ja jankossa (25–60 cm) keväällä 2000 heti roudan sulamisen jälkeen (4.5.2000) ja kaksi viikkoa myöhemmin (19.5.2000).

Seuraavat maanäytteet otettiin syksyllä sadonkorjuun jälkeen lietalannoituskokeen lisäksi myös väkilannoitetusta porraskokeesta. Ensimmäisessä koeksessä epäorgaanisen typen määrä oli syksyllä lietalannoitetuissa koekäsittelyissä kevään määriin verrattuna pieni ja koekäsittelyiden väliset erot olivat vähäiset (Kuva 5). Lietetalannoituskäsittelyjen liukoisen typen määrää vastaanut väkilannoitus ($\text{N } 80 \text{ kg/ha}$) lisäsi maan epäorgaanisen typen määrää hiukan, mutta typpitason 120 kg/ha lannoitus moninkertaisti maan typpimäärän.

Maan epäorgaanisen typen kokonaismäärä syksyllä sadonkorjuun jälkeen oli jälkimmäisessä kokeessa huomattavasti suurempi kuin ensimmäisessä (Kuvat 5 ja 6), mikä saattoi johtua koevuosien erilaisesta säästä. Toinen selittävä tekijä saattoi olla jälkimmäisen kokeen sijainti enemmän orgaanista ainesta sisältävällä maalla, josta vapautunut typpi saattoi lisätä maan epäorgaanisen typen määrää. Jälkimmäistä oletusta puoltaa se, että ensimmäisen kokeen sadonkorjuun jälkeen otettujen näytteiden (Kuva 5) ja jälkimmäisessä koeksessä perustamisvaiheessa syksyllä otettujen näytteiden (Kuva 2) typpimäärien välillä oli selvä ero. Tuolloin molempien kokeiden näytteet otettiin saman kasvukauden jälkeen niin, että erot eivät voineet johtua säätekijöistä.



Kuva 5. Epäorgaanisen tyypin (NH₄-N ja NO₃-N) määrä syksyllä aikaisin (SA), syksyllä myöhään (SM), keväällä aikaisin (KA) ja keväällä myöhään (KM) lietelannoitettujen ja väkilannoitteella lannoitettujen (N 40, 80 ja 120 kg/ha) ruutujen muokkauskerroksessa (0–25 cm) ja jankossa (25–60 cm) sadonkorjuun jälkeen vuonna 1999. Taikinatuleentuneina ja täystuleentuneina korjattujen ruutujen keskiarvot.



Kuva 6. Epäorgaanisen tyypin (NH₄-N ja NO₃-N) määrä syksyllä aikaisin (SA), syksyllä myöhään (SM), keväällä aikaisin (KA) ja keväällä myöhään (KM) lietelannoitettujen ja väkilannoitettujen koeruutujen muokkauskerroksessa (0–25 cm) ja jankossa (25–60 cm) sadonkorjuun jälkeen vuonna 2000. Taikinatuleentuneina ja täystuleentuneina korjattujen ruutujen keskiarvot.

Ensimmäisessä kokeessa sadonkorjuun jälkeen maassa olleen epäorgaanisen typen kokonaismäärä riippui selvästi vain lannoituksessa annetun liukoisen typen määrästä (Kuva 5). Jälkimmäisessä kokeessa maan typpimäärään vaikutti puolestaan selvästi lannoituksen ajankohta ja myös lannoitustapa. Keväällä aikaisin lietelannoitettu käsittely sisälsi epäorgaanista tyyppiä hiukan runsaammin kuin muut lietelannoitukset tai vastaavalla typpimäärällä tehty väkilannoitus (N 80 kg/ha) (Kuva 6).

Maan epäorgaanisen typen kokonaismäärä väheni molemmissa kokeissa kasvukauden aikana, eli sadonkorjuun jälkeen otettujen näytteiden typpimäärä (Kuvat 5 ja 6) jäi pienemmäksi kuin ennen kylvöä otetuissa näytteissä ollut typpimäärä (Kuvat 3 ja 4). Se oli tietysti odotettuaakin, koska osa epäorgaanisesta tyypestä sitoutui pellolta korjattuun viljasatoon. Typpimäärän muutos maassa jäi tosin paljon pienemmäksi kuin sadon mukana korjattu typpimäärä, joka oli ensimmäisessä kokeessa keskimäärin 87 kg/ha ja jälkimmäisessä keskimäärin 103 kg/ha.

Ohra- ja nurmisato

Ohra korjattiin joko kokoviljana taikinatuleentumisasteella tai erillisinä jyvä- ja olkisatona tuleentuneena. Satojen vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi myös tuleentuneena korjattu sato ilmoitetaan kokoviljasatona, joka saatiin laskemalla jyvä- ja olkisato yhteen. Näin saatu tuleentunut kokoviljasato saattoi jäädä hiukan todellista pienemmäksi, koska sen laskemisessa käytettyyn jyväsatoon ei sisällynyt mm. ruumenia tai rikkakasvien siemeniä. Lisäksi osa olkisadosta saattoi karista peltoon.

Lietelannan levitysaika ei vaikuttanut kummassakaan kokeessa tilastollisesti merkitsevästi kokoviljasadon määrään (Taulukko 3). Lietelannan levitys vasta keväällä näytti lisäävän ensimmäisessä kokeessa tuleentuneena korjatun jyväsadon määrää syyslevitykseen verrattuna, vaikka sadonlisäys ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,10$). Jälkimmäisessä kokeessa aikaisin keväällä lannoitetun ohran lakoutuminen vähensi sekä kokovilja- että jyväsadon määrää.

Ensimmäisessä kokeessa pelkän lietelannan käyttö vähensi sekä kokovilja- että jyväsadon määrää jaettuun lannoitukseen verrattuna (Taulukko 3). Jälkimmäisessä kokeessa lannoitustapojen välille ei kuitenkaan enää syntynyt vastaavaa eroa, koska jaetun lannoituksen kasvustot lakoutuivat enemmän kuin pelkästään lietelannalla lannoitetut kasvustot.

Taikina-asteella korjattu kokoviljasato oli molemmissa kokeissa suurempi kuin täystuleentunut kokoviljasato (Taulukko 3). Eron selittää osittain lehtien kuihtuminen viljan tuleentuessa. Varsinkin jälkimmäisessä kokeessa sadon määrän kannalta huomattavasti vaikuttavampi tekijä oli kuitenkin lakoutuminen, mikä lisääntyi selvästi korjuiden välisenä aikana.

Taulukko 3. Ensimmäisessä ja toisessa kokeessa kylvetyn nurmen suojaviljan sato, viljan lakoutumisaste ja ensimmäisen vuoden nurmisato.

	Lannoitusaika ¹⁾				Koostumus ²⁾		Korjuuaste ³⁾	
	1	2	3	4	1	2	1	2
Kokoviljasato (kuiva-aine), kg/ha								
Koe 1	5796	6193	6071	6046	6247 ^a	5807 ^b	6485 ^a	5568 ^b
Koe 2	6268	6411	6246	6853	6402	6488	7189 ^a	5701 ^b
Jyväsato (kuiva-aine), kg/ha								
Koe 1	3418	3542	3734	3762	3747 ^a	3481 ^b		
Koe 2	3775 ^{ab}	3576 ^{ab}	3187 ^a	3944 ^b	3551	3596		
Suojaviljan lako, %								
Koe 1	4	9	5	0	7	3	2	7
Koe 2	21 ^a	30 ^a	70 ^b	16 ^a	44 ^a	25 ^b	26 ^a	42 ^b
Nurmen tiheys keväällä, %								
Koe 1	100	100	100	100	100	100	100	100
Koe 2	94 ^{ab}	90 ^{ab}	65 ^a	96 ^b	84	89	91 ^a	82 ^b
Nurmisato (kuiva-aine), kg/ha								
Koe 1	11894	11482	11329	12064	11678	11706	11810	11575
Koe 2	9682	9542	8907	9673	9412	9478	9738 ^a	9163 ^b

¹⁾ Lannoitusaika: 1 = aikaisin syksyllä, 2 = myöhään syksyllä, 3 = aikaisin keväällä, 4 = myöhään keväällä

²⁾ Lannoituksen koostumus: 1 = lietelanta ja väkilannoite, 2 = lietelanta

³⁾ Viljan korjuuaste: 1 = taikinatuleentunut, 2 = täystuleentunut

^{a, b} Jos lannoitusajankohtien, lannoituksen koostumusten tai korjuuasteiden keskiarvojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$), keskiarvot on merkitty eri yläindekseillä.

Suojaviljan lakoutuminen voi vähentää myös perustettavan nurmen satoa. Ensimmäisessä kokeessa lakoutuminen oli kuitenkin niin vähäistä, että kokeen nurmet olivat täystiheitä ensimmäisen satovuoden keväällä (Taulukko 3). Jälkimmäisessä kokeessa nurmen kevättiheys riippui suojaviljan lannoitusajankohdasta, sillä aikainen kevätlannoitus lisäsi selvästi lakoutumista ja vähensi nurmen tiheyttä. Nurmen kevättiheydessä todetuilla eroilla ei kuitenkaan ollut mainittavaa vaikutusta nurmen ensimmäisen vuoden satoon.

Kasvustojen korjuu jo taikina-asteella vähensi lakoutumisen aiheuttamaa haittaa ja lisäsi nurmen tiheyttä (Taulukko 3). Suojaviljan aiempi korjuu lisäsi molemmissa kokeissa nurmisadon määrää, mutta vain jälkimmäisessä tilastollisesti merkitsevästi. Nurmisadon lisääntyminen ensimmäisessä kokeessa johtui kaiketi pelkästään suojaviljan aiemmasta niitosta. Jälkimmäisessä kokeessa saatu sadonlisäys perustui puolestaan siihen, että aiempi niitto vähensi suojaviljan lakoutumisesta nurmelle koitunutta haittaa.

Lietelannan typen hyväksikäyttö

Lietelantaa levitettiin ensimmäisen kokeen jakamattomissa lannoituksissa syksyllä keskimäärin 56 t/ha ja keväällä keskimäärin 46 t/ha. Syksyllä levi-

tetyt lietelannan typpipitoisuus oli keskimäärin $3,5 \text{ kg/m}^3$, josta liukoista typpeä oli keskimäärin 60 %. Keväällä levitetyn lietelannan typpipitoisuus oli vastaavasti keskimäärin $3,4 \text{ kg/m}^3$, josta liukoista typpeä oli samoin kuin syyslevityksissä keskimäärin 60 %. Liukoisen typen toteutunut levitysmäärä oli keskimäärin 97 kg/ha, kun tavoiteltu levitysmäärä oli 80 kg/ha.

Jälkimmäisen kokeen jakamattomissa lannoituksissa lietelantaa levitettiin vastaavasti syksyllä keskimäärin 43 t/ha ja keväällä 42 t/ha. Syksyllä levitetty lanta sisälsi typpeä $3,6 \text{ kg/m}^3$ ja keväällä levitetty $3,4 \text{ kg/m}^3$. 62 % tuestä oli liukoista. Lannoituksissa toteutunut typen levitysmäärä oli myös tässä kokeessa tavoiteltua hiukan suurempi, eli keskimäärin 87 kg/ha.

Tavoiteltua suurempi lietelannan levitysmäärä johtui molemmissa kokeissa siitä, että laboratoriossa analysoitu lannan liukoisen typen pitoisuus osoittautui suuremmaksi kuin ennen levitystä pikamäärätetty ammoniumtyppipitoisuus. Koska levitysmäärät laskettiin pikamääritystulosten perusteella, liukoisen typen toteutunut levitysmäärä ylitti tavoitellun määrän.

Typpisadon määrä laskettiin kertomalla kuiva-ainesadon määrä sadon typpipitoisuudella (Taulukko 4). Lietelannoituksen ajankohta vaikutti satojen typpipitoisuuteen vain jälkimmäisessä kokeessa. Tuolloin aikainen kevätlevytys lisäsi sekä kokoviljan että jyväsadon typpipitoisuutta. Lannoituksen jakaminen lisäsi molemmissa kokeissa kokoviljan ja jälkimmäisessä kokeessa myös jyväsadon typpipitoisuutta. Ohran korjuu vasta täystuleentuneena lisäsi molemmissa kokeissa kokoviljasadon typpipitoisuutta, koska täystuleentuneessa sadossa oli suhteellisesti enemmän jyviä kuin taikinatuleentuneessa sadossa.

Typpisadon määrä oli ensimmäisessä kokeessa keskimäärin 87 kg/ha ja jälkimmäisessä keskimäärin 103 kg/ha. Ensimmäisessä kokeessa saadun typpisadon määrä ei riippunut tilastollisesti merkitsevästi lannoituksen tai viljasadon korjuuajankohdasta, mutta lannoituksen jakaminen lisäsi typpisatoa. Jälkimmäisessä kokeessa tapahtui juuri päinvastoin, eli lannoituksen jakaminen ei vaikuttanut typpisadon määrään, mutta sekä lannoituksen että sadonkorjuun ajankohta vaikutti (Taulukko 4). Lietteen levitys aikaisin syksyllä tuotti pienemmän typpisadon kuin levitys aikaisin keväällä. Aikaisen kevätlevityksen suuri typpisato ei kuitenkaan näkynyt maan liukoisen typpimäärän vähentymisenä, vaan aikaisen kevätlevityksen saaneet ruodut sisälsivät syksyllä sadonkorjuun jälkeen jopa enemmän typpeä kuin muut koekäsittelyt (Kuva 6).

Typen näennäinen hyväksikäyttöaste laskettiin niin, että lannoittamalla saadusta typpisadosta vähennettiin ilman lannoitusta saatu typpisato, joka kuvasi

Taulukko 4. Kokovilja- ja jyväsadon typpipitoisuus, typpisato ja liukoisen lannoitetyypin näennäinen hyväksikäyttö kokeissa 1 ja 2.

	Lannoitusaika ¹⁾			Koostumus ²⁾		Korjuuaste ³⁾		
	1	2	3	4	1	2	1	2
Kokoviljan typpipitoisuus, g/kg								
Koe 1	14	14	15	15	15 ^a	14 ^b	14 ^a	15 ^b
Koe 2	15 ^a	16 ^a	18 ^b	15 ^a	16 ^a	15 ^b	15 ^a	16 ^b
Jyväsadon typpipitoisuus, g/kg								
Koe 1	20	20	21	20	20	20		
Koe 2	20 ^a	21 ^a	24 ^b	20 ^a	22 ^a	21 ^b		
Suojaviljan typpisato, kg/ha								
Koe 1	83	86	90	88	91 ^a	82 ^b	88	85
Koe 2	94 ^a	101 ^{ab}	110 ^b	106 ^{ab}	105	101	112 ^a	94 ^b
Lannoitetyypin näennäinen hyväksikäyttöaste suojaviljan typpisadossa, %								
Koe 1	21	23	31	29	30 ^a	22 ^b	27	24
Koe 2	3 ^a	11 ^{ab}	22 ^b	18 ^{ab}	16	11	24 ^a	3 ^b

¹⁾ Lannoitusaika: 1 = aikaisin syksyllä, 2 = myöhään syksyllä, 3 = aikaisin keväällä, 4 = myöhään keväällä

²⁾ Lannoituksen koostumus: 1 = lietelanta ja väkilannoite, 2 = lietelanta

³⁾ Viljan korjuuaste: 1 = taikinatuleentunut, 2 = täystuleentunut

^{a, b} Jos eri lannoitusajankohdtien, lannoituksen koostumusten tai korjuuasteiden keskiarvojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$), keskiarvot on merkitty eri yläindekseillä.

maan orgaanisesta aineksesta mineraloitunutta tai maassa jo ennen lannoitusta epäorgaanisessa muodossa ollutta typpimäärää. Saatu erotus jaettiin lannoituksessa käytetyllä liukoisen typen määrällä.

Ilman lannoitusta saatu typpisato arvioitiin typpilannoituksen porraskokeessa ilman typpilannoitusta viljellyn koekäsittelyn tuottaman typpisadon avulla. Ensimmäisessä kokeessa se oli keskimäärin 62 kg/ha ja jälkimmäisessä keskimäärin 91 kg/ha. Kun lannoittamattomien ruutujen muokkauskerroksen epäorgaanisen typen määrä oli ensimmäisessä kokeessa keväällä ennen kylvöä otetuissa näytteissä noin 35 kg/ha (Kuva 3) ja syksyllä sadonkorjuun jälkeen enää noin 20 kg/ha (Kuva 5), maan orgaanisesta aineksesta kylvön ja sadonkorjuun välisenä aikana mineraloituneen typen määrä oli ensimmäisessä kokeessa siten vähintään 43 kg/ha. Se saattoi lietelannoitetuissa ruuduissa olla suurempikin, koska lannoitus sinällään voi lisätä maan orgaanisen typen vapautumista lisäämällä maamikrobien aktiivisuutta ja tuottamalla peltoon orgaanisessa muodossa olevaa ja hajoamiselle altista typpeä.

Jälkimmäisessä kokeessa lannoittamattomien ruutujen muokkauskerroksen epäorgaanisen typen määrä oli vastaavasti keväällä ennen kylvöä otetuissa näytteissä noin 38 kg/ha (Kuva 4) ja syksyllä sadonkorjuun jälkeen enää 16 kg/ha (Kuva 6). Kylvön ja sadonkorjuun välisenä aikana maasta mineraloituneen typen määrä oli siten jälkimmäisessä kokeessa vähintään 69 kg/ha.

Typpilannoituksen hyväksikäyttöaste oli ensimmäisessä kokeessa keskimäärin 26 % ja jälkimmäisessä keskimäärin 14 % (Taulukko 4). Vaikka kokeiden välinen tasoero oli selvä, koekäsittelyjen keskinäinen järjestys typen hyväksikäyttöasteen mukaan luokiteltuna oli kuitenkin molemmissa kokeissa sama. Siten molempien kokeiden perusteella voitiin todeta, että lannan kevätlevitys, lannoituksen jakaminen ja suojaviljan aikainen korjuu pyrkivät tehostamaan lannoituksissa käytetyn typen näennäistä hyväksikäyttöastetta. Edellä mainitut erot olivat kuitenkin vain osin tilastollisesti merkitseviä.

Kokeiden välinen tasoero johtui siitä, että ohralla oli jälkimmäisessä kokeessa käytettävissä selvästi suurempi typpimäärä. Lannoituksissa levitetyn liukoisen typen ja maasta kasvukauden aikana vapautuneeksi arvioidun typen summa oli ensimmäisessä kokeessa keskimäärin vähintään 159 kg/ha ja jälkimmäisessä kokeessa vastaavasti keskimäärin vähintään 178 kg/ha. Jälkimmäisessä kokeessa suurempi typpimäärä lisäsi sadon määrää ja typpipitoisuutta ja siten myös typpisatoa, mutta typpisadon määrän olisi pitänyt olla vielä noin 10 % saatua suurempi, jotta lannoitetyypen näennäinen hyväksikäyttöaste olisi jälkimmäisessä kokeessa ollut yhtä hyvä kuin ensimmäisessä kokeessa.

On syytä muistaa, että osa ohrakasvustojen typpisadosta jäi korjaamatta lakoutumisen takia. Siten typen hyväksikäyttöä rajoitti periaatteessa enemmän korjuutekniikka kuin kasvien kyky hyödyntää typpeä. Jälkimmäisessä kokeesta tästä kertoi hyvin myös ohrasadon typpipitoisuuden ja kasvustojen lakoutumisasteen välinen voimakas positiivinen korrelaatio ($r=0,77$ $p>0,001$), jonka perusteella runsaasti typpeä ottaneet kasvustot olivat siten samalla myös herkimpiä lakoutumaan. Lakoutumisen aiheuttaman sadonmenetyksen suuruus riippui selvästi ohran korjuuasteesta. Taikina-asteella korjatun kokoviljasadon määrän ja lakoutumisasteen välillä ei jälkimmäisessä kokeessa ollut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta ($r=-0,26$ $p=0,14$). Ohran korjuu vasta tuleentuneena lisäsi lakoutumista ja korjuutappioita. Tuleentuneena korjatun sadon määrän ja lakoutumisasteen välinen korrelaatio olikin voimakkaasti negatiivinen ($r=-0,52$ $p=0,002$). Korjuuajan vaikutus satoon olisi saattanut olla vielä suurempi, jos taikinatuleentuneena korjatun kokoviljan niitossa olisi käytetty korjuukoneena niittosilppuria, joka mahdollistaa sormipalkkiniittolaitetta paremmin myös lakoutuneen kasvuston korjuun. Tässä tapauksessa korjuuasteiden välinen satoero perustui kuitenkin pelkästään korjuu aikaeroon.

Sato ja typen hyväksikäyttö väkilannoituskokeessa

Lietelannoituskokeiden ohessa tehdyssä typpilannoituksen porraskokeessa käytettiin vain väkilannoitetyypeä, jonka levitysmäärä oli 0–120 kg/ha (Taulukko 5). Typpilannoitus lisäsi kokoviljasadon määrää vain ensimmäisessä kokeessa. Tuolloinkin sato lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi vain pienimmälle typen käyttömäärälle saakka. Sama typpilannoituksen käyttömäärä

Taulukko 5. Typpilannoituskokeessa korjattu ohran kokoviljasato, typpisato, ensimmäisen vuoden nurmisato ja typpilannoituksen hyväksikäyttöaste.

	Väkilannoitetyppi, kg/ha				Korjuuaste ¹⁾	
	0	40	80	120	1	2
Kokoviljasato (kuiva-aine), kg/ha						
Koe 1	4511 ^a	6396 ^b	6587 ^b	6765 ^b	6959 ^a	5170 ^b
Koe 2	6619	6933	6737	6791	7095 ^a	6445 ^b
Kokoviljan typpipitoisuus, g/kg ka.						
Koe 1	14 ^a	15 ^b	19 ^c	20 ^d	16 ^a	18 ^b
Koe 2	15 ^a	16 ^{ab}	16 ^{ab}	17 ^b	16	16
Viljan lakoutumisaste, %						
Koe 1	0	4	36	45	0	42
Koe 2	0	58	80	86	52	61
Ensimmäisen vuoden nurmisato (kuiva-aine), kg/ha						
Koe 1	10982	11381	10808	10996	11126	10957
Koe 2	10003	10070	9710	8738	9994 ^a	9266 ^b
Typpisato, kg/ha						
Koe 1	62 ^a	94 ^b	121 ^c	136 ^c	112 ^a	95 ^b
Koe 2	90	101	97	102	113 ^a	82 ^b
Lannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöaste, %						
Koe 1		80	74	62	91 ^a	55 ^b
Koe 2		26	8	10	42	< 0

¹⁾ Korjuuaste: 1 = taikinatuleentunut, 2 = täystuleentunut

^{a, b, c} Jos typpilannoitusmäärien tai korjuuasteiden keskiarvojen välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$), keskiarvot on merkitty eri yläindekseillä.

tuotti myös jälkimmäisessä kokeessa suurimman sadon, mutta ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Typpilannoituksen lisääminen nosti molemmissa kokeissa kokoviljan typpipitoisuutta ja lisäsi kasvuston lakoutumista. Lakoutuminen oli molemmissa kokeissa voimakkaampaa kuin lietalannoituskokeissa.

Kasvuston korjuu jo taikina-asteella lisäsi lietalannoituskokeiden tavoin myös väkilannoitetun kasvuston kokoviljasatoa. Typpilannoituksen lisääminen tai suojaviljan korjuuajankohta eivät vaikuttaneet ensimmäisessä kokeessa korjatun nurmisadon määrään. Jälkimmäisessä kokeessa suojaviljan typpilannoituksen lisääminen ja sen myöhäisempi korjuu vähensivät nurmisatoa, mutta vain jälkimmäisen koekäsittelyn vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä.

Väkilannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöaste oli ensimmäisessä kokeessa typpilannoitustasolla 80 kg/ha 74 % ja toisessa kokeessa 8 %. Vastaavat luvut lietalannoituskokeen aikaisessa kevätleivityksessä, kun lannoitus tehtiin pelkällä lietteellä olivat kokeittain 29 % ja 20 %. Kun lannoituksessa käytettiin jaettua lannoitusta, typen hyväksikäyttöaste oli kokeittain 32 % ja 23 %. Väkilannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöaste oli ensimmäisessä kokeessa

korkea, eli noin kolme kertaa suurempi kuin lietalannoituksissa. Vastaavasti jälkimmäisessä kokeessa väkilannoitetypen näennäinen hyväksikäyttöaste jäi noin kolme kertaa pienemmäksi kuin lietalannoituksissa. Typpilannoituksen jakaminen lietteen ja väkilannoitteen kesken nosti typpilannoituksen hyväksikäyttöastetta molemmissa kokeissa noin 40 %.

Väkilannoitetypen hyväksikäyttöasteen suuri ero kokeiden välillä johtui kasvuston lakoutumisesta. Lakoutumisaste riippui typpilannoituksen määrän ohella kasvuston korjuuajankohdasta niin, että jo taikinatuleentuneena korjatun kasvuston lakoutuminen jäi hiukan vähäisemmäksi. Kasvuston voimakas lakoutuminen vähensi erityisesti jyväsadon määrää. Jälkimmäisessä kokeessa suurimman jyväsadon tuottikin lannoittamaton käsittely. Siksi typpilannoituksen näennäinen hyväksikäyttöaste jäi jälkimmäisessä kokeessa negatiiviseksi.

Yhteenvedo

Viljan typpilannoituksen hyväksikäyttöasteeseen vaikutti lannoituksen koostumusta ja ajankohtaa enemmän maassa jo keväällä ollut tai maasta kasvukauden aikana vapautunut typpi, joka yhdessä lannoituksissa levitetyn liukoisen typen kanssa saattoi ylittää ohran typen hyväksikäyttökyvyn. Rungas typensaanti näkyi ohran lisääntyneenä lakoutumisena. Ohran korjaaminen kokoviljana jo taikinatuleentumisasteella vähensi lakoutumista ja sen aiheuttamaa sadonmenetystä. Suojaviljana olleen ohran lakoutuminen vähensi perustetun nurmen ensimmäisen satovuoden kevättiheyttä, mutta alentunut tiheys ei juurikaan pienentänyt nurmisatoa.

Kirjallisuus

Esala, M. 1992. Split application of nitrogen: effects on the protein in spring wheat and fate of ¹⁵N-labelled nitrogen in the soil-plant system. *Annales Agriculturae Fenniae* 30: 219–309.

Friedel, K. 1990. Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. (The estimation of the energetic feeding value of roughages by means of a cellulase method). *Wissenschaftliche Zeitung Universität Rostock. N-Reihe* 39. s. 78–86.

Harris, P.J. 1988. Microbial transformations of nitrogen. Teoksessa: Wild, A. (toim.). *Russel's soil conditions and plant growth*. 11. painos. Harlow: Longman Scientific & Technical. s. 608–651. ISBN 0-582-44677-5.

Joki-Tokola, E., Vanhatalo, A., Huhtanen, P., Aikasalo, R., Saastamoinen, M. & Juuti, T. 1999. Kokoviljasäilörehu maatilan viljelyresurssien optimoinnissa: viljalajin ja -lajikkeiden vaikutus rehuarvoon. *Maatilatalouden kehittä-*

misrahaston rahoittaman hankkeen loppuraportti. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus ja Boreal Suomen Kasvinjalostus. 48 s.

Kemppainen, E. 1985. Lietelanta ohran lannoitteena. Biologisen typensidonnan ja ravinnetypen hyväksikäytön projekti. Julkaisu 21. Helsinki: Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. 66 s. ISBN 951-563-164-5.

Kemppainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 161–284.

Urvas, L. 1995. Viljelymaan ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksienseuranta. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 15/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 77 s.

VNA 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000. Suomen Säädöskokoelma 931/2000: 2371–2376.

Karjanlannan typpikierron mallittaminen

Tapio Salo

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöntutkimus, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi

Tiivistelmä

Suojaviljalle annetun naudon lietelannan typen kiertoa mallitettiin Ruotsissa kehitetyllä CoupModel-simulointimallilla. Maan fysikaaliset ominaisuudet arvioitiin maalajitietojen perusteella. Maan hiilen ja typen määrät arvioitiin sovittamalla lannoittamattomien ohrakasvustojen typenotto maan orgaanisesta aineksesta vapautuvaan typpimäärään. Näiden tietojen avulla sovitettiin simulointimalli antamaan tuloksia karjanlannan erilaisten levitysajankohtien ja määrien vaikutuksesta viljakasvuston typenottoon, typen huuhtoutumiseen ja epäorgaanisen typen määrään maassa.

Lietelannan ammoniumtypestä ilmaan haihtuva osuus arvioitiin ilman lämpötilaan perustuvan kaavan mukaan. Lantakäsittelyjen mallinnetut typenotot ja maan epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat mitattuja selvästi korkeampia myöhäistä kevätlevitystä lukuun ottamatta. Jotta syyslevityksillä ja aikaisella kevätlevityksellä pellon kiertoon tuotetut typpimäärät saatiin mitattuja vastaaviksi, niistä oli vähennettävä 30–50 %. Tähän olivat syynä todennäköisesti epätarkkuudet ammoniakkin haihdunnan arvioinnissa, mallin laskema hyvin alhainen denitrifikaatio ja vähäinen epäorgaanisen typen sitoutuminen mikrobeihin lannan orgaanisen aineen hajotessa. Maan epäorgaanisen typen mitausten perusteella oli myös ilmeistä, että simulointimalli ei ennustanut maan typen prosesseja alhaisissa lämpötiloissa riittävällä tarkkuudella. Verrattaessa näillä rajoituksilla lannan levitysajankohtien vaikutusta typen huuhtoutumiseen, malli arvioi lietelannan syyslevityksen lisäävän huuhtoutumista 4–12 kg/ha kevätlevityksiin verrattuna.

Avainsanat: typpi, simulointimallit, lietelanta, huuhtoutuminen, denitrifikaatio, ammoniakki

Modelling the field nitrogen cycle after slurry application

Tapio Salo

MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Soils and Environment,
FIN-31600 Jokioinen, Finland, tapio.salo@mtt.fi

Abstract

The effect of cattle slurry on the field nitrogen cycle was modeled with Swedish CoupModel (former SOIL-SOILN). Soil physical characteristics were estimated according to soil texture. The amount of soil carbon and nitrogen were estimated by fitting the nitrogen uptake of unfertilized barley crops on nitrogen mineralisation from soil organic matter. Using these soil parameters, the model was used to give estimations of the effects of different slurry application times and amounts on nitrogen uptake by crop, soil mineral nitrogen contents and nitrogen leaching. Ammonia volatilization from slurry was estimated by an equation based on air temperature. The modeled nitrogen uptakes and soil mineral nitrogen contents were higher than measured except in late spring applications. If 30–50 % of slurry nitrogen applied in autumn or early spring was taken out of the system, measured and modeled results agreed reasonably. The main reasons for the need of the correction were probably inaccuracies in the estimations of ammonia volatilization, low modeled denitrification and low modeled nitrogen immobilisation to microbes in the decomposition of slurry. According to the comparison between modeled and measured soil mineral nitrogen contents it was clear that the model did not calculate nitrogen processes in low temperatures with good precision. When comparing nitrogen leaching of different application times the model estimated autumn application of slurry to increase nitrogen leaching 4–12 kg/ha.

Key words: nitrogen, simulation models, liquid manures, leaching, denitrification, ammonia

Johdanto

Lietelannan typen hyväksikäyttö on usein alhainen (esim. Kempainen 1989). Dynaamisilla simulointimalleilla voidaan arvioida typen liikkumista maassa ja ottoa kasveihin. Simulointimallien avulla voidaan yhdistää peltoympäristössä vaikuttavat tekijät ja tarkastella, miten tämän hetkinen tietämyksemme selittää lietelannan typpikierron. Suomen ilmasto-olosuhteisiin soveltuvia malleja, joissa lumipeite ja routaantunut maa ovat mukana, ei ole käytettävissä runsaasti. Yksi vaihtoehto on Ruotsissa kehitetty SOIL-SOILN, nykyiseltä nimeltään CoupModel (Jansson & Karlberg 2001). Mallia on aikaisemminkin käytetty lannan typenkierron selvittämiseen sekä Ruotsin (Borg ym. 1990, Torstensson & Aronsson 2000) että Suomen (Leppänen & Esala 1999) olosuhteissa.

Edellä tässä julkaisussa (s. 11–30) raportoitiin MTT:n Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa tehty tutkimus nurmen lietelannan käytöstä nurmen suojaviljan lannoituksessa. Näissä kenttäkokeissa mitattuja ohrakasvustojen typenottoja ja maan epäorgaanisen typen pitoisuuksia käytettiin typpikierron mallittamiseen. Näiden tietojen avulla sovitettiin CoupModel-simulointimalli antamaan tuloksia karjanlannan erilaisten levitysajankohtien ja määrien vaikutuksesta ohrakasvuston typenottoon, typen huuhtoutumiseen ja epäorgaanisen typen määrään maassa.

Aineisto ja menetelmät

Säätiedot

Simulointimallia varten tarvittiin päivittäinen ilman lämpötila, suhteellinen kosteus, sademäärä, tuulen nopeus ja kokonaissäteily, jotka saatiin pääosin Ruukin havaintoasemalta. Lisäksi käytettiin Oulusta saatuja aurinkoisten tuntien/pilvisyyden tietoja. Simulointiajanjaksoksi valittiin syksyllä 1998 perustetulle kokeelle yksi 1.9.1998–30.5.2000 ja syksyllä 1999 perustetulle kokeelle kaksi 1.9.1999–30.5.2001

Maan fysikaaliset ominaisuudet

Kenttäkokeet sijaitsivat Ruukissa neljässä erillisessä koelohkossa. Kummasakin kokeessa lietelantakäsittelyt ja väkilannoitetyppiportaavat olivat omissa lohkoissaan. Maalaji vaihtui koelohkojen välillä multavasta hienosta hiedasta multamaaksi seuraavassa järjestyksessä: ensimmäisen kokeen lietelantakäsittelyt ja typpiporraskoe, toisen kokeen lietelantakäsittelyt ja typpiporraskoe. Tämän vuoksi ensimmäisen kokeen maan ominaisuuksien arviointiin

Taulukko 1. Koalueelta mitatut maan kivennäis-
lajitteiden ja orgaanisen aineksen osuudet maan
kokonaismassasta (Urvas 1995) laskettuna
CoupModel-mallin edellyttämällä tavalla, jossa
orgaaninen aines sisältyy kokonaismassaan.

Lajite	Koe 1 %	Koe 2 %
Saves	2,6	2,4
Hieno hiesu	1,4	2,0
Karkea hiesu	3,1	3,2
Hieno hieta	37,2	17,3
Karkea hieta	48,8	45,3
Hieno hiekka	0,2	2,7
Karkea hiekka	0,1	1,1
Orgaaninen.aines	6,6	25,9

käytettiin lohkolta otettua runsasmultaisen hietamaan näytepistettä ja toisen kokeen ominaisuuksien arviointiin multamaan näytepistettä (Taulukko 1). Maaprofiilin vedenpidätyskäyrä ja vedenjohtavuus arvioitiin kokeille erikseen.

Maan irtotiheydet (tilavuuspainot) määritettiin keväällä 2002 (Taulukko 2). Kunkin koelohkon jokaisesta kerranteesta otettiin kaksi näytettä halkaisijaltaan 28 mm:n kairalla. Ensimmäisen kokeen lietalentakäsittelyjen maan muokkauskerroksen irtotiheys oli selvästi muita koelohkoja suurempi.

Maaprofiilin vedenpidätyskäyrä ja vedenjohtokyky määritettiin CoupModel-mallin valmiiden maaprofiilitiedostojen avulla. Informaationa käytettiin myös Jokioisilla multamaasta tehtyjä vedenpidätyskäyrän tuloksia (Pietola 1995) ja epäorgaanisen tyyppien analysointiin otetuista näytteistä määritettyjä maan kosteuksia. Routaantuneessa maassa veden liike asetettiin tapahtumaan myös makrohuokosten kautta. Routaantuneen maan vedenläpäisykyky asetettiin kerrosten keskiarvoksi. Maan vedenläpäisykyky muodostui näillä asetuksilla sellaiseksi, että pintavalunnan osuus ensimmäisessä kokeessa oli 27 % ja toisessa kokeessa alle prosentti. Koska koelohko oli hyvin tasainen, pintavalunta lienee arvioitu ensimmäisen kokeen profiililla liian suureksi. Toisaalta kesä ja syys 1998 olivat hyvin märkiä, joten pintavaluntaa on voinut esiintyä. Ruukissa mitatut lumen syvyydet annettiin mallille lähtötie-

Taulukko 2. Lietelantakäsittelyiden ja väkilannoitettujen typpiporraskoelohkojen maan irtotiheydet (tilavuuspainot).

Koelohko	Kerranne	Maan irtotiheys, kg/dm ³	
		0–25 cm	25–60 cm
1 lietelanta- käsittelyt	1	1,12	1,62
	2	1,20	1,41
	3	1,16	1,35
	4	1,21	1,23
1 väkilannoite- typpiporta	1	1,00	1,42
	2	0,70	1,36
	3	0,70	1,10
	4	0,60	1,14
2 lietelanta- käsittelyt	1	0,95	1,45
	2	0,83	1,44
	3	0,54	1,19
	4	0,61	1,33
2 väkilannoite- typpiporta	1	0,79	1,29
	2	0,61	0,98
	3	0,72	1,03
	4	0,72	1,31

doiksi. Mallin laskemia roudan syvyyksiä verrattiin mitattuihin routatuloksiin, ja maan lämmönjohtavuusarvoja korjattiin tarpeen mukaan.

Maan typpikierto

Simulointimallissa maan orgaaninen aines jaettiin kahteen osaan, hitaasti hajoavaan humukseen ja nopeammin hajoavaan ”kasvinjäte”-osaan. Kolmantena kiertoon osallistuvana hiilen ja typen lähteenä otettiin simuloinneissa mukaan lannan orgaaninen typpi. Mikrobibiomassojen ajateltiin liittyvän kiinteästi jokaiseen orgaanisen aineksen osaan, eikä mikrobien hiilen ja typen kiertoa mallitettu erillisenä. Lannan liukoinen ammoniumtyppi lisättiin lannanlevityksen yhteydessä maan ammoniumtyppiosuuteen. 95 % ammoniumtyypestä määriteltiin pidätyväksi kationinvaihtopinnoille ja liikkuvan näin ollen hyvin hitaasti veden mukana.

Vuoden 1999 lannoittamaton kokoviljasäilörehuksi korjattu ohrakasvusto sisälsi noin 60 kg/ha typpeä ja vuonna 2000 vastaavasti noin 90 kg/ha. Sängin ja juuriston sisältämäksi typeksi arvioitiin 20 % kasvuston typpimäärästä, jolloin orgaanisesta aineksesta mineraloituneeksi typeksi määriteltiin 72 kg/ha ja 108 kg/ha. Molempien kokeiden esikasvina oli 62 kg/ha typpilannoitettu ohra, jonka oljet oli korjattu pois lohkolta. Alkutilanteessa maan helposti hajoavan orgaanisen aineksen eli mallin kasvinjätteen typpisisällöksi

arvioitiin 20 kg/ha. Kasvinjätteen ja lannan hajotuksessa immobilisoitui typpeä, kunnes niiden hiili-typписuhde aleni kahteenkymmeneen. Lannasta ja kasvinjätteestä vapautuvasta typestä 20 % siirtyi mallin oletusarvon mukaisesti humukseen.

Molemmat simulointiajanjaksot ajettiin kokoviljasäilörehukäsittelyjen tiedoilla, jotta voitiin vähentää ohrakasvuston mahdollisesta lakoutumisesta aiheutuvaa vaihtelua. Koska tarkoituksena oli keskittyä maan typen prosesseihin ja typen huuhtoutumiseen, kasvustojen typentarve annettiin mallille kenttäkokeesta määritettyjen suurimpien typenottojen avulla. Molempina vuosina oletettiin typen maksimioton olevan 150 kg/ha. Typentarve ajoitettiin logaritmissen ottokäyrän mukaan. Mikäli typpeä oli runsaasti saatavilla kasvustot ottivat sitä tarvetta enemmän, pyrkien täyttämään 4 % typpipitoisuuden lehdissä ja varressa. Kokoviljasäilöhun satoon arvioitiin tulevan 90 % maanpäällisestä kasvustosta. Nurmen arvioitiin sisältävän typpeä enintään 50 kg/ha kasvukauden päättyessä. Koska kokeiden maalajit olivat erilaisia, malli kalibroitiin koevuosille erikseen. Typenotto kalibroitiin humuksen typpimäärän avulla (Taulukko 3).

Naudan lietelannassa annettiin typpeä tehtyjen mittausten mukaisesti (Taulukko 4). Ammoniakin haihtuminen vähennettiin lannan liukoisesta typestä lämpötilaan perustuvan yhtälön perusteella (Sommer ym. 1991). Mikäli levitysjankohdan lämpötila oli nollan alapuolella ammoniakin haihtumista ei oletettu tapahtuvan. Lietelannan arveltiin tulevan levityksessä maan 2 cm:n pintakerrokseen. Aikaisen syyslevityksen jälkeen maa kynnettiin 30 cm:n syvyyteen, ja keväällä kylvömuokkauksen arvioitiin sekoittavan lannan maan 10 cm:n pintakerrokseen. Väkilannoitetyppiportaatta lannoitettiin kylvön yhteydessä keväällä.

Taulukko 3. Arvio maan humuksen ja kasvinjätteiden määrästä, hiilitypписuhteesta ja hajoamisnopeudesta.

Materiaali	N g/m ² 0–30 cm	C/N- suhde	Hajoamis- vakio/vrk	Hiilidiok- sidiksi	Humukseen
Humus koe 1	1500	10	0,00008	1	-
koe 2	3315				
Kasvinjäte	2	100	0,035	0,5	0,2
Lanta	-	30	0,035	0,5	0,2

Taulukko 4. Lannassa annettu liukoinen ammoniumtyppi ja kokonaistyyppi. Käsittelyjen tunnuksset: S = syyslevitys, K = kevätlevitys, A = aikainen, M = myöhäinen, numero ilmoittaa suunnitellun typpimäärän (kg/ha).

Koe	Käsittely (levityspäivä)	Liukoinen typpi kg/ha		Kokonaistyyppi kg/ha
		Levitetty	NH ₃ -N hävikki	
1	SA 80 (30.9.98)	110	6	183
	SM 80 (17.11.98)	110	0	183
	KA 80 (27.5.99)	93	4	153
	KM 80 (16.6.99)	95	55	164
	SA 40 (30.9.98)	58	3	97
	SM 40 (17.11.98)	56	0	93
	KA 40 (27.5.99)	52	2	85
	KM 40 (16.6.99)	49	30	84
2	SA 80 (23.9.99)	89	10	154
	SM 80 (15.11.99)	90	0	155
	KA 80 (19.5.00)	92	5	147
	KM 80 (13.6.00)	84	48	137
	SA 40 (23.9.99)	46	5	79
	SM 40 (15.11.99)	46	0	79
	KA 40 (19.5.00)	46	2	73
	KM 40 (13.6.00)	46	24	75

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Typenotto

Koe 1

Mallin antama sadossa pellolta poistunut typpimäärä oli 90–160 % mitatusta (Taulukko 5). Väkilannoitekäsittelyissä malli arvioi melko hyvin typen kertymistä kokoviljasäilörehuun, mutta yliarvioi selkeästi lietelantakäsittelyissä. Lannan typen parempi hyödyntäminen mallissa todellisuuteen verrattuna voi johtua ainakin levityksen epätasaisuuden aiheuttamista satotappioista, laskettua suuremmasta epäorgaanisen typen immobilisaatiosta lannan hajotuksessa ja arvioitua suuremmasta ammoniakkin haihtumisesta levityksen yhteydessä.

Taulukko 5. Kokoviljasäilörehuksi korjattujen käsittelyjen mitattu ja mallitettu typen otto sekä mallitettu typen huuhtoutuminen 1.9.1998–30.5.2000. Käsittelyjen tunnuks: S = syyslevitys, K = kevätlevitys, A = aikainen ja M = myöhäinen, numero ilmoittaa suunnitellun typpimäärän (kg/ha).

Käsittely	Satojen N, kg/ha		N, kg/ha
	Mitattu	Mallitettu	Huuhtoutuminen 1.9.1998–30.5.2000
0	60	60	19
Väkilannoite 120	152	136	21
SA 80	77	124	26
SM 80	83	128	26
KA 80	88	118	22
KM 80	83	83	20
SA 40	95	122	23
SM 40	91	123	23
KA 40	92	121	21
KM 40	97	101	20

Taulukko 6. Eri tavoin lannoitetun kokoviljasäilörehun mitattu ja mallitettu typenotto ja mallitettu typen huuhtoutuminen 1.9.1999–30.5.2001. Käsittelyjen tunnuks: S = syyslevitys, K = kevätlevitys, A = aikainen, M = myöhäinen, numero ilmoittaa suunnitellun typpimäärän (kg/ha).

Käsittely	Satojen N, kg/ha		N, kg/ha
	Mitattu	Mallitettu	Huuhtoutuminen 1.9.1999–30.5.2001
0	91	91	44
Väkilannoite 120	126	158	47
SA 80	98	126	60
SM 80	106	144	53
KA 80	92	143	52
KM 80	113	114	48
SA 40	101	135	55
SM 40	112	144	51
KA 40	127	143	50
KM 40	116	131	48

Koe 2

Malli arvioi lietalannan typen hyväksikäytön liian korkeaksi samoin kuin ensimmäisessäkin kokeessa. Mallin mukaan ohrasadossa poistunut typpimäärä oli 100–155 % typen kertymästä kenttäkokeen sadossa (Taulukko 6).

Maan epäorgaaninen typpi

Koe 1

Lannoittamattomassa käsittelyssä mitatut maan epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat mallitettuja korkeampia sadonkorjuun jälkeen otettua näytettä lukuun ottamatta (Taulukko 7). Varsinkin keväällä typen vapautuminen orgaanisesta aineksestä tapahtui todellisuudessa nopeammin kuin mallissa. Syksyn 1998 aikaisen lietelannan levityksen jälkeen määritetyt epäorgaanisen typen määrät olivat selvästi mallin laskemia pienempiä. Todellisuudessa ammoniakkin haihtuminen, ammoniumtypen immobilisaatio lannan hajotuksessa ja denitrifikaatio olivatkin todennäköisesti korkeampia kuin malli arvioi. Keväällä tapahtunut orgaanisen aineksen typen mineralisaatio nosti mitatut epäorgaanisen typen määrät lähelle mallin arvioita syksyllä lietelantaa saaneissa käsittelyissä.

Koe 2

Myös toisessa kokeessa lannoittamattoman maan mitatut epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat mallitettuja korkeammat paitsi sadonkorjuun jälkeen otetuissa näytteissä. Malli aliarvioi toukokuussa tapahtuneen orgaanisen aineksen typen mineralisaation tässäkin kokeessa. Lietelantakäsittelyjen mitatut ja mallitettut epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat lähellä toisiaan (Taulukko 7).

Taulukko 7. Mitatut (Mit) ja simuloidut (Sim) maan epäorgaanisen typen pitoisuudet 0–60 cm syvyydessä. Käsittelyjen tunnuksset: S = syyslevitys, K = kevätleveys, A = aikainen, M = myöhäinen, numero ilmoittaa suunnitellun typpimäärän (kg/ha).

Näytteen- ottopäivä	0		SA 80		SM 80		KA 80		KM 80	
	Mit	Sim	Mit	Sim	Mit	Sim	Mit	Sim	Mit	Sim
Koe 1										
14.10.98	29	19	41	123		19		19		19
28.10.98	34	17	49	120		17		17		17
11.11.98	35	16	46	120		16		16		16
24.05.99	61	15	89	112	101	118	45	15	46	15
08.09.99	21	21	25	28	24	29	21	27	23	24
Koe 2										
11.10.99	55	36	103	110		36				
26.10.99	63	35	99	109		35				
8.11.99	64	34	93	107		34				
4.5.00	50	25	69	91	83	113				
19.5.00	85	29	74	86	97	111				
12–21.9.00	27	48	55	58	55	59	77	58	46	50

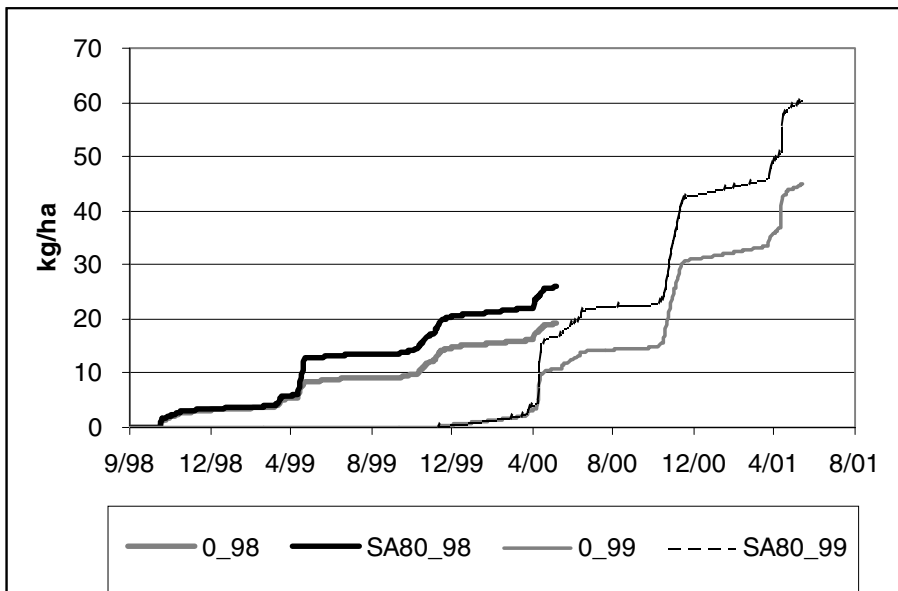
Typen huuhtoutuminen

Koe 1

Mallin arvioima huuhtoutuminen vaihteli käsittelyistä riippuen 19–26 kg/ha. Suurin huuhtoutuminen tapahtui keväällä 1999 (Kuva 7). Alhaisin huuhtoutuma saatiin lannoittamattomassa käsittelyssä (0, Taulukko 10) ja suurin huuhtoutuma käsittelyistä, joissa annettiin syksyllä 80 kg/ha typpeä lietalannassa. Tarkasteltaessa mallitettua huuhtoutumaa kasvukauden 1999 alkuun mennessä havaitaan typpeä huuhtoutuneen aikaisessa syyslevityksessä noin 13 kg/ha ja lannoittamattomassa noin 8 kg/ha (Kuva 1).

Koe 2

Mallin arvioima huuhtoutuminen oli käsittelyistä riippuen 44–60 kg/ha. Koska maalaji sisälsi enemmän orgaanista ainesta, huuhtoutuminen oli lähes kolminkertainen kokeeseen yksi verrattuna. Huuhtoutuma oli alhaisin lannoittamattomassa käsittelyssä ja suurin aikaisin syksyllä tehdyn lietalannan levityksen jälkeen. Erot muodostuivat vuoden 2000 kevään ja syksyn valunnoissa (Kuva 1).



Kuva 1. Mallitettu typen huuhtoutuminen lannoittamattomassa käsittelyssä ja lietalannan aikaisen syyslevityksen jälkeen (0 = lannoittamaton käsittely, SA80 = aikainen syyslevitys (N 80 kg/ha), 98 = koe 1, 99 = koe 2).

Mallitettujen ja mitattujen epäorgaanisen typen pitoisuuksien vertailu

Lietelannan levityksen jälkeen otetuissa maanäytteissä havaitaan usein selvästi vähemmän epäorgaanista typpeä kuin mitä lietelannassa on levitetty, (Leppänen & Esala 1999, Mattila ym. 2002). Tämä todettiin myös syksyn 1998 näytteissä, joissa lannoittamaton ja ammoniumtyppeä 110 kg/ha saaneet käsittelyt eivät juurikaan eronneet toisistaan. Mahdollisina hävikkeinä mainitaan yleensä ammoniakkin haihtuminen, immobilisaatio mikrobibiomassaan sekä denitrifikaatio.

Lietelannan levityksen yhteydessä on arvioitu haihtuvan ammoniakkin keskimäärin 19 % lannan kokonaistypestä (Grönroos ym. 1998). Suomen olosuhteissa on nurmelle syksyllä levitetyn lietelannan ammoniakkitappioiksi mitattu 20–30 % lannan liukoisesta tpeestä (s. 72–74). Simulointimallien kalibroinnissa on usein arveltu ammoniakkin haihtumisen olevan edellä mainittuja lukuja suurempi. Suomalaisessa tutkimuksessa todettiin, että maan epäorgaanisen typen pitoisuuksien mallittamisen onnistumiseksi lannanlevitysruduilla, ammoniakkin haihtuneeksi typpimääräksi olisi oletettava 70 % lannan liukoisesta tpeestä (Leppänen & Esala 1999). Etelä-Ruotsin olosuhteissa syksyllä levitetyn lietelannan liukoisesta tpeestä vähennettiin 50 % ja keväällä levitetyn 20 %, jotta malli saatiin vastaamaan maan epäorgaanisen typen pitoisuuksia (Borg ym. 1990). Torstensson ja Aronsson (2000) sitä vastoin onnistuivat simuloinneissaan hyvin laskemalla ammoniakkin haihtumiseksi kevätlevityksissä 5–20 %.

Näiden esimerkkien pohjalta ensimmäisen kokeen lietelannan syyslevitykset mallitettiin myös vähentämällä lietelannan ammoniumtpeestä 60–70 kg/ha, jolloin mitatut ohrakasvuston typenotot ja maan epäorgaanisen typen määrät olivat melko lähellä mallitettuja. Toisen kokeen lietelannan syyslevitysten ammoniumtyppimäärästä vähennettiin 30–40 kg/ha, jolloin mitatut ja mallitetut tulokset olivat myös lähellä toisiaan.

Denitrifikaation osuus simuloinneissa oli hyvin pieni, alle 1 kg/ha. Vaikka mallia testattiin laskemalla maan vedenjohtokykyä niin, että pohjavesi nousi syksyisin 10–40 cm:n syvyyteen (simulointijakso 1.9.1999–30.5.2000), denitrifikaatio oli vain noin 3 kg/ha. Mallin herkkyyden denitrifikaation ennustamisessa näyttääkin olevan heikko. Lantaa saaneiden lohkojen vuosittainen denitrifikaatio oli Hollannissa 5–10 kg/ha (Mogge ym. 1999). Englantilaisessa kokeessa enimmillään 29 % lietelannan ammoniumtpeestä haihtui denitrifikaation myötä (Pain ym. 1990). Torstensson ja Aronsson (2000) simuloivat denitrifikaation kautta poistuvaksi tpeksi lietelantakäsittelyissä 20–30 kg/ha.

Tässä tutkimuksessa käytetyillä mallin asetuksilla typen immobilisaatiota tapahtui lannan orgaanisen aineksen hajotessa vain muutamia kilogrammoja

hehtaaria kohti. Viiden asteen lämpötilassa immobilisaatio oli 30 vuorokauden kuluttua 28 % lietelannassa annetusta ammoniumtypestä, jonka jälkeen epäorgaanista tyyppiä alkoi vapautua (Flowers & Arnold 1983). Lannan rasvahappojen määrä ja lannan käsittely varastoinnin aikana vaikuttavat voimakkaasti immobilisaatioon (Kirchmann & Lundvall 1993).

Koekäsittelyjen vertailu mallin pohjalta

Turtola ja Kemppainen (1998) mittasivat Toholammin hietakentällä tyyppiä huuhtoutuneen 15 kg/ha, kun lietelantaa oli levitetty aikaisin syksyllä suoja-tiljalle. Huuhtoutuminen oli suurinta levityssyöksynä. Myöhäisen syyslevityksen ja kevätlevityksen typen huuhtoutumat olivat 5 kg/ha alhaisemmat. Kevätlevityksellä saatiin kuitenkin 500 kg/ha suurempi jyväsato kuin syyslevityksillä. Lietelannan kevätlevitys tuotti typen näennäiseksi hyväksikäyttöasteeksi 30–50 % mutta syyslevitys vain 10–30 % (Kemppainen 1989).

Kemppainen (1995) määrittäi kolmen vuoden aikana huuhtoutuneen typen määräksi lantaa saaneissa turvelysimetreissä 69 kg/ha ja lannoittamattomissa 20 kg/ha. Hietalysimetreissä vastaavat kolmen vuoden typen huuhtoutumat olivat 35 ja 19 kg/ha. Molemmilla maalajeilla syyslevityksen kolmen vuoden tyyppihuuhtoutuma oli lähes kaksinkertainen kevätlevitykseen verrattuna.

Syyslevityksen jälkeen syksyllä ja keväällä tapahtuvan huuhtoutumisen ratkaisee lähinnä syksyn aikana tapahtuva nitrifikaatio. Jotta nitrifikaation mallittaminen onnistuisi, myös maan lämpötila ja kosteus olisi mallitettava oikein. Mallitettu nitrifikaatio oli syksyllä lannan levityksen jälkeen ensimmäisessä kokeessa 10 kg/ha ja toisessa kokeessa 30 kg/ha. Vastaava muutos havaittiin maanäytteidien ammonium- ja nitraattitypen määrissä. Tässä mallituksessa sekä syksyinen nitrifikaatio että typen huuhtoutuminen levityksen jälkeen syksyllä ja seuraavana keväänä olivat alhaisia. Näin ollen käsittelyjen välille ei tullut tässä vaiheessa merkittäviä eroja. Verrattaessa typen huuhtoutumista lämpimimmissä olosuhteissa eli Jokioisten säädatalla 1998–2001 huuhtouma lisääntyi kaksinkertaiseksi. Syynä oli syyslevityksen jälkeen lisääntynyt nitrifikaatio, joka johti nitraatin runsaaseen huuhtoutumiseen lumen sulamisvesien mukana keväällä.

Suomalaisessa tutkimuksessa (Leppänen & Esala 1999) SOILN-mallin laskema typen huuhtoutuminen oli ensimmäisenä simulointivuonna 19–25 kg/ha ja toisena 11–13 kg/ha. Lannoittamattoman ja ensimmäisenä vuonna 206 tai toisena vuonna 132 kg/ha liukoista tyyppiä saaneiden käsittelyjen typen huuhtoutumiset erosivat toisistaan hyvin vähän.

Kirjallisuus

- Borg, G.C., Jansson, P.E. & Linden, B. 1990. Simulated and measured nitrogen conditions in a manured and fertilised soil. *Plant and Soil* 121: 251–267.
- Flowers, T.H. & Arnold, P.W. 1983. Immobilization and mineralization of nitrogen in soils incubated with pig slurry or ammonium sulphate. *Soil Biology and Biochemistry* 15: 329–335.
- Grönroos, J., Nikander, A., Syri, S., Rekolainen, S. & Ekqvist, M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristö 206. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 68 s. ISBN 952-11-0283-7.
- Jansson, P-E & Karlberg, L., 2001. Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Stockholm: Royal Institute of Technology, Department of Land and Water Resources Engineering. (Verkkodokumentti). Viitattu 20.5.2002. Ilmestynyt myös painettuna. 327 s. Saatavissa internetistä: <ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf>
- Kemppainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163–284.
- Kemppainen, E. 1995. Leaching and uptake of nitrogen and phosphorus from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial. *Agricultural Science in Finland* 4: 363–375.
- Kirchmann, H. & Lundvall, A. 1993. Relationships between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. *Biology and Fertility of Soils* 15: 161–164.
- Leppänen, A. & Esala, M. 1999. Keväisen mineraalityppianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustamiseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 65. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 25 s.
- Mattila, P., Isolahti, M., Joki-Tokola, E., Esala, M. & Kokkonen, A. 2002. Lietelanta ja väkilannoite nurmen typpilannoitteina. Teoksessa: Hopponen, A. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2002. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 18. Päivitetty 1.1.2002. Viitattu 1.3.2002. Saatavissa internetistä:
<http://www.agronet.fi/maataloustieteellinenseura/julkaisut/esit/63mattila.pdf>
- Mogge, B., Kaiser, E.A. & Munch, J.C. 1999. Nitrous oxide emissions and denitrification N-losses from agricultural soils in the Bornhoved Lake region: influence of organic fertilizers and land-use. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 1245–1252.

- Pain, B.F., Thompson, R.B., Rees, Y.J. & Skinner, J.H. 1990. Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 50: 141–153.
- Pietola, L. 1995. Effect of soil compactness on the growth and quality of carrot. *Agricultural Science in Finland* 4: 144–237.
- Sommer, S.G., Olesen, J.E. & Christensen, B.T. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *Journal of Agricultural Science* 117: 91–100.
- Torstensson, G. & Aronsson, H. 2000. Nitrogen leaching and crop availability in manured catch crop systems in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 139–152.
- Turtola, E. & Kemppainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569–581.
- Urvas, L. 1995. Viljelymaan ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksien seuranta. *Tiedote 15/95*. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 77 s.

Ravinne- ja mikrobikuormitus nurmelle levitetystä lietelannasta

Jaana Uusi-Kämpä¹⁾, Helvi Heinonen-Tanski²⁾ ja Pasi Mattila¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Ympäristöntutkimus, 31600 Jokioinen, jaana.uusi-kamppa@mtt.fi, pasi.mattila@helsinki.fi

²⁾ Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, helvi.heinonentanski@uku.fi

Tiivistelmä

MTT:ssä tutkittiin lietelannan levityksestä aiheutuvaa ravinteiden ja ulostepe-
räisten mikrobien kuormitusta pintavalunnassa. Tutkimuksessa oli kolme
osaa: lietelannan levitys kesällä 1996–1997, lietelannan levitys kesällä ja
syksyllä 1998–2000 sekä nurmen kyntö syksyllä 2000 ja lietelannan jälkivai-
kutukset kesällä 2001. Naudan lietelantaa levitettiin nurmen pintaan tai sijoitet-
tiin maahan. Pintavalunta mitattiin, mutta salaojavaluntaa ei kerätty. Ravin-
teiden huuhtoutuminen alaspäin savimaassa määritettiin maaprofiilinäytteissä
olevan ammonium- ja nitraattitypen sekä helppoliukoisen fosforin pitoisuuksina.
Vesistökuormituksen lisäksi mitattiin ammoniakkin haihtumista lietelan-
nan syyslevityksen jälkeen.

Syksyllä nurmen pintaan levitetty lietelanta aiheutti suurimman ravinne-
kuormituksen pintavalunnassa. Pintalevityksen aiheuttama kokonaisfosfori-
kuormitus oli kolmen vuoden (1998–2000) aikana 4,8 kg/ha ja kokonaistyp-
pikuormitus 11 kg/ha. Lietelannan sijoittaminen maahan vähensi fosforin
kokonaiskuormitusta 48 % ja typen kokonaiskuormitusta 40 %. Myös ulos-
tesaastumisesta kertovia mikrobeja oli vesissä paljon, kun lietelanta levitettiin
nurmen pintaan. Syksyinen lietelannan sijoitus vähensi mikrobeja, mutta ne
näyttivät säilyvän maassa pidempään kuin maan pinnassa. Maasta nimittäin
löytyi indikaattorimikrobeja vielä vuoden kuluttua levityksestä. Syksyllä
nurmen pintaan levitetyn lannan liukoisesta tyypestä haihtui ammoniakkin
keskimäärin 26 %, mutta lannan sijoittaminen esti haihtumisen tehokkaasti.

Pintaan levitettyä lietelantaa saaneissa ruuduissa lokakuussa 1999 maan
helppoliukoisen fosforin pitoisuus kahden senttimetrin paksuisessa pintamaa-
kerroksessa oli 25,7–187 mg/kg. Kun lietelanta sijoitettiin maahan, mitattiin
suurimmat fosforipitoisuudet (25,6–43,6 mg/kg) sijoitusurien kohdalta 5–
10 cm:n syvyydestä. Lannan sijoittaminen nosti myös epäorgaanisen typen
määriä maassa. Nurmen erilaiset lannoitustavat (pintalevitys, sijoitus ja vä-
kilannoitus) eivät aiheuttaneet eroja vuoden 2001 ohrasatoihin (4,5 t/ha).

*Avainsanat: lietelanta, pintavalunta, fosfori, typpi, mikro-organismit, ammo-
niakki, vesihygienia*

Release of nutrients and faecal micro-organisms from ley after slurry application

Jaana Uusi-Kämpä¹⁾, Helvi Heinonen-Tanski²⁾ and Pasi Mattila¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland, jaana.uusi-kamppa@mtt.fi, pasi.mattila@helsinki.fi

²⁾ University of Kuopio, Department of Environmental Sciences, PO Box 1627, FIN-70211 Kuopio, Finland, helvi.heinonentanski@uku.fi

Abstract

Loads of nutrients and faecal micro-organisms in surface runoff from perennial grass ley after slurry applications were studied at Jokioinen, SW Finland. The study comprised three parts: 1) slurry application in summer 1996–1997, 2) slurry application in summer and autumn 1998–2000, and 3) ploughing the ley in autumn 2000 and the residual effect of slurry on barley in summer 2001. Cattle slurry was either surface-applied or injected into the soil. Surface and subsurface waters were directed into a collector trench on each plot. Drainage water was not collected. Leaching of nutrients was estimated by measuring inorganic nitrogen and ammonium acetate extractable phosphorus (P_{AAAc}) from soil at depths of between 0 and 1 metre. Ammonia (NH_3) volatilisation from applied slurry was measured in the autumn of 1999 and 2000.

The nutrient load in surface runoff was greatest after surface application of slurry in the autumn. The cumulative losses of total phosphorus (TP) and total nitrogen (TN) from surface application plots in 1998 to 2000 were 4.8 kg/ha and 11 kg/ha, respectively. Injection decreased TP and TN in runoff by an average of 48% and 40%, respectively. There were also high numbers of faecal micro-organisms in surface runoff from surface application plots. In the autumn, there were fewer faecal micro-organisms in the runoff from injected plots, but the microbes seemed to remain in the soil longer than in surface application plots. NH_3 emissions were, on average, 26% of the ammoniacal N of surface applied slurry, but injection hindered them effectively.

In October 1999, the P_{AAAc} content was greatest (25.7–187 mg/kg) in the surface soil (0–2 cm) of surface application plots. In injection plots the highest P_{AAAc} levels (25.6–43.6 mg/kg) were observed at a depth of 5–10 cm. Inorganic nitrogen increased in the injection plots in particular. In 2001, the different fertilisation practices (surface-spread slurry, injection of slurry, or inorganic fertiliser) had no residual effect on barley yield (4.5 t/ha).

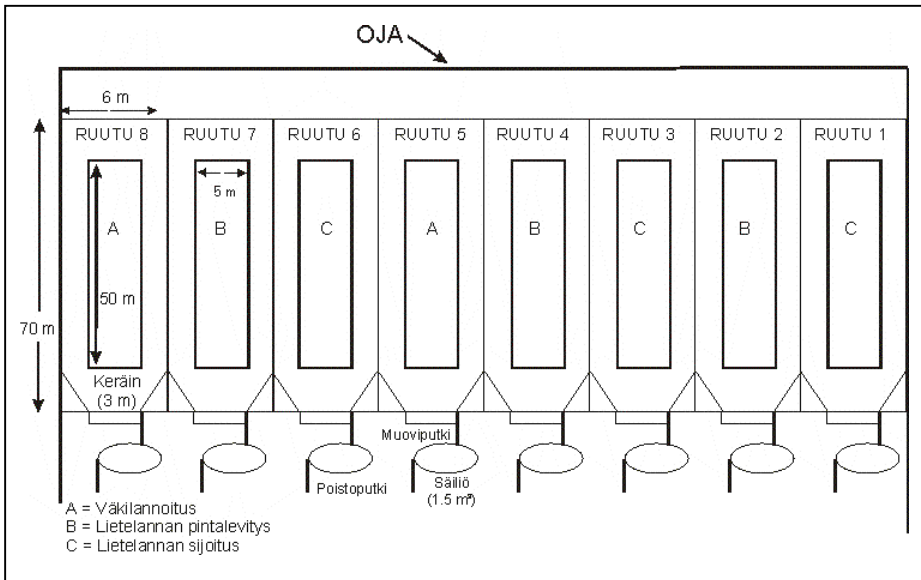
Key words: liquid manures, surface runoff, phosphorus, nitrogen, micro-organisms, ammonia, water hygiene

Johdanto

Aiemmissä kotimaisissa tutkimuksissa lietalannan multaamisen kyntämällä on todettu vähentävän typen ja fosforin huuhtoutumista (Turtola & Kemppainen 1998), ja lietalannan sijoittamisen nurmeen estävän typen haihtumisen ammoniakkinä lähes kokonaan (Joki-Tokola ym. 1998). Syksyllä maahan mullatusta lietalannasta typen huuhtoutuminen on ollut hieman suurempaa kuin keväällä mullatusta. Lietalannan talvilevityksen on todettu lisäävän ravinteiden huuhtoutumista vesiin huomattavasti (Niinioja 1993, Turtola & Kemppainen 1998) ja se onkin kielletty säännösten perusteella (VNA 9.11.2000/931).

Lannan mukana peltoon tulleiden ulostemikrobien säilymisestä ja kulkeutumisesta on vain vähän tietoa (Provolo ym. 1999). Karjanlannan tiedetään aiheuttaneen sekä vesien (Wagner 1993, Wiegel 1995, Crowther ym. 2002) että kasvillisuuden (Zhao ym. 1993, Brackett 1999) saastumisia patogeeni-mikrobeilla. Saastumisen vakavuusasteen määräävät ensi sijassa karjassa olevat tautimikrobit, mutta myös lannoitusajalla ja -tavalla sekä lantamäärällä on merkityksensä. Yleensä ei raportoida tapauksia, jotka johtavat karjan juomaveden ja rehujen pilaantumiseen tai rehujen ja elintarvikkeiden säilyvyyden heikkenemiseen. Täten ulostesaastunnan todellista merkitystä ei täysin tunneta.

Lietelannan levityksen ympäristövaikutukset tunnetaan heikosti ja osa tiedoista ei sovellu meidän ilmastoomme. MTT:ssä (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) Jokioisilla Kotkanojan pintavalumakentällä tutkittiin, missä tilanteissa karjanlannan levityksestä aiheutuu riskejä savimaalla ja miten niitä voidaan estää. Erityisesti mielenkiinnon kohteena oli levitystavan vaikutus pintavalumavesien laatuun. Tavoitteena oli turvata reittivesistöissä lannanlevityspaikan alapuolisten vesien laatu sekä viljeltävien kasvien ravinteiden saanti. Tutkimuksessa verrattiin pintalevitetyn ja sijoitetun lietalannan sekä väkilannoituksen vaikutuksia pintavalumavesiin. Vuosina 1996 ja 1997 lietelantaa levitettiin kerran kesässä ensimmäisen nurmisadon korjuun jälkeen. Tutkimuksen toisessa osassa vuosina 1998–2000 levitettiin suuria määriä lietelantaa myös syksyllä, koska pyrittiin saamaan selville aikaisempaa paremmin nurmelle levitetyn lietalannan potentiaalinen kuormitus. Tällöin alettiin tutkia myös ulostesaastumista kuvaavien mikrobien (kokonaiskoliformit, fekaaliset koliformit, klostridit, streptokokit ja kolifaagit) tiheyksiä pintavalunnassa. Mikrobitutkimuksista vastasi lehtori Helvi Heinonen-Tanski Kuopion yliopiston Ympäristötieteiden laitokselta. Lietalannan levityksestä aiheutuvaa ammoniakkin haihtumista mitattiin vanhemman tutkijan Pasi Mattilan johdolla syksyllä 1999 ja 2000. Ravinnekuormitustutkimuksista vastasi tutkija Jaana Uusi-Kämpä.



Kuva 1. Kotkanojan pintavaluntakentän toimintakaavio. Kenttää ympäröivän avo-ojan takaosa täytettiin sepelillä helpottamaan traktorilla liikkumista koeruuduilla. Keräinten viereen jätettiin 10 m leveä suojakaista, johon ei levitetty lietelantaa eikä kesällä väkilannoitetta. Suojakaista lannoitettiin Suomensalpietarilla keväällä 1996–1998.

Pintavaluntakokeentän peltotoistä sekä lietelannan levityksestä vastasi tutkimusmestari Risto Tanni. Vesi-, maa- ja kasvinäytteiden ottamisesta huolehti tutkimusmestari Ari Seppänen. Näytteiden ravinnemääritykset tehtiin MTT:n Ympäristöhallinta-vastualueen laboratoriossa. Lietelantamäärityksistä vastasi tutkimusmestari Leena Mäkäräinen MTT:n Maaperä ja ympäristö-vastualueen laboratoriossa. Vesinäytteiden mikrobimäärityksistä vastasi laborantti Sirpa Martikainen. ATK-suunnittelija Kaarina Grék avusti tutkimusdatan käsittelyssä ja loppuraportin viimeistelyssä. Kiitokset kaikilla tutkimuksessa mukana olleille henkilöille.

Aineisto ja menetelmät

Koekenttä ja kokeen hoito

Nurmelle levitetyn lietelannan aiheuttaman ympäristökuormituksen tutkimiseksi MTT:n Kotkanojan peltolohkelle Jokioisiin perustettiin 0,34 hehtaarin kokoinen pintavaluntakoeenttä (Kuva 1) vuonna 1991. Lohkon muokkauskerroksen maalaji oli aitosavi (Taulukko 1) ja keskimääräinen kaltevuus 2,6 % (0,7–3,5 %). Alue jaettiin kahdeksaan ruutuun, joista kukin oli 6 m leveä ja 70 m pitkä. Ruudut erotettiin toisistaan maavalleilla ja 60 cm:n syvyyteen ulottuvilla muovikalvoilla, jotka estivät veden virtailua ruudulta toiselle.

Taulukko 1. Maan orgaaninen hiili, pH ja kivennäislajitekoostumus koekentällä 1991 ja helppoliukoisen fosforin pitoisuus 1994. Näytteenottosyvyys oli 0–20 cm (fosforilla 0–60 cm).

Orgaaninen C, %	2,1 (1,9–2,3)	Lajitekokoluokka	Osuus, %
pH (H ₂ O)	6,6	< 0,002 mm	61,0 (57,9–64,7)
P, mg/kg	8,5 (0–10 cm)	0,002–0,02 mm	18,7 (17,0–20,3)
	8,1 (10–20 cm)	0,02–0,2 mm	17,0 (14,5–18,9)
	1,9 (20–40 cm)	0,2–2,0 mm	3,3 (2,7–3,8)
	0,7 (40–60 cm)		

Koealuetta ympäröi avo-oja, jonka tarkoituksena oli estää kentän ulkopuolisen pintavalunnan pääsy koealueelle.

Tutkimuksen ensimmäisessä osassa vuosina 1996–1997 seurattiin lietalannan kesälevityksen vaikutuksia pintavalunnan ravinnepitoisuuksiin (Uusi-Kämpä ym. 1998). Toisessa osassa vuosina 1998–2000 mitattiin ravinne- ja mikrobikuormitusta pintavalunnassa, kun lietalantaa levitettiin kesällä ja syksyllä (Heinonen-Tanski & Uusi-Kämpä 2001). Lisäksi mitattiin ammoniakkin haihtumista kentältä lietalannan syyslevityksen jälkeen. Kolmannessa osassa tutkittiin nurmen kynnön vaikutuksia pintavaluntaan syksyllä 2000 ja keväällä 2001 sekä lietalannan jälkivaikutusta viljeltäessä ohraa.

Koekäsittelyt olivat

1. lietalannan pintalevitys nurmeen (3 toistoa)
2. lietalannan sijoitus nurmeen (3 toistoa)
3. nurmen väkilannoitus (2 toistoa).

Viljelytoimenpiteet sekä lietalannan ja väkilannoitteiden levitysmäärät ja ravinnepitoisuudet on koottu taulukkoon 2. Lanta-analyyysien kaikki tulokset ovat liitteessä 1.

Tutkimus 1: Lietalannan levitys nurmelle kesällä (1996–1997)

Keväällä 1996 ja 1997 timotei-nurminata -nurmi lannoitettiin Suomensalpietarilla (Taulukko 2). Koeruutujen lisäksi myös 10 m leveät suojakaistat ja 1,5 m leveät ruutujen reuna-alueet lannoitettiin. Lietalanta levitettiin ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen koeruutujen keskiosaan kaistalle, jonka leveys

oli 3 m ja pituus 50 m. Vastaavasti väkilannoiteruutukaistoille levitettiin NPK-lannoitetta. Koeruutujen ala- ja yläpäihin jätettiin 10 m leveät suoja-kaistat, joille lantaa tai väkilannoitetta ei levitetty. Täten lietelantaa ja lannoitetta levitettiin kesällä vain kolmasosalle (150 m²) ruudun kokonaispinta-alasta (420 m²). Kesällä 1996 lannan levitys aloitettiin ruutujen alapäästä 10 m:n päästä keräimistä. Traktori-lietelantavaunu -yhdistelmällä ajettiin loivaan ylämäkeen, jolloin sijoitusruuduilla traktori sammui pari kertaa. Kesällä 1997 levitys aloitettiin koekentän toisesta päästä lähestyen keräimiä. Lietelanta levitettiin lievään alamäkeen, jolloin ajovastus ei noussut sijoituksessa yhtä suureksi kuin edellisenä kesänä. Koeruuduille ajettiin traktori-lietelantavaunu -yhdistelmällä suojakaistojen kautta. Koeruudulla 1 ajettiin suojakaistaa pitkin kuusi kertaa, ruudulla 2 viisi kertaa, ruudulla 3 neljä kertaa, ruudulla 4 kolme kertaa, ruuduilla 5 ja 6 kaksi kertaa sekä ruuduilla 7 ja 8 yhden kerran. Täten koekentän oikeanpuoleisessa reunassa ajettiin suojakaistoja pitkin useammin kuin vasemmanpuoleisessa reunassa, jossa sijaitsevat väkilannoiteruudut 5 ja 8.

Pintalevitystä varten letkulevittimen letkujen päihin asennettiin hajotuslevyt, joiden avulla liete levitettiin hajalleen koko työleveydelle. Lietelannan sijoitus tehtiin lietelantavaunuun kytketyllä Kapuisen (1996) kehittämällä sijoituslaitteella. Vannasväli oli 30 cm ja sijoitusvyvyys 6–10 cm. Sijoitettu lantamäärä oli hieman suurempi kuin pintaan levitetty, koska sijoitettaessa traktorin vetävät pyörät luistivat enemmän ja ajonopeus oli tämän vuoksi pienempi.

Tutkimus 2: Lietelannan levitys kesällä ja syksyllä (1998–2000)

Vuonna 1998 alkoi tutkimuksen toinen osa. Koekäsittelyt jatkuivat samoilla ruuduilla kuin kahtena edellisenä vuotena. Edellisessä tutkimuksessa pinta-valunnan ravinnekuormitus oli havaittu vähäiseksi. Tässä tutkimuksessa lietelantaa levitettiin leveämmälle alueelle (5 m x 50 m) kuin aikaisemmin ja sitä levitettiin myös syksyllä. Suuremmalla levitysalalla ja syyslevityksellä pyrittiin saamaan paremmin selville nurmelle levitetyn lietelannan potentiaalinen kuormitus.

Lanta levitettiin Teho-Lotina -sijoitusvaunulla nurmen pintaan tai sijoittaen maahan noin 5–10 cm:n syvyyteen. Kullekin ruudulle levitettiin lantaa kaksi rinnakkaista kaistaa työleveyden ollessa 2,5 m. Pintalevitystä varten sijoitusvantaiden alle asennettiin hajotuslauta ja levitys tehtiin vantaat ylhäällä. Sijoituslaitteen vannasväli oli 47 cm. Traktori-lietelantavaunu -yhdistelmällä ajettiin suojakaistojen kautta kullekin ruudulle siten, että koeruudulla 1 ajettiin suojakaistaa pitkin kaikkiaan kaksitoista kertaa, koeruudulla 2 kymmenen kertaa jne. Suojakaistoilla maahan tuli ajouria, maa tiivistyi ja kasvusto vaurioitui.

Keväällä 1998 kaikki koeruudut lannoitettiin Suomensalpietarilla (Taulukko 2). Kesäkuun lopulla nurmen sängelle levitettiin naudän lietalantaa tai väkilannoitetta. Nurmen lannoitustavoite oli 90 kg liukoista tyypeä hehtaarille. Väkilannoite levitettiin Tupla Tume -rivilannoittimella. Toinen nurmisato korjattiin syyskuussa, ja lokakuussa tehtiin lietalannan syyslevitys (38–42 t/ha). Väkilannoiteruutuja ei lannoitettu syksyllä.

Satokaudella 1998 nurmen fosforilannoitus oli yhteensä 18 kg/ha väkilannoiteruuduilla ja 42–44 kg kokonaisfosforia hehtaarille lietalantaruuduilla. Ympäristötukiehtojen mukaisesti lietalannan fosforista laskettiin 75 % olevan kasveille käyttökelpoisessa muodossa, jolloin kasvit saivat kasveille käyttökelpoista fosforia 32–33 kg/ha. Seuraavaa satokautta varten levitettiin syksyllä lietalannan mukana 32–35 kg/ha fosforia, josta ympäristötukiehtojen mukaisesti laskettiin 24–26 kg/ha olevan kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

Kevästä 1999 alkaen väkilannoitetta levitettiin 250 m²:n (5 m x 50 m) koealalle eikä koko ruudun alalle, kuten edellisinä keväinä oli tehty. Lannoitustavoite oli 100 kg liukoista tyypeä hehtaarille. Lietalantaruudut olivat saaneet edellisenä syksynä lietalannan mukana 70–80 kg/ha liukoista tyypeä, josta ympäristötukiehtojen mukaisesti puolet oletettiin kasveille käyttökelpoiseksi keväällä (Maa- ja metsätalousministeriö 1996). Lietalantaruuduille annettiin lisätyyppiä 60 kg/ha Suomensalpietarina. Väkilannoiteruuduille levitettiin NPK-lannoitetta.

Maa oli hyvin kuivaa levitettäessä lietalantaa kesällä 1999. Sijoitusruudut jyrättiin levitystä seuranneena päivänä, koska sijoituslaitteen vantaat nostivat sijoitusvakojen reunat koholle. Toista nurmisatoa ei korjattu syksyllä 1999, koska nurmikasvusto oli vähäinen vähäsateisen kesän jälkeen. Lietalannan syyslevitys (33–38 t/ha) tehtiin lokakuussa.

Keväällä 2000 lietalantaruudut lannoitettiin Suomensalpietarilla ja kesällä niille levitettiin lietalantaa. Väkilannoiteruudut saivat NPK-lannoitetta sekä keväällä että kesällä. Lietalantaruuduille levitettiin lokakuussa 33–36 t/ha lietalantaa.

Tutkimus 3: Nurmen kyntö ja lietalannan jälkivaikutus 2001

Tutkimuksessa selvitettiin lietalannan jälkivaikutusta ohrakasvustossa. Tätä varten nurmi kynnettiin kolmen päivän kuluttua lannanlevityksestä lokakuussa 2000. Pellon alareunaan jäi 10 m leveä suojakaista. Keväällä 2001 koe kentälle kylvettiin ohra ja timotei-nurminata -siemenseos. Lietalanta- ja väkilannoiteruudut saivat keväällä 250 kg/ha Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) -väkilannoitetta kylvölannoituksena.

Taulukko 2. Viljelytoimenpiteet ja lannoitteiden levitysalat vuosina 1995–2001. Väkilannoitteen yhteydessä suluissa typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuus (%). Lietelannan yhteydessä kokonaistypen, liukoisen typen ja fosforin pitoisuus (kg/t tuoremassaa).

Päivämäärä	Toimenpide	Levitysala, m ²
Tutkimus I		
29.06.1995	Timotei-nurminata -siemenseoksen (26 kg/ha) kylvö Lannoitus: Typpirikas Y-lannos 2 (20-4-8) 300 kg/ha	350
14.05.1996	Kevätlannoitus: NK-lannos (20-0-15) 560 kg/ha kaikille ruuduille	350
13.06.1996	Niitto Haldrup-nurmenkorjuukoneella 8–10 cm:n sänkeen	
17.06.1996	Lietelannan (3,9-2,3-0,97) levitys: 34,4 t/ha pintaan ja 37,4 t/ha sijoittaen	150
19.06.1996	Väkilannoiteruutujen lannoitus: Typpirikas Y-lannos 3 (18-5-10) 450 kg/ha	150
20.08.1996	Niitto	
12.05.1997	Kevätlannoitus: Suomensalpietari (26-0-1) 190 kg/ha	350
23.06.1997	Niitto	
26–27.06.1997	Lietelannan (2,4-1,3-0,62) levitys: 61 t/ha ja väkilannoiteruutujen lannoitus: Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 400 kg/ha	150
24.09.1997	Niitto	
Tutkimus II		
11.05.1998	Kevätlannoitus: Suomensalpietari (26-0-1) 185 kg/ha	350
19.06.1998	Niitto	
29.06.1998	Lietelannan (3,7-1,9-0,84) levitys: 50 t/ha pintaan ja 52 t/ha sijoittaen ja väkilannoiteruutujen lannoitus: Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 460 kg/ha	250
04.09.1998	Niitto	
16.10.1998	Lietelannan (3,7-1,9-0,83) levitys: 38 t/ha pintaan ja 42 t/ha sijoittaen	250
11.05.1999	Kevätlannoitus: lietelantaruuduilla Suomensalpietari (26-0-1) 234 kg/ha ja väkilannoiteruuduilla Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 500 kg/ha	250
24.06.1999	Niitto	

jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 2. jatkoa edelliseltä sivulta

30.06.1999	Lietelannan (3,5-1,9-0,82) levitys: 59 t/ha pintaan ja 62 t/ha sijoittaen sekä väkilannoiteruutujen lannoitus: Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 500 kg/ha	250
27.10.1999	Lietelannan (3,2-1,8-0,52) levitys: 33 t/ha pintaan ja 38 t/ha sijoittaen	250
08.05.2000	Kevätlannoitus: lietelantaruuduilla Suomensalpietari (26-0-1) 265 kg/ha ja väkilannoiteruuduilla Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 500 kg/ha	250
14.06.2000	Niitto	
21.06.2000	Väkilannoiteruutujen lannoitus: Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 500 kg/ha	250
22.06.2000	Lietelannan (3,6-2,0-0,55) levitys: 47 t/ha pintaan ja 52 t/ha sijoittaen	250
04.10.2000	Niitto	
23.10.2000	Lietelannan (3,6-1,8-0,79) levitys: 33 t/ha pintaan ja 36 t/ha sijoittaen	250

TUTKIMUS III

26.10.2000	Kyntö 2-siipisillä 16":n auroilla	
10.05.2001	Kylvömuokkaus jyrsimellä kertaalleen	
11.05.2001	Kunnari-ohran (200 kg/ha) ja timotei-nurminata -siemenseoksen (28 kg/ha) kylvö. Siemenseoksessa timoteita (lki) 75 % ja nurminataa (Antti) 25 %. Lannoitus: Pellon Y-lannos 4 (20-4-7) 250 kg/ha	250
29.08.2001	Puinti	

Vesi-, maa- ja kasvinäytteet

Pintavalunta kerättiin maan pintakerroksesta 0–30 cm:n syvyydeltä Puustisen (1999) suunnittelemissa keräimillä. Kultakin 6 m leveältä ruudulta virtaava vesi ohjattiin 3 m leveään ruostumattomasta teräksestä valmistettuun keräimeen muovikalvosta, puusta ja maasta valmistetuilla valleilla (Kuva 2). Pintavalunta johdettiin maan alla oleviin muovisäiliöihin, joiden tilavuus oli 1,5 m³. Säiliöiden tyhjennyksen yhteydessä mitattiin vesimäärä virtausmittarilla ja otettiin vesinäytteet (Kuva 3) ravinnemäärityksiä varten. Mikrobimäärityksiin näytteet otettiin suoraan poistoputken suusta. Runsaan valunnan aikana näytteenotto tehtiin vähintään kerran viikossa ja tiheimmillään kaksi kertaa päivässä. Vähäisen valunnan aikana näyte otettiin, kun säiliöihin oli kertynyt riittävästi vettä näytteenottoa varten.

Kuormitus on laskettu koejaksoittain:

1. kevät (tammikuun alusta lietalannan kesälevitykseen)
2. kesä (lietalannan kesälevityksestä toisen nurmisadon korjuuseen)
3. syksy (toisen sadon korjuusta/lannan syyslevityksestä vuoden loppuun).



Kuva 2. Pintavalunta johdettiin koko ruudun alalta (6 m x 70 m) kolme metriä leveään keräimeen. Kuva on vuodelta 1995. (Kuva: Jaana Uusi-Kämpä)

Ravinnemääriä varten otetut vesinäytteet säilytettiin pimeässä 4 °C lämpötilassa. Näytteiden säilytysaika oli parista päivästä muutamaan viikkoon. Mikrobimääriä varten vettä kerättiin steriileihin muovipulloihin, jotka pakattiin kylmävaraajien kanssa kylmälaukkuihin ja lähetettiin pikavuoro-rahtina Kuopioon, jonne ne saapuivat seuraavana aamuna. Näytteiden todettiin säilyneen viileinä niiden saapuessa laboratorioon, jossa ne säilytettiin 4 °C:ssa viljelyhetkeen asti. Näytteiden viljelyt aloitettiin viimeistään 24–30 tunnin kuluessa näytteenoton loputtua. Täten lämmön aiheuttamaa mikrobien tuhoutumista ei ilmeisesti tapahtunut kuljetuksen aikana.

Maanäytteet otettiin lannoitetuilta koeruuduilta keväällä ennen väkilannoitusta ja syksyllä ennen lietalannan levitystä. Näytteistä mitattiin epäorgaaninen tyyppi, jotta voitiin arvioida typen huuhtoutumista maassa alaspäin, ja helpoliukoinen fosfori maan pintakerroksen fosforipitoisuuden seraami-



Kuva 3. Vesinäytteenotto meneillään. (Kuva: Jaana Uusi-Kämpä)

seksi. Näytteenottosyvyydet olivat 0–2, 2–5, 5–10 (tai 0–10), 10–20, 20–40 ja 40–60 cm. Syksyllä 2000 ja keväällä 2001 näytteet otettiin 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 ja 80–100 cm:n syvyydestä. Kolmesta ylimmästä syvyydestä (0–2, 2–5 ja 5–10 cm) näytteet otettiin lapiolla ja laastikauhalla. Syvyydestä 10–20 cm näytteet otettiin Mikko-kairalla (halkaisija 2 cm) ja alemmista kerroksista typpikairalla (halkaisija 3,5 cm). Jälki vaikutuskokeen näytteet otettiin 20 cm:n kerroksista, jolloin näytteenotossa käytettiin vain typpikairaa. Kunkin koeruudun näyte koostui neljästä osanäytteestä.

Kasvustonnäytteet otettiin kesällä ja syksyllä ennen nurmisadon korjuuta. Kunkin koeruudun lannoitetulta kaistaleelta kerättiin 4 osanäytettä (0,4 m x 0,4 m alalta) satunnaisesti valituista kohdista. Kasvusto leikattiin 1 cm:n sänkeen. Näytteistä määritettiin kuiva-ainesato sekä kokonaisfosfori- ja typpipitoisuudet. Syksyllä 2001 ohrakasvusto puitiin Sampo-koeruutupuimurilla. Puidusta viljasta otettiin näytteet, joista määritettiin puintikosteus, hehtolitrapaino ja tuhannen siemenen paino. Kokonaisfosfori- ja typpimäärityksiä varten ohrakasvustosta kerättiin kultakin ruudulta neljä osanäytettä (0,4 m x 0,4 m alalta) ennen puintia.

Näytteiden analysointi

Vesinäytteistä määritettiin ortofosfaattifosfori ($\text{PO}_4\text{-P}$), kokonaisfosfori (kok-P), nitraattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$), ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$), kokonaistyyppi (kok-N) ja haihdutusjäännös. Vesinäytteiden ravinnemäärityksissä käytettiin standardien SFS 3025, SFS 3026 ja SFS 3030–3032 menetelmiä. Ortofosfaattifosforin määrityksiä varten näytteet suodatettiin kalvolla (Nuclepore® Polycar-

bonate, huokoskoko 0,2 µm). Nitraatti- ja ammoniumtyypen määrittämissä käytettiin Sartorius nitrate -kalvoja (Sartorius ACN, huokoskoko 0,45 µm). Kokonaisfosforipitoisuus mitattiin näytteestä, joka oli hapetettu autoklaavissa peroksidisulfaatin avulla. Liukoinen fosfori, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi analysoitiin Tecatorin FIAstar-autoanalysaattorilla sekä ammonium- ja nitraattityyppi Skalar-autoanalysaattorilla. 105 °C:ssa haihdutetun vesinäytteen haihdutusjäännös määritettiin gravimetrisesti. Vesinäytteiden ravinnemääritykset tehtiin MTT:n Ympäristöhallinta-vastualueen laboratoriossa.

Vesinäytteiden ravinnepitoisuus ja haihdutusjäännös laskettiin valumapainotteisesti: huuhtoutuneet ravinnemäärät laskettiin jokaisella näytteenotokerralla yhteen koejäsenittäin, jonka jälkeen yhteenlasketut ravinnemäärät jaettiin yhteenlasketun valumaveden määrällä.

Vesinäytteistä tutkittiin fekaalikoliformit, kokonaiskoliformit, enterokokit, sulfiittia pelkistävät klostridit sekä somaattiset kolifaagit ja ns. RNA-kolifaagit Kuopion yliopiston Ympäristötieteiden laitoksella. Bakteriviljelyt tehtiin suodattamalla aseptisesti 100 ml:n ja 10 ml:n näyte-erä tai sen laimennosta kalvon (0,45 µm) läpi. Klostridien määrittämisessä suodatinkalvon huokoskoko oli 0,22 µm. Vesinäytteen sisältämän saveksen tai pienen näyttemäärän takia jouduttiin joissakin tapauksissa tyytymään 70–80 ml:n näyte-erään. Kolifaagimittaukset tehtiin suoraan näytevedestä tai laimennetusta 100 ml:n näyte-erästä.

Fekaalikoliformien ja kokonaiskoliformien määrittämiseen käytettiin mFC-agaralustaa (Difco, 0677-17-3; standardi SFS 4088) sekä Les-Endo-agar (Difco 0736-17-2; SFS 3016). Varmistuskokeena fekaalikoliformeille käytettiin oksidaasia. Enterokokkien määrittämiseen käytettiin KF-streptococcus-agar (Difco 0736-17-2; SFS 3016) sekä varmistuskokeena 3 % vetyperoksidia (Oxoid CM701; standardi SFS 3014). Fekaalisten sulfiittia pelkistävien klostridien määrittämisessä käytettiin standardissa EN 26461 kuvattua, itse tehtyä agar-alustaa, joka inkuboitii anaerobiastiassa (Oxoid, Anaerobic Jar). Somaattisten DNA- ja RNA-kolifaagien määrittämiseen käytettiin yksikerrostekniikkaa ja isäntinä *E. coli* ATCC 13706 ja *E. coli* ATCC 15597 (Grabow & Coubrough 1986 muunnoksella Rajala-Mustonen & Heinonen-Tanski 1992). RNA-kolifaagien kohdalla ei tutkittu RN-aasia.

Fekaalikoliformit ja enterokokit inkuboitii vesihauteessa 44 °C lämpötilassa. Muut inkuboitii lämpökaapissa 37 °C (Memmert). Kasvatusaika oli 1 vrk paitsi enterokokeille 2 vrk. Mikrobin tiheystulokset laskettiin pesäkkeitä muodostavina yksikköinä (CFU) tai plakin muodostavina yksikköinä (PFU) 100 ml:aa kohti. Keskiarvot laskettiin eri rinnakkaisruutujen geometrisina keskiarvoina. Jos jokin tulos oli 0 (alle määrittämissä), geometrisen keskiarvon laskennassa käytettiin alarajan puolikkaasta (tavallisesti 0,5). Tilastolliset erot laskettiin t-testillä eri rinnakkaisten tiheyksien logaritmeista muuntamalla alle määrittämissä jääneet tulokset alarajan puolikkaaksi.

Lietelannan typpi- ja fosforimääritykset tehtiin Kemppaisen (1989) mukaan. Pakastetuista maanäytteistä analysoitiin ammonium- ja nitraattityppi käyttäen Esalan (1991) kuvaamaa menetelmää. Maanäytteistä tehtiin viljavuusanalyysi uuttamalla näytteet happamalla (pH 4,65) ammoniumasetatiliuoksella (Vuorinen & Mäkitie 1955). Irtoiheiden määrittämistä varten punnittiin 25 ml jauhettua maanäytettä (Tares & Sippola 1978). Irtoiheys laskettiin jakamalla näytteen massa tilavuudella. Irtoiheyttä käytettiin muunnettaessa maanäytteen tilavuuden suhteen lasketut fosforipitoisuudet (mg/l) massan suhteen ilmoitetuiksi (mg/kg).

Kasvustonäytteet kuivattiin säilytystä varten 60 °C lämpötilassa. Sadon kuiva-ainepitoisuuden määrittämistä varten näytteet kuivattiin 105 °C lämpötilassa. Kasvustonäytteiden kokonaistyyppipitoisuus määritettiin hiili-typpi-analysaattorilla (LECO). Kokonaisfosforipitoisuus mitattiin märkämpöletetuista kasvustonäytteistä plasmaemissiospektrofotometrillä (Huang & Schulte 1985).

Ammoniakin haihtuminen

Ammoniakin haihtuminen mitattiin lietelantaa saaneista ruuduista vuosina 1999 ja 2000 tehtyjen syyslevitysten jälkeen. Mittaus alkoi 5–15 min levityksen päättymisestä. Haihtumista mitattiin levityspäivänä ja kahtena seuraavana päivänä.

Mittauksessa käytettiin mikrometeorologista kammiomenetelmää (Ferm & Svensson 1992, Svensson 1994). Tässä menetelmässä ammoniakkikeräimiä sijoitetaan koeruuduille sekä ulkoilmaan että kammioihin, joissa on vakioitu ilmanvaihto. Keräimiin kertyneen ammoniakin perusteella voidaan laskea ulkoilman olosuhteissa haihtuneen ammoniakin määrä pinta-alan ja ajan suhteen. Ammoniakin haihtumispotentiaalin mittana käytettiin kammioiden ammoniakkipitoisuutta, johon ulkoilman tuuliolosuhteiden vaihtelu ei vaikuta.

Kullekin ruudulle sijoitettiin kaksi kammiota ja kaksi ulkoilman keräintelineitä. Mittaus tehtiin kolmessa kerranteessa. Haihtuneen ammoniakin kokonaismäärän laskemiseksi mittausjaksojen välisten yöaikojen haihdunnalle laskettiin arviot ottaen huomioon väliaikojen lämpötila ja tuulen nopeus (Malgeryd 1996).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Pintavalunta

Vuosittainen pintavalunta koeruuduilla oli 40–146 mm (Taulukko 3). Pintavalunta oli vähäisintä vuosina 1997 ja 2001, 40–50 mm, ja runsainta vuonna 1998, 113–146 mm. Valunnan vuosittaisiin vaihteluihin vaikutti lumensulamisvesien määrä. Joinakin vuosina oli useampia sulamiskausia vuoden lopussa ja keväällä. Sen sijaan vuosittaisella sadesummalla (586–674 mm) ei ollut suurta vaikutusta pintavalunnan vuosittaisiin eroihin.

Keväällä 1997 pintalevitysruudun 2 ja väkilannoiteruudun 8 poistoputket olivat jäässä, joten näiden ruutujen valuntaa ei voitu mitata. Kyseisten koeruutujen valuntatulokset poistettiin kevään 1997 pintavalunnoista. Myös väkilannoiteruudun 5 valuntatulokset jäivät saamatta neljänä näytteenottokertana. Syksyllä 1997 jätettiin huomioimatta pintalevitysruudun 2 ja sijoitusruudun 6 pintavalunta poistoputkien venttiilivian takia.

Pintavaluntaa esiintyi pääasiassa syksyllä, kun maahuokokset olivat täyttyneet vedellä, tai keväällä lumen sulaessa ja maan ollessa vielä roudassa. Kesällä pintavalunta oli vähäistä. Poikkeuksellisen runsasta pintavalunta oli kesäkuussa 1998 ennen lietalannan levitystä. Suuria valuntoja mitattiin myös syksyllä 1998 lietalannan levityksen jälkeen, keväällä 1999 ja nurmen kynnön jälkeen syksyllä 2000. Muulloin pintavalunta oli vähäistä. Kesällä lietalantalevityksen jälkeen pintavaluntaa ei yleensä ollut.

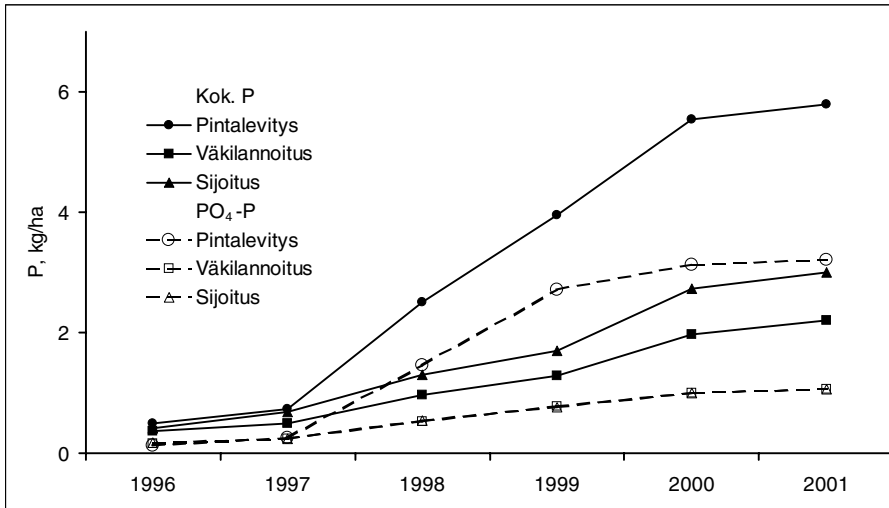
Väkilannoiteruuduilla pintavalunta oli tavallisesti pienempi kuin lietalantuuduilla. Eron synä ei ilmeisesti ollut lannoitus tai kasvusto vaan ruutujen erilaiset hydrologiset ominaisuudet. Väkilannoiteruudut 5 ja 8 olivat kentän toisessa laidassa, jossa pintavalunta oli vähäisempää kuin muilla ruuduilla. Keväällä 1997 väkilannoiteruuduilla oli ongelmia valunnan mittauksessa, kun säiliöiden poistoputket jäätyivät.

Haihdotusjäännös

Haihdotusjäännöstä käytetään yleensä kuvaamaan eroosioaineksen määrää pintavalunnassa. Tässä tutkimuksessa haihdotusjäännös oli pieni nurmelta tullessa valumavedessä (Taulukko 3). Kun nurmi kynnettiin syksyllä 2000, eroosioaineksen määrä kasvoi ollen loka–joulukuun aikana 330–540 kg/ha. Myöhäinen nurmenkyntö ja 10 m leveät suojakaistat pidättivät osan eroosioaineksesta. Seuraavana keväänä eroosiokuorma oli saman suuruinen kuin aikaisempina vuosina oli mitattu nurmella.

Taulukko 3. Sadanta, pintavalunta ja haihdutusjäännös lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla 1996–2001. Sadanta mitattiin Jokioisten observatoriossa kilometrin päässä koekentästä. Nurmi kynnettiin 26.10.2000.

Jakso	Sadanta, mm	Valunta, mm			Haihdutusjäännös, kg/ha		
		Pinta- levitys	Sijoitus	Väki- lannoitus	Pinta- levitys	Sijoitus	Väki- lannoitus
01.01–18.06.96	204	70	70	60	330	190	170
19.06–31.12.96	391	20	10	5	60	40	10
summa	595	90	80	65	390	230	180
01.01–27.06.97	291	30	40	50	80	200	50
28.06–31.12.97	383	10	10	4	30	30	10
summa	674	40	50	54	110	230	60
01.01–29.06.98	299	100	100	80	150	180	110
30.06–16.10.98	208	6	5	3	10	8	2
17.10–31.12.98	120	40	40	30	140	80	30
summa	627	146	145	113	300	268	142
01.01–30.06.99	221	110	120	100	80	100	40
01.07–27.10.99	243	0	0	0	0	0	0
28.10–31.12.99	122	10	10	3	30	40	8
summa	586	120	130	103	110	140	48
01.01–22.06.00	209	50	50	40	80	80	20
23.06–23.10.00	271	1	0	1	6	1	1
24.10–31.12.00	172	30	30	20	500	540	330
summa	652	81	80	61	586	621	351
01.01–08.05.01	151	20	30	30	60	90	80
09.05–16.09.01	352	0	0	0	0	0	0
17.09–31.12.01	150	20	20	10	90	100	80
summa	653	40	50	40	150	190	160



Kuva 4. Kokonaisfosforin (Kok-P) ja ortofosfaattifosforin (PO₄-P) määrät kumulatiivisena summana pintavalunnassa lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla 1996–2001.

Kokonaisfosforikuormitus

Vuosina 1996–1997, jolloin lietalantaa levitettiin vain kesällä, vuosittainen kokonaisfosforikuormitus pintavalunnassa oli 0,2–0,5 kg/ha (Kuva 4). Kevätvalumakaudella 1998 kaikista koekäsittelyistä kulkeutui pintavalunnan mukana saman verran kokonaisfosforia (0,3–0,4 kg/ha) kuin keväällä 1996 ennen lietalantalevitysten aloittamista. Sen sijaan ortofosfaattifosforikuormitus oli kaksinkertainen pintalevitysruuduilla verrattuna keväeseen 1996. Muilla ruuduilla ortofosfaattifosforin kuormitus oli pysynyt ennallaan, vaikka pintavalunnan määrä olikin kasvanut. Suuri osa kevätkauden 1998 kokonaisfosforikuormituksesta tuli ennen lietalannan levitystä juhannuksena, jolloin koekentällä satoi 39 mm yhdessä päivässä.

Kun lietalantaa alettiin levittää 250 m²:n alalle ja syyslevityksenä, kokonaisfosforikuormitus lietalannan pintalevitysruuduilta kasvoi. Syksyllä 1998 maa oli märkää lietalantaa levittäessä ja levitystä seuranneet sateet aiheuttivat pintavaluntaa. Suuri osa syksyn 1998 kokonaisfosforikuormasta tulikin loka-kuun lopussa lietalannan syyslevityksen jälkeen. Kuormitus jatkui huhtikuussa, kun lannan fosforia kulkeutui lumensulamisesien mukana.

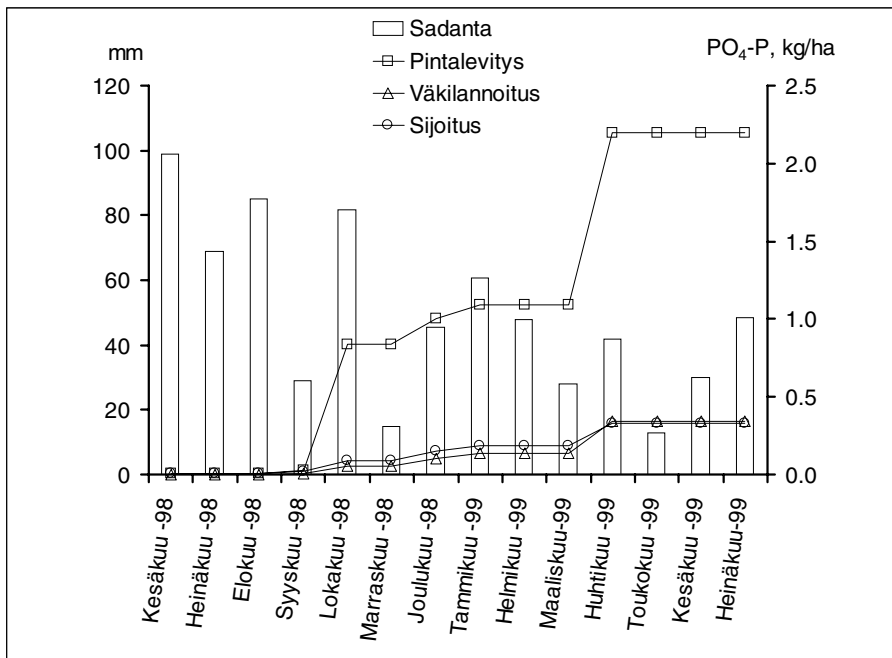
Lietelannan pintalevitysruuduilta tullut kokonaisfosforikuormitus oli huomattavasti suurempi kuin muista koekäsittelyistä. Lokakuun puolivälistä 1998 kesäkuun 1999 loppuun pintavalunnan mukana kulkeutui kokonaisfosforia 2,7 kg/ha lietalannan pintalevitysruuduilta, 0,6 kg/ha lietalannan sijoitusruuduilta ja 0,4 kg/ha väkilannoiteruuduilta.

Syksyllä 1999 sekä pintavalunta että kokonaisfosforikuormitus olivat pienet. Kevään 2000 pintavalunta, 40–50 mm, ei myöskään aiheuttanut suurta kuormitushuippua. Sen sijaan syksyllä 2000 maan kyntäminen ja runsas pintavalunta yhdessä aiheuttivat pintalevitysruduilta 1,1 kg/ha kokonaisfosforikuorman. Sijoitusruuduilta kuormitus oli 0,8 kg/ha ja väkilannoiteruduilta 0,4 kg/ha.

Ortofosfaattifosforin kuormitus

Kokonaisfosforin tavoin myös liukoisen fosforin eli ortofosfaattifosforin (PO₄-P) kuormitus kasvoi, kun lannan levitysala ja levityskertojen määrä kasvoivat (Kuva 4). Ortofosfaattifosforin kuormitus kasvoi erityisesti lietelannan pintalevitysruduilla syksyllä 1998 ja keväällä 1999 (Kuva 5).

Lietelannan pintalevitysruduilta ortofosfaattifosforikuormitus oli vähän isompi kuin muilta ruuduilta keväällä 2000. Sen sijaan sijoitusruuduilta ortofosfaattifosforin kuormitus oli samalla tasolla kuin väkilannoiteruduilta,



Kuva 5. Sadanta kuukausittain ja ortofosfaattifosforin (PO₄-P) määrä kumulatisena summana pintavalunnassa lietelannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla syksyllä 1998 ja keväällä 1999. Sademäärä mitattiin Jokioisten observatoriossa noin kilometrin päässä koekentästä.

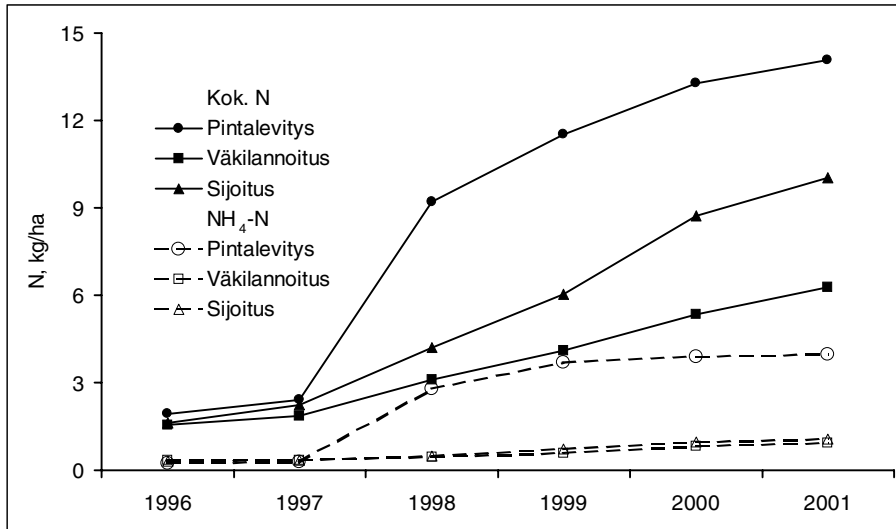
joita lannoitettiin vain keväällä ja kesällä. Väkilannoiteruuduilta potentiaallinen ortofosfaattifosforikuormitus saattoi jopa olla hieman suurempi kuin sijoitusruuduilta, kun otetaan huomioon, että väkilannoiteruuduilta pintavalunta oli pienempi. Lisäksi väkilannoitteessa fosforia levitettiin huomattavasti vähemmän kuin lietalannassa.

Nurmen kynnön jälkeen syksyllä 2000 ortofosfaattifosforikuormitus oli lietalantaruuduilta suurempi (0,07–0,13 kg/ha) kuin väkilannoiteruuduilla (0,02 kg/ha). Suojaviljaan kylvetyllä nurmella ortofosfaattifosforin kuormitus oli vuonna 2001 sama kaikilta koeruuduilta.

Fosforikuormituksen tavoin myös kokonaisfosfori- ja ortofosfaattifosforipitoisuudet olivat suuria pintavalunnassa heti lietalannan pintalevityksen jälkeen (Liite 2). Lokakuun lopussa 1998 lietalannan pintalevitysruduilta valuneissa vesissä oli korkea kokonaisfosforipitoisuus (16,0 ja 9,0 mg/l) ja ortofosfaattifosforin pitoisuus (10,3 ja 7,1 mg/l). Sijoitusruutujen valumaveden suurin kokonaisfosforipitoisuus oli 2,2 mg/l ja väkilannoiteruutujen 0,7 mg/l. Vastaavat ortofosfaattifosforipitoisuudet olivat 1,1 mg/l sijoitusruutujen ja 0,5 mg/l väkilannoiteruutujen vesissä.

Lietelannan sijoitusruuduilta ja väkilannoiteruuduilta kokonais- ja ortofosfaattifosforikuormitus olivat huomattavasti pienempiä kuin lietalannan pintalevitysruduilta. Fosforikuormitus olisi ollut vieläkin suurempi, jos lantaa olisi levitetty koko ruudun alalle. Kahtena ensimmäisenä kesänä lietalantaa ja väkilannoitetta levitettiin vain 150 m²:n nurmialalle. Seuraavina kolmena vuotena levitysala oli 250 m². Levitysalan osuus ruudun kokonaisalasta oli siten vain 40 % ensimmäisessä tutkimuksessa ja 60 % toisessa tutkimuksessa. Koeruutujen ala- ja yläosiin jätettiin 10 m leveät suojakaistat ja ruutujen reunoihin 1,5 m tai 0,5 m leveät kaistaleet, joille lantaa ei levitetty.

Viiden vuoden aikana lietalannan mukana levitettiin kokonaisfosforia 260–280 kg/ha noin puolelle koeruudun alasta. Ympäristötukijärjestelmän mukaisesti 75 % lannan kokonaisfosforista arvioitiin kasveille käyttökelpoiseksi. Siten lannoitettu nurmiala sai lietalannassa käyttökelpoista fosforia keskimäärin 40 kg/ha vuodessa. Ympäristötukiehtojen mukaan fosforia saa levittää korkeintaan 30 kg/ha välttävässä ja 20 kg/ha tyydyttävässä viljavuusluokassa. Koealueen viljavuusfosforiluokka oli tyydyttävä. Fosforilannoitus oli siten suurempi kuin nurmen laskennallinen fosforitarve. Jos lietalannan mukana levitetyn fosforin määrä jaetaan koko koeruudun alalle, kasveille käyttökelpoisen fosforin määräksi tulee noin 20 kg/ha, mikä vastaa ympäristötuen ehtoja.



Kuva 6. Kokonaistypen (Kok-N) ja ammoniumtypen (NH₄-N) määrä kumulatiivisena summana pintavalunnassa lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla 1996–2001.

Typpikuormitus

Pintavalunnan mukana kulkeutunut vuosittainen kokonaistypin määrä oli yleensä pieni, 0,5–7 kg/ha (Kuva 6). Suurin kuormitus tuli ruuduilta, joissa lietalanta oli levitetty nurmen pintaan.

Lokakuussa 1998 kokonaistypin määrä oli 5 kg/ha lietalannan pintalevitysruuduilta, 0,4 kg/ha lietalannan sijoitusruuduilta ja 0,1 kg/ha väkilannoiteruuduilta. Levitystä seuraavina kolmena päivänä huuhtoutui pintavalunnan mukana pintalevitysruuduilta kokonaistypin määrää 3,1–4,5 kg/ha, sitä seuraavina kahtena päivänä 0,7–1,0 kg/ha ja seuraavan viikon aikana 0,1–0,4 kg/ha. Pintavalunnan määrä oli noin 4 mm jokaisella näytteenottokerralla. Syynä pintavaluntaan olivat lannan levityksen jälkeiset sateet. Neljänä levityksen jälkeisenä päivänä satoi yhteensä 37 mm.

Huhtikuussa 1999 sulamisvesien mukana kulkeutui kokonaistypin määrää 1,9 kg/ha lietalannan pintalevitysruuduilta, 1,2 kg/ha sijoitusruuduilta ja 0,8 kg/ha väkilannoiteruuduilta. Nurmen kynnön jälkeen kokonaistypin määrä oli 0,5–1,6 kg/ha syksyllä 2000 ja 0,4–0,8 kg/ha keväällä 2001. Lietalannan sijoitusruuduilla kokonaistypin määrä oli kynnön jälkeen suurempi kuin pintalevitysruuduilla.

Nitraatti- ja ammoniumtypin määrät pintavalunnassa olivat yleensä alle kilon hehtaarilta vuodessa. Poikkeuksena oli syyskuu 1998, jolloin lietalannan pintalevityksen jälkeen ammoniumtypin määrä oli 2,5 kg/ha.

Pintavalunnan kokonaistyyppipitoisuudet olivat yleensä alle 4 mg/l. Suuria kokonaistyyppipitoisuuksia mitattiin lokakuussa 1998 lietalannan pintalevityksen jälkeen kolmen päivän ajalta (71–117 mg/l). Sijoitusruuduilla vastaavat pitoisuudet olivat 6,2–9,8 mg/l ja väkilannoiteruuduilla 1,1–1,4 mg/l. Vielä neljän–viiden päivän kuluttua kokonaistyyppipitoisuus oli 16,2–23,5 mg/l pintalevitysruuduilla ja 1,8–2,0 mg/l sijoitusruuduilla.

Välittömästi lietalannan levityksen jälkeen pintavalunnassa oli enemmän ammoniummuodossa kuin nitraattimuodossa olevaa tyyppiä (Liite 3). Jonkin ajan kuluttua levityksestä nitraattityypin pitoisuus oli ammoniumtyypin pitoisuutta suurempi. Nitraattityyppiä oli tavallisesti alle 1 mg/l. Joulukuussa 1999, tammikuussa 2000 ja syksyllä 2000 nitraattityypipitoisuus oli suurimmillaan lietalannan sijoitusruuduilla ollen jopa 3,3 mg/l. Samaan aikaan pintalevitysruuduilla mitattiin pienempiä nitraattityypin pitoisuuksia kuin sijoitusruuduilla.

Mahdollinen syy sijoitusruutujen suurempiin nitraattityypipitoisuuksiin oli se, että sijoitetun lannan ammoniumtyppi oli paremmin nitrifikaatiobakteerien saatavilla kuin pintaan levitetyn lannan. Myös bakteerien kasvuolosuhteet ovat maassa usein paremmat kuin maan pinnalla. Nitraattityypin määrää pintalevitysruuduissa saattoi alentaa myös ammoniakkin haihtuminen, joka vähensi heti levityksestä alkaen nitrifioitavissa olevaa ammoniumia.

Mikrobit pintavalunnassa

Ensimmäisen tutkimuksen loppuessa minkään ruudun pintavalunnasta ei voitu syksyllä 1997 osoittaa kolifaageja tai fekaalisia klostrideja. Kokonaiskoliformisia bakteereita, fekaalikoliformeja sekä enterokokkeja löytyi, mutta niiden määrät olivat pieniä.

Toisen tutkimuksen aikana, kun lietalantaa levitettiin 250 m²:n alalle ja myös syksyllä, ulostesaastumista kuvaavia mikrobeja löytyi pintavalunnasta. Vuoden 1998 sekä seuraavan kevään 1999 tulokset on esitetty taulukossa 4.

Tulos 28.10.1998 (ei taulukoitu) muistutti läheisesti 21.10.1998 otetun näytteen tuloksia osoittaen pintavalunnan olevan lietalannan sijoitusruuduilla puhtaampaa kuin pintalevitysruuduilla, mutta ei kuitenkaan yhtä puhdasta kuin väkilannoitetuilla ruuduilla. Erot olivat eräissä tapauksissa tilastollisesti merkitseviä.

Syksyn 1999 ensimmäisenä näytteenotokertana (27.10.) ei saatu näytteitä kaikilta ruuduilta. Mikrobiluvut olivat varsin matalia ja useimmissa näytteissä ne olivat alle määrittäysrajojen kolifaagien ja sulfiiattia pelkistävien fekaaliklostridien sekä usein myös fekaalikoliformien osalta.

Syksyn 1999 ja vuoden 2000 osalta tuloksia on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4. Ulostesaastunutta kuvaavien eri mikrobien lukumäärien geometriset keskiarvot eri lietalantalevitystapojen jälkeen pintavalunnassa vuosina 1998–1999.

Näytteenottopäivä	Lannoitus	Mikrobiluku, kpl/100 ml					
		KF6	KF7	SPK	FKO	KKO	ENK
2.3.1998, edellisestä lannan levityksestä 249 päivää	Pintalevitys	AM1 ¹⁾	0,8am ²⁾	AM	AM	3,8	33*
	Sijoitus	AM	AM	0,8am	1,1am	5,4	15
	Väkilannoitus	AM	AM	AM	0,7am	2,8	1,4
11.5.1998, edellisestä lannan levityksestä 319 päivää	Pintalevitys	AM	AM	AM	5,2am	161*	270
	Sijoitus	AM	AM	AM	7,2	34	67
	Väkilannoitus	AM	AM	AM	1,7am	33	25
21.6.1998, rankkasateen jälkeen, 360 päivää edellisestä lannan levityksestä	Pintalevitys	1 200	1 200	1	2 900	2 100	4 400
	Sijoitus	220	1 100	1	10 000	10 000	10 000
	Väkilannoitus	29	1 300	10	5 300	3 600	17 000
1.9.1998, edellisestä lannan levityksestä 64 päivää	Pintalevitys	1,1am	AM	AM	430	550	370
	Sijoitus	0,6am	AM	AM	53	41	5,1
	Väkilannoitus	AM	AM	AM	52	77	6,6am
21.10.1998 sadepäivien jälkeen, 5 päivää edellisestä lannan levityksestä	Pintalevitys	2700 ^{***3)}	130 ^{***}	1500 ^{***}	880+	19 000	4 800
	Sijoitus	110 ^{***c)}	1 ^{c)}	69 ^{*c)}	350+	6 100	460
	Väkilannoitus	0,7am	AM	AM	740+	770	140
12.4.1999, edellisestä lannan levityksestä 180 päivää	Pintalevitys	2,5	AM	AM	6,5+	170	160
	Sijoitus	22 ^{***c)}	0,9am	AM	4,0+	240	37
	Väkilannoitus	AM	AM	AM	1,4+	270	7,1

KF6 = somaattiset kolifaagit (isäntä E. coli ATCC 13706), KF7 = RNA-kolifaagit (isäntä E. coli ATCC 15597), SPK = sulfiittia pelkistävät fekaaliset klostridit, FKO = fekaalikoliformit joista +-merkillä merkityt on vielä varmistettu oksidaasitestein aidoiksi fekaalikoliformeiksi, KKO = kokonaiskoliformit, ENK = enterokokit.

²⁾ AM = alle määritysrajan kaikissa rinnakkaisissa (=1).

³⁾ am = tulos on jäänyt alle määritysrajan osassa rinnakkaisista.

⁴⁾ Tilastollinen ero väkilannoitukseen verrattuna * p<5 %, ** p<1 % ja ***p<0,1 %. c = tulokset pintalevitetty ja sijoitettu poikkeavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Syksyllä 2000 otettiin viimeinen näyte 11. joulukuuta, jolloin mikrobiluvut pintavalunnassa olivat jo laskussa laimenemisen ja mikrobien tuhoutumisen takia. Nurmi oli kynnetty 1,5 kuukautta aikaisemmin. Esimerkiksi sulfiittia pelkistäviä klostrideja ei enää voitu osoittaa pintavalunnasta. Myös lähes kaikki RNA-kolifaagien tulokset olivat alle määritysrajan tai lähellä sitä. Somaattisten kolifaagien lukumäärät (plakin muodostavia yksiköitä kpl/100 ml) olivat 108 pintalevitysruduilla, 390 lietalannan sijoitusruuduilla ja alle määritysrajan väkilannoiteruduilla. Nämä erot olivat väkilannoitukseen verrattuna tilastollisesti erittäin merkitseviä (p<0,1 %). Myös lietalannan pintalevitys ja sijoitus erosivat toisistaan merkitsevästi (p<1 %).

Taulukko 5. Ulostesaastuntaa kuvaavien eri mikrobin lukumäärien geometriset keskiarvot eri liotelantalevitystapojen jälkeen pintavalunnassa syksyllä 1999 ja vuonna 2000.

Näytteenottopäivä	Lannoitus	Mikrobiluku, kpl/100 ml					
		KF6	KF7	SPK	FKO	KKO	ENK
1.12.1999, edellisestä lannan levityksestä 35 päivää	Pintalevitys	1,5am	0,9am	55	3 100+	2 100	510
	Sijoitus	100** ^c	74** ^c	38	1 100+	1 500	720*
	Väkilannoitus	1,5 am	AM	3,9	940+	480	140
3.4.2000, edellisestä lannan levityksestä 158 päivää	Pintalevitys	AM	0,6am*	AM	14*** ^c	76 000	61am
	Sijoitus	AM	AM*	AM	AM	88 000	9,3
	Väkilannoitus	AM	13	AM	AM	38 000	13
31.10.2000, edellisestä lannan levityksestä 8 päivää	Pintalevitys	4 500**	210**	130***	9 600+	9 700***	10 000**
	Sijoitus	3 000**	120**	39am	7 000+	2 000	10 000***
	Väkilannoitus	24	1,4am	AM	3 400+	1 400	900
6.11.2000, edellisestä lannan levityksestä 14 päivää	Pintalevitys	3 700**	23**	3am	720+	1 800	3 800
	Sijoitus	5 000**	29**	16am	790+	3 000*	3 800
	Väkilannoitus	25	AM	AM	380+	710	3 400

Lukumäärät ovat CFU/100 ml tai PFU/100 ml. Selitykset kuten taulukossa 4.

Lietelannalla lannoitettujen koeruutujen pintavalunnassa oli usein selvästi enemmän ulostemikrobeja kuin väkilannoiteruuduilla. Lietelannan sijoitus paransi selvästi valumavesien laatua syksyllä 1998 ja jossain määrin syksyllä 2000 kuten näkyy taulukon 4 tuloksista 21.10. (sekä 28.10, jota ei taulukoitu) ja taulukon 5 tuloksista 31.10. Muina kertoina liotelannan sijoitusta ei olisi kannattanut valita pintalevitystä korvaamaan.

Pintavalunnan mikrobit olisivat selvästi merkinneet riskiä alapuolisille vesille, jos näitä vesiä olisi käytetty uimavetenä, karjan juomavetenä tai tuoreina syötävien kasvien kasteluun. Kaikki valumavedet eivät olisi täyttäneet edes EU:n uimavesidirektiivivaatimuksia (ETY 8.12.1975/160), joiden mukaan vedessä tavoitearvo fekaalikoliformeille ja enterokokeille on 100 kpl/100 ml ja kokonaiskoleille 500 kpl/100 ml. Saman vaatimuksen mukaan ehdoton laatuvaatimuksen yläraja fekaalikoliformeille on 2 000 kpl/100 ja kokonaiskoliformeille 10 000 kpl/100 ml, mitä kaikki tulokset eivät täyttäneet. Suomen oma kansallinen laatuvaatimuksemme fekaalikoliformeille on vielä tiukempi (500 kpl/100 ml), joten luonnollisesti tämä raja rikkoutui vielä useammin. Voimakkaimpien sateiden jälkeen ulostemikrobeja oli saattanut kulkeutua liotelannoitusruuduilta pintavalunnan mukana väkilannoitusruuduille, joissa myös havaittiin raja-arvojen ylityksiä. Esimerkiksi Italiassa ja Kaliforniassa raakana syötävien kasvien kasteluedelle on asetettu kokonaiskoliformeille raja-arvoksi 2 kpl/100 ml. Tätä rajaa ei alittanut juuri mikään tutkituista vesinäytteistä – ei edes väkilannoiteruuduilta kerätty pintavalunta.

Tulokset antavat aiheita harkita, olisiko suojakaistoista huolehdittava nykyistä paremmin ja olisiko tutkittava niiden tehoa myös ulostemikrobien suhteen. Toinen mahdollisuus voisi olla lietalannan hygienisointivaatimus esimerkiksi ilmastamalla – ainakin paikoissa, jotka ovat poikkeuksellisen herkkiä tai tärkeitä vedenhankinnan kannalta. Ainakin jos alueelliset eläintehdydet kasvavat, lietalannan hygienisointia voisi pitää hyvin tarpeellisena. Hygienisointivaatimusta kaavaillaan myös EU:n valmisteilla olevaan ohjeistukseen eläinperäisen jätteen käsittelystä (Council of the European Union 2001).

Tutkituista mikrobeista molemmat kolifaagit sekä sulfiittia pelkistävät fekaaliset klostridit osoittautuivat selvemmin vain ulostesaastuntaan liittyviksi. Kun lietalannan levityksestä oli kulunut pitkä aika, näitä mikrobiryhmiä ei voitu enää osoittaa. Fekaalikoliformit ilmeisesti säilyivät melko hyvin maassa ja irtosivat maasta suhteellisen hyvin.

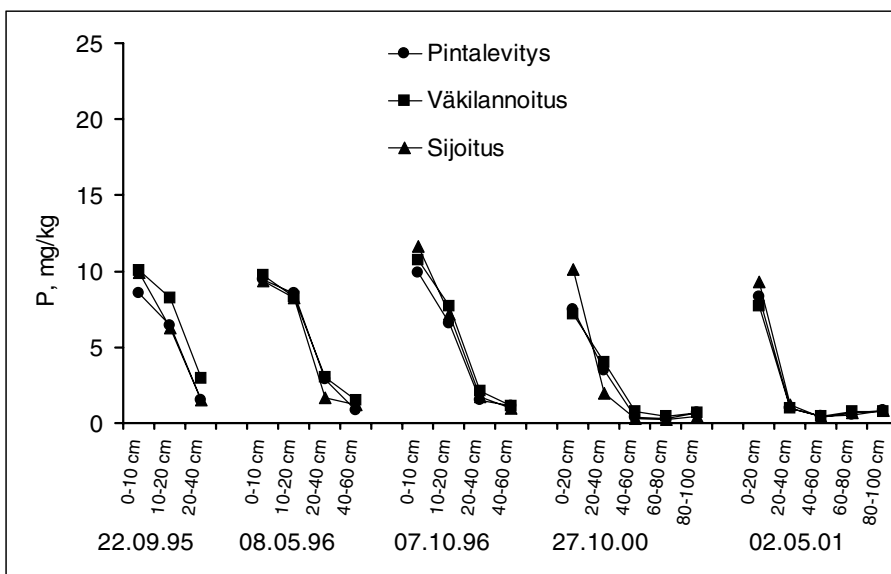
Erityisen kriittisesti on suhtauduttava kokonaiskoliformeihin, vaikka niille on olemassa Euroopan Unionin uimavesidirektiivissä laatuvaatimusnorminsa. Kokonaiskoliformit eivät sovellu oikein hyvin tässä työssä indikaattoriorganismeiksi – mahdollisesti pellon kasvillisuudesta johtuen. Samoin on syytä epäillä niiden soveltuvuutta kasteluveden laadulle. Sama soveltumattomuus saattaa osittain koskea myös enterokokkeja, jotka nekin voivat osin olla peräisin myös kasvillisuudesta.

Kaikki tutkitut mikrobit voivat säilyä suomalaisessa maassa yli vuoden ajan eikä talvi tuhoa niitä. Päinvastoin pimeys (Sinton ym. 1999) ja kylmyys suojaavat tällöin mikrobeja auringon valon tuhoavalta vaikutukselta. Hyvin monen päivän voimakas sade pystyi irrottamaan mikrobeja maasta pintavalunnan mukaan. Tätä tietoa voitaisiin hyödyntää huolehtimalla alapuolisissa vedenottamoissa rankkasateiden jälkeen veden erityisen huolellisesta desinfioinnista niissäkin tapauksissa, joissa desinfiointia ei yleensä tehdä.

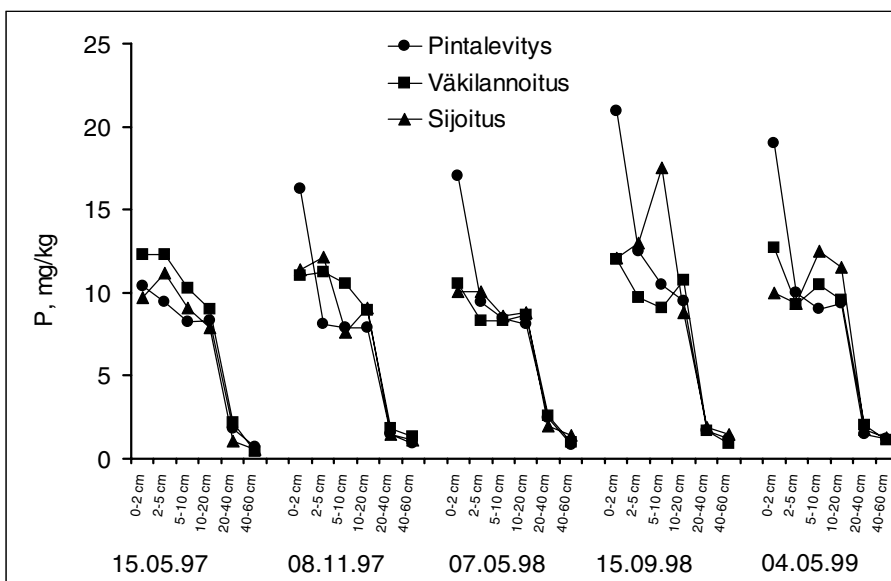
Maan fosfori- ja typpipitoisuudet

Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuudet

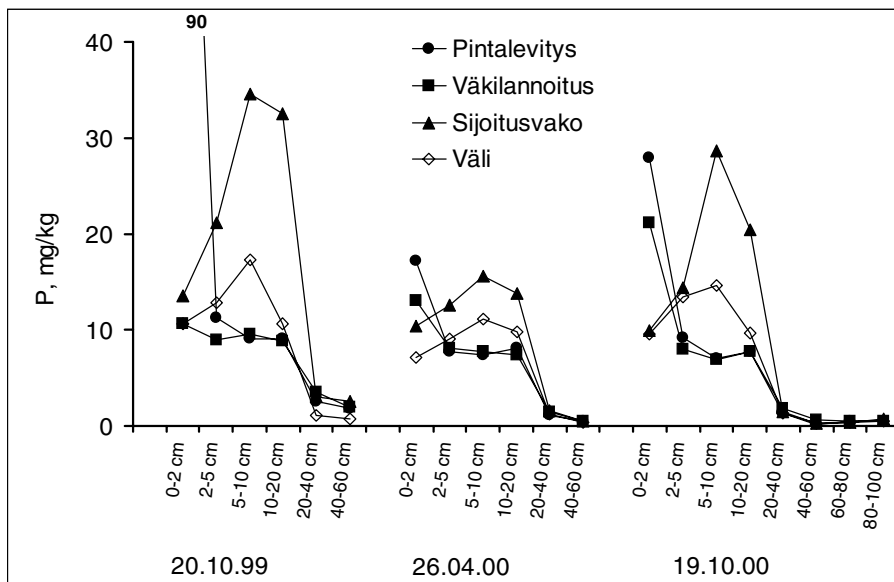
Tutkimuksen alkaessa keväällä 1996 helppoliukoisen fosforin pitoisuudet ylimmässä maakerroksessa (0–10 cm) olivat 8,2–11,6 mg/kg. Syvyydessä 10–20 cm fosforia oli hieman vähemmän (7,5–9,5 mg/kg) (Kuva 7). Kesällä tehdyn lietalannan levityksen jälkeen fosforipitoisuudet olivat 0–10 cm:n syvyydessä syksyllä 1996 hieman alkutilannetta suuremmat (9,6–12,6 mg/kg). 0–2 cm:n syvyydestä lietalannan pintalevitysruduista mitattiin suurempia fosforipitoisuuksia (Kuva 8) kuin aiemmin 0–10 cm:n syvyydestä. Pintalevityn lietalannan fosforia oli kertynyt maan pintaan.



Kuva 7. Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuudet eri näytteenottosyvyyksissä lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduissa sekä väkilannoiteruuduissa 1995–1996 ja 2000–2001.



Kuva 8. Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuudet eri näytteenottosyvyyksissä lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduissa sekä väkilannoiteruuduissa 1997–1999.



Kuva 9. Maan helppoliukoisien fosforin pitoisuudet eri näytteenottosyvyyksissä lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduissa sekä väkilannoiteruuduissa 20.10.1999–19.10.2000. Sijoitusruuduilla näytteet on otettu sijoitusvakoista ja niiden välistä.

Lietelannan sijoitusruuduissa eniten fosforia oli 5–10 cm:n syvyydessä. Vaihtelu yksittäisten koeruutujen välillä oli suurta. Syksystä 1999 lähtien maanäytteet alettiin ottaa erikseen sijoitusvakojen kohdalta ja vakojen välistä (Kuva 9). Vakojen kohdalta otetuissa näytteissä suurimmat pitoisuudet olivat syvyyksissä 2–5 cm (17,7–23,6 mg/kg), 5–10 cm (25,6–43,6 mg/kg) ja 10–20 cm (11,3–68,5 mg/kg). Sijoitusvakojen välissä maan fosforipitoisuudet olivat samoissa syvyyksissä 8,2–26,8 mg/kg.

Kesä 1999 oli vähäsateinen, joten fosforia ei kulkeutunut maan pintaan levitetystä lannasta syvemmälle maahan. Syksyllä lietalannan pintalevitysruuduissa maan pintakerroksen (0–2 cm) fosforipitoisuudet olivatkin suuria, keskimäärin 90 mg/kg (vaihteluväli 25,7–187 mg/kg). Näytteenoton jälkeen levitettiin lietalantaa vielä seuraavan vuoden satoa varten, jolloin maan fosforipitoisuus kasvoi entisestään. Seuraavana keväänä maan pintakerroksen fosforipitoisuus oli kuitenkin pienempi (15,3–18,6 mg/kg) kuin syksyllä 1999. Myös syksyllä 2000 fosforipitoisuus oli suuri 0–2 cm:n syvyydessä pintalevitysruuduilla (25,1–30,9 mg/kg) ja väkilannoiteruuduilla (20,0–22,4 mg/kg) sekä 5–10 cm:n syvyydessä sijoitusruuduilla (24,4–35,4 mg/kg).

Nurmen kyntö tasoitti fosforin pitoisuuserot eri käsittelyjen väliltä. Kynnön jälkeen 0–20 cm:n syvyydessä fosforipitoisuus oli samalla tasolla kuin koeken alussa 0–10 cm:n syvyydessä (Kuva 7).

Maan epäorgaaninen tyyppi

Maan epäorgaaninen tyyppi oli pääasiassa ammoniummuodossa. Sijoitetun lietalannan tyypestä suuri osa jäi 5–20 cm:n syvyyteen. Syksyllä 1997 lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduissa havaittiin epäorgaanisen tyypin määrissä suurta vaihtelua eri ruutujen välillä. Syynä vaihteluun oli se, että epäorgaanisen tyypin määrät olivat suuremmat sijoitusruudussa 1 (57 kg/ha) ja pintalevitysruudussa 2 (37 kg/ha) kuin muissa saman käsittelyn saaneissa ruuduissa. Kahdessa muussa sijoitusruudussa epäorgaanisen tyypin määrät olivat 8 kg/ha ja 16 kg/ha ja kahdessa pintalevitysruudussa 7 kg/ha. Koekentän kahdessa väkilannoiteruudussa, joissa epäorgaanista tyyppiä oli 8 kg/ha ja 10 kg/ha, vastaavaa vaihtelua ei ollut havaittavissa. Keväällä 1998 epäorgaanisen tyypin määrät (9–15 kg/ha) olivat lähes yhtä suuria kaikissa koeruuduissa (Taulukko 6).

Syksyllä 1998 ammoniumtyyppiä oli 60–100 cm:n syvyydessä 14 kg/ha pintalevitysruudulla 2 ja 9 kg/ha sijoitusruudulla 3. Osa tästä tyypestä saattoi muuttua nitraattimuotoon ja huuhtoutua talven aikana salaojaveteen, koska keväällä 1999 epäorgaanisen tyypin määrät olivat 60–100 cm:n syvyydessä pienemmät (1,7–3,5 kg/ha) kuin edellisenä syksynä. Nitraattimuodossa olevaa tyyppiä ei löytynyt lainkaan syksyllä 1998 syvemmistä maakerroksista (40–60 ja 60–100 cm). Keväällä 1999 alimmassa näytteenottokerroksessa oli nitraattityyppiä vain väkilannoiteruudussa 5 (0,3 kg/ha) ja pintalevitysruudussa 4 (0,04 kg/ha). Ylemmissä näytteenottokerroksissa oli nitraattityyppiä yhteensä 1–2 kg/ha pintalevitysruuduissa, 2–3 kg/ha väkilannoiteruuduissa ja 6–9 kg/ha sijoitusruuduissa.

Keväällä 1999 sijoitusruutujen typpimäärissä oli hyvin suurta hajontaa. Syynä suureen vaihteluun oli se, että sijoitusvakojen kohdalla pitoisuudet ovat suuria ja niiden välissä pieniä. 10–20 cm:n syvyydessä oli ammoniumtyyppiä 9–18 kg/ha ja nitraattityyppiä 3–8 kg/ha. Sijoitusruudussa 6 oli ammoniumtyyppiä 45 kg/ha 5–10 cm:n syvyydessä. Sijoitusruuduissa osa 5–20 cm:n syvyydessä olevasta ammoniumtyypestä oli nitrifioitunut nitraattitypeksi.

Sijoitusruuduista alettiin syksystä 1999 lähtien ottaa maanäytteet erikseen sijoitusvakojen kohdalta ja niiden välistä. Kesä 1999 oli vähäsateinen. Syksyllä sijoitusvakojen kohdalla epäorgaanista tyyppiä oli metrin maakerroksessa 110 kg/ha ruudussa 1 ja 46 kg/ha ruudussa 3 ja 55 kg/ha ruudussa 6. Suurin osa tyypestä oli jäänyt 5–20 cm:n syvyyteen ja 30–50 % siitä oli nitraattityppimuodossa (Taulukko 6). Sijoitusvakojen välissä oli epäorgaanista tyyppiä 21–28 kg/ha. Pintalevitysruuduissa tyyppiä oli 16–25 kg/ha ja väkilannoiteruuduissa 23–33 kg/ha. Kaikissa koeruuduissa oli epäorgaanista tyyppiä 4–6 kg/ha 60–100 cm:n syvyydessä. Lietelantaruudut saivat syksyllä lannasta liukoista tyyppiä 60–70 kg/ha, mikä suurensi tyypin huuhtoutumisriskiä.

Taulukko 6. Ammoniumtyypen (NH₄-N) ja nitraattityypen (NO₃-N) määrät maassa 0–60 ja 60–100 cm:n syvyydessä 1996–2001.

Päivämäärä.	Syvyys cm	Väkilannoitus		Pintalevitys		Sijoitus/ Sijoitusvako		Sijoitus/ väli	
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
07.10.96	0–60	8	2	7	1	7	2		
08.11.97	0–60	17	1	29	1	36	2		
07.05.98	0–60	11	2	10	1	9	1		
15.09.98	0–60	9	1	12	1	12	1		
	60–100	3	0,04	7	0,01	5	0		
04.05.99	0–60	9	3	12	2	35	8		
	60–100	3	0,2	3	0,01	2	0		
20.10.99 ¹⁾	0–60	16	5	14	2	38	27	16	4
	60–100	5	1,2	4	0,6	3	0,7	4	0,7
26.4.00 ¹⁾	0–60	13	5	10	7	22	14	13	8
	60–100	4	1,4	2	2	3	0,3	3	0,8
16.10.00 ¹⁾	0–60	8	3	8	2	15	3	10	2
	60–100	3	0,3	2	0,2	2	0,3	2	0,3
27.10.00	0–60	13	8	17	1,3	44	2		
	60–100	1	0,4	1	0,1	2	0,2		
20.11.00	0–60	12	3	14	1,3	22	4		
	60–100	2	0,3	2	0,1	2	0,3		
02.05.01	0–60	8	5	17	3	16	5		
	60–100	2	1,1	2	0,5	2	0,8		

¹⁾ Lietelannan sijoitusruuduilla maanäytteet otettu erikseen sijoitusvaoista ja niiden välistä.

Keväällä 2000 epäorgaanista typpeä oli 19–22 kg/ha lietelannan pintalevitysruuduilla ja 21–27 kg/ha väkilannoiteruuduilla. Lietelannan sijoitusruuduilla sijoitusvakojen kohdalla sitä oli 36–43 kg/ha ja vakojen välissä 21–28 kg/ha. 60–100 cm:n syvyydessä epäorgaanista typpeä oli 3–7 kg/ha kaikilla ruuduilla. Metrin maakerroksessa epäorgaanisesta tyypestä 30–50 % oli nitraattityppeä, jota saattoi huuhtoutua salaojaveteen. Poikkeuksena oli väkilannoiteruutu 8, jossa nitraattityypen osuus oli vain 15 %. Nitraattityppi oli melko tasaisesti jakautunut eri syvyyksiin. Sijoitusvaoista nitraattityppeä löytyi 14 kg/ha ja sijoitusvakojen välistä 7–12 kg/ha.

Syksyllä 2000 ennen kyntöä epäorgaanisesta tyypestä 60–70 % oli 0–20 cm:n maakerroksessa. Kynnön jälkeen epäorgaanista typpeä oli runsaasti sekä 0–20 cm:n että 20–40 cm:n syvyydessä, sillä kyntö sekoitti maakerroksia.

Toukokuussa 2001 epäorgaanista typpeä oli 0–20 cm:n syvyydessä lietelanta-ruuduissa 10–20 kg/ha ja väkilannoiteruuduissa 5–8 kg/ha. 50–80 % epäorgaanisesta tyypestä oli ylimmässä näytteenottokerroksessa (0–20 cm).

Yleensä 60–100 cm:n syvyydessä oli vähän nitraattityppeä (0–0,5 kg/ha). Poikkeuksena olivat syksy 1999 ja kevät 2000. Vähäsateisen kesän jälkeen syksyllä 1999 nitraattityppeä huuhtoutui 60–100 cm:n syvyyteen (Taulukko 6). Vielä seuraavana keväänä alimmasta näytteenottokerroksesta löytyi nitraattityppeä 0,1–2 kg/ha. Myös keväällä 2001 edellisen syksyn nurmen kyntö aiheutti nitraatin huuhtoutumisriskin, sillä 60–100 cm:n syvyydestä nitraattityppeä löytyi toukokuun alussa 0,2–1 kg/ha.

Ammoniakin haihtuminen

Sekä kammioiden ammoniakkipitoisuudet että ammoniakin haihtumisnopeus osoittavat, että pintaan levitetystä lannasta ammoniakkia haihtui merkittävästi (Taulukko 7). Ruuduissa, joihin lanta oli sijoitettu, kammioiden ammoniakkipitoisuudet olivat matalat. Ammoniakin haihtumisnopeudelle sijoitusruuduissa saatiin usein negatiivinen arvo, mikä voi johtua ammoniakin kulkeutumisesta pintalevitysruuduista sijoitusruuduille. Tästä häiriötekijästä huolimatta tuloksista voidaan päätellä, että sijoitetusta lannasta ammoniakin haihdunta on ollut vähäistä verrattuna pintalevitettyyn lantaan.

Ammoniakin haihtuminen oli runsainta levityspäivänä ja väheni selvästi seuraavina kahtena päivänä. Lannan ammoniumin vähenemisen ohella myös sateet ovat todennäköisesti hidastaneet ammoniakin haihtumista (Taulukko 8). Vuonna 2000 haihtuminen oli runsaampaa kuin 1999, mikä on voinut johtua korkeammasta lämpötilasta (Taulukko 8) ja lannan kuiva-ainepitoisuudesta (Liite 1) vuonna 2000. Kuiva-ainepitoisuuden nousu lisää lannan tarttumista kasvustoon ja vähentää imeytymistä maahan, mikä edistää ammoniakin haihtumista (Braschkat ym. 1997).

Taulukko 7. Ammoniakkipitoisuus mittauskammioissa ja ammoniakkin haihtumisnopeus ulkoilmassa vuosina 1999 ja 2000. Mittausten kesto ja säätiedot ilmoitetaan taulukossa 8. Pintalevitetyistä lannasta mittausjaksojen aikana ja niiden välillä ammoniakkin haihtuneen typen kokonaismäärä ja osuus lannan liukoisesta tyypestä esitetään kursivilla.

Päivämäärä ja jakso	Ammoniakkipitoisuus kammioissa, $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$		Ammoniakin haihtumisnopeus ulkoilmassa, g $\text{NH}_3\text{-N}/\text{ha h}$	
	Pintalevitys	Sijoitus	Pintalevitys	Sijoitus
27.10.1999 1	7896 ^b	76 ^a	1230 ^b	-12 ^a
27.10.1999 2	4216 ^b	128 ^a	791 ^b	-13 ^a
28.10.1999	1400 ^b	40 ^a	220 ^b	-4 ^a
29.10.1999	593 ^b	29 ^a	201 ^b	-2 ^a
<i>Yhteensä</i>			<i>11 kg/ha, 20 %</i>	
23.10.2000 1	9657 ^b	103 ^a	1492	-9
23.10.2000 2	7476 ^b	105 ^a	920	-9
24.10.2000	730 ^b	55 ^a	154	-8
25.10.2000	198 ^b	32 ^a	203	-2
<i>Yhteensä</i>			<i>19 kg/ha, 33 %</i>	

^{a, b} Samalla rivillä olevat pitoisuus- tai haihtumisnopeustulokset eroavat Tukeyn testin mukaan merkitsevästi 5 %:n riskitasolla, jos niillä ei ole yhteistä kirjainta yläindeksissä.

Taulukko 8. Ammoniakkimittausten kesto ja keskimääräiset sääolosuhteet mittausten aikana. Levityspäivän tiedot annetaan kullekin levitystekniikalle erikseen, koska levitykset tehtiin eri aikoina. Levityspäivänä mitattiin kaksi peräkkäistä jaksoa. Kunkin jakson lopun ja seuraavan jakson alun välinen sademäärä on suluissa.

Päivämäärä	Levitystekniikka ja mittausjakso	Kesto h	Lämpötila °C	Tuuli m/s	Sademäärä mm
27.10.1999	Pintalevitys 1	0,75	6,5	3,2	1 (0,5)
	Sijoitus 1	2	5,5	2,3	0
	Pintalevitys 2	2	4,5	1,9	0
	Sijoitus 2	1,5	3,0	1,3	0
28.10.1999	Kaikki	4	2,5	1,3	0 (4)
29.10.1999	Kaikki	5	10,0	2,9	0
23.10.2000	Pintalevitys 1	2	11,5	1,5	0
	Sijoitus 1	2	10,0	1,2	0
	Pintalevitys 2	2	8,5	1,1	0
	Sijoitus 2	2	7,5	1,5	0 (5)
24.10.2000	Kaikki	3,5	9,0	3,8	<0,5 (5,5)
25.10.2000	Kaikki	3,5	9,0	3,3	0

Lietelannan sijoittaminen maahan esti tehokkaasti ammoniakkin haihtumista, mikä on havaittu myös aiemmissa mittauksissa (Joki-Tokola ym. 1998). Näissä kokeissa keskikesällä nurmelle tehdyn pintalevityksen jälkeen sen sijaan keskimäärin 40 % naudnan lietelannan liukoisesta tyypestä haihtui ammoniakkin. Nyt esitettävät tulokset osoittavat, että syksyllä tehdyn pintalevityksen jälkeen ammoniakkin haihtuminen voi olla lähes yhtä runsasta huolimatta selvästi alemmasta lämpötilasta.

Matala lämpötila hidastaa ammoniakkin haihtumista, mutta typpihävikki voi kuitenkin olla merkittävä. Haihtumisen hidastuminen voi johtaa siihen, että ammoniakki vain haihtuu pidemmän ajan kuluessa. Sommerin ym. (1991) mittauksissa 3–10 °C lämpötilassa 15–18 % nurmelle levitetyn naudnan lietelannan liukoisesta tyypestä haihtui ammoniakkin kuuden tunnin kuluessa levityksestä. Pellon pinnalle levitetyn lannan ammonium ei juurikaan kulkeudu maahan (Beauchamp ym. 1982), joten se säilyy haihtumiselle alttiina. Ammoniakkin haihtumisnopeus riippuu lämpötilan ohella monista muistakin tekijöistä. Braschkatin ym. (1997) tutkimuksessa lannan kuiva-ainepitoisuus ja auringonsäteilyn määrä vaikuttivat haihtumiseen eniten, mutta lämpötila ei osoittautunut kovin merkittäväksi tekijäksi.

Nurmi- ja ohrasato

Nurmen kuiva-ainesato oli kokeen alusta lähtien väkilannoiteruuduilla suurempi kuin lietelantaruuduilla. Kun lietelanta sijoitettiin, toinen nurmisato oli vähän suurempi kuin levitettäessä lietelanta pintaan (Kuva 10). Kesällä 1998 nurmen kuiva-ainesato oli pienempi kuin edellisenä kasvukautena. Tuolloin pienin sato oli väkilannoiteruuduilla. Sen sijaan syksyllä väkilannoiteruuduilta korjattiin 1 t/ha suurempi kuiva-ainesato kuin lietelantaruuduilta.

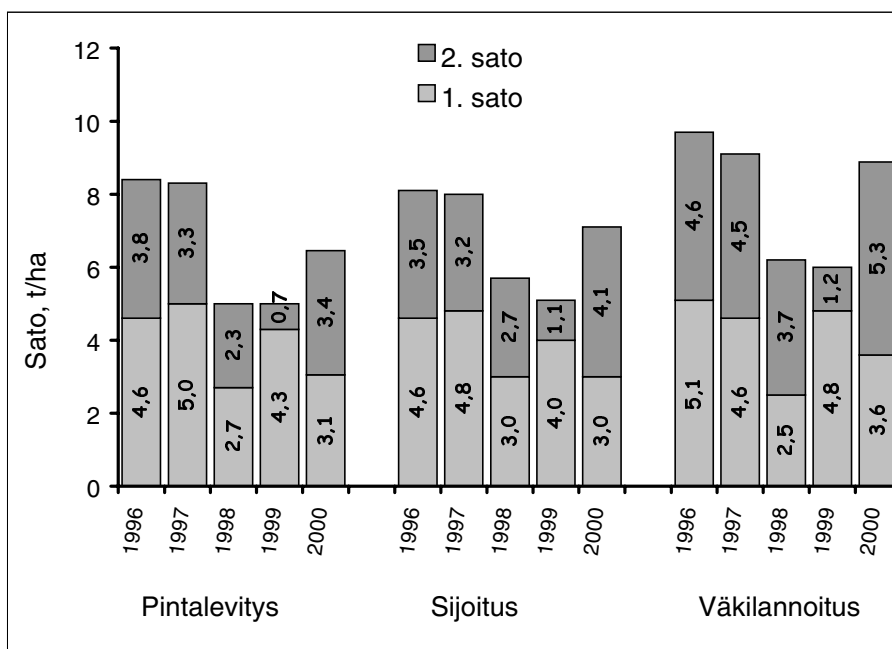
Kesällä 1999 kuiva-ainesato oli jälleen 4 t/ha. Kuivan kesäkauden jälkeen syksyllä 1999 satoa ei ollut kasvanut korjattavaksi. Kesä 2000 oli sateinen, ja kuiva-ainesato oli hyvä kaikilla koekäsittelyillä. Lietelantaruuduilla sato oli kuitenkin pienempi kuin väkilannoitusruuduilla. Ilmeisesti lietelannan tyyppi ei ollut kasveille yhtä käyttökelpoista kuin väkilannoitteen tyyppi. Mahdollisesti myös syksyllä levitetty lietelanta heikensi timotein talvehtimista.

Ohrasato oli keskimäärin 4,5 t/ha. Suurin sato saatiin lietelannan sijoitusruuduilta ja väkilannoiteruuduilta. Lietelannan pintalevitysruutujen sato oli keskimäärin vain 0,1 t/ha pienempi kuin muiden käsittelyjen. Puintikosteudessa, hehtolitrainoissa ja tuhannen siemenen painoissa ei ollut suuria eroja eri käsittelyjen välillä (Taulukko 9).

Väkilannoiteruuduissa toinen nurmisato sisälsi sekä fosforia että typpeä enemmän kuin lietelantaruuduissa (Liitteet 4 ja 5). Fosforin osalta ero pieni vuosien myötä.

Taulukko 9. Ohran puintikosteus, puhtaus, jyväsato kosteuden ollessa 15 %, hehtolitrapaino (HI) ja tuhannen siemenen paino.

	Puinti- kosteus, %	Puhtaus, %	Sato, kg/ha	HI-paino, kg	Tuhannen siemenen paino, g
Pintalevytyk	23,3	97,7	4490	67,9	34,9
Sijoitus	23,7	98,0	4590	67,0	34,5
Väkilannoitus	23,3	97,4	4570	68,0	34,4



Kuva 10. Nurmikasvuston kuiva-ainesadot 1996–2000. Vuosina 1996–1997 Suomensalpietaria levitettiin keväällä kaikille ruuduille ja lietalantaa vain toiselle nurmisadolle. Vuodesta 1998 lähtien lietalantaa levitettiin kesällä ja syksyllä. Väkilannoiteruudut saivat NPK-lannoitetta

Yhteenveto

Syksyllä 1998 tehdyn lietalannan pintalevytyksen jälkeen pintavalunnan mukana kulkeutui ortofosfaattifosforia 2,2 kg/ha ja ammonium- ja nitraattityyppiä yhteensä 3,6 kg/ha seuraavaan vuoden heinäkuuhun mennessä. Syksyn sääolosuhteet vaikuttivat pintavaluntaan ja sen mukana kulkeutuneisiin ravinne- ja mikrobimääriin. Maa oli märkää jo lietalantaa levitettäessä. Levityksen jälkeinen sade sai aikaan ravinne- ja mikrobikuormitusta varsinkin lietalannan pintalevytyksruuduilla.

Nykyisten ympäristötukiehtojen mukaan lietalantaa ei saa levittää nurmen pintaan 31.8. jälkeen, ellei nurmea kynnetä levityksen jälkeen. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (VNA 9.11.2000/931) kieltää lietalannan levityksen nurmen pintaan 15.9. jälkeen. Kokeen aikana lietalantaa levitettiin kuitenkin vielä loka-kuun lopussa. Lisäksi syksyllä levitetyn lietalannan levitysmäärät olivat suuria, 33–42 t/ha. Asetuksen (VNA 9.11.2000/931) mukaan naudon lietalannan enimmäiskäyttömäärä on 20 t/ha syksyllä. Tosin laskettaessa lietalannan määrä koko koeruudun alalle levitysmäärät olivat kohtuullisia.

Turtolan ja Kemppaisen (1998) mukaan pintavalunnan kokonaistypikuormitus oli Toholammin hietamaalla 2,8–36 kg/ha, kun lietalanta levitettiin syyskuussa nurmen pintaan. Salaojaveden mukana kulkeutui typpeä vain 0,07–4,3 kg/ha. Tässä kokeessa salaojavaluntaa ei mitattu. Typpeä saattoi huuhtoutua jonkin verran salaoja- ja pohjaveteen lietalannan sijoitusruuduilla. Pintaan levitetyn lannan typpihävikki ammoniakkin haihtumisen kautta oli 11 kg/ha vuonna 1999 ja 19 kg/ha vuonna 2000. Todennäköistä on, että huomattavan paljonkin tyypestä saattoi hävitä myös denitrifikaation kautta typen oksideina, mitä tässä tutkimuksessa ei mitattu.

Sijoittamalla voitiin estää typen karkaaminen ilmaan ammoniakkinä sekä melko tehokkaasti vähentää typen ja fosforin joutumista pintavaluntaan. Syksyllä ulostesaastumista indikoivien mikrobien määrät pintavalumissa olivat lietalannan sijoitusruuduilla pienempiä kuin pintalevitysruuduilla. Sijoitusruutujen vesistä mikrobeja kuitenkin löytyi vielä vuoden kuluttua lietalannan levityksestä. Kokeessa käytetty lietalannan sijoittaminen ei siten yksin ratkaise lietalannasta pintavesiin tulevia mikrobikuormaongelmia. Lähivesistöjen mikrobikuormitusta voidaan vähentää muun muassa jättämällä vesistön reunan riittävän leveä suojavyöhyke, jolle ei levitetä lantaa.

Kymmenen metriä leveät suojakaistat olivat asetuksen (VNA 9.11.2000/931) mukaiset, kun koekentän keskikaltevuus oli 2,6 %. Suojakaistakasvusto vaurioitui, kun kaistoilla ajettiin traktori-lietalantavaunu -yhdistelmällä. Osaltaan suojakaistojen kasvua heikensi se, että kevästä 1999 lähtien niitä ei lannoitettu. Traktorin ajourat myös ohjailivat pintavalunnan kulkua. Suojakaistoilla tulisikin välttää painavilla koneilla liikkumista.

Kirjallisuus

Beauchamp, E.G., Kidd, G.E. & Thurtell, G. 1982. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Canadian Journal of Soil Science* 62: 11–19.

Brackett, R.E. 1999. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology and Technology* 15: 303–311.

- Braschkat, J., Mannheim, T. & Marschner, H. 1997. Estimation of ammonia losses after application of liquid cattle manure on grassland. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 160: 117–123
- Council of the European Union 2001. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. 8880/1/01. *Ag-rileg* 107 CODES 425. Brussel: DG B1. 150 s.
- Crowther, J., Kay, D. & Wyer, M. D. 2002. Faecal-indicator concentrations in waters draining lowland pastoral catchments in the UK: relationships with land use and farming practices. *Water Research* 36: 1725–1734.
- EN 26461. 1993. Water quality – Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes (clostridia) – Part 2. Method by membrane filtration. Bryssel: European Committee for Standardization. 7 s.
- Esala, M. 1991. Split application of nitrogen: effects on the protein in spring wheat and fate of ¹⁵N-labelled nitrogen in the soil-plant system. *Annales Agriculturae Fenniae* 3: 219–309.
- ETY 8.12.1975/160. Euroopan yhteisöjen neuvoston direktiivi uimaveden laadusta. Annettu Brysselissä 8.12.1975. (EYVL N:o L31, 5.2.1976) Uimaveden laatu. Uimakausi 1997. Euroopan Komissio EUR 18166. s. 317–325.
- Ferm, M. & Svensson, L. 1992. A new approach to estimate ammonia emissions in Sweden. Teoksessa: Klaassen, G. (toim.). Ammonia emissions in Europe: Emission coefficients and abatement costs, Proceedings of IASA-workshop, Laxenburg, Itävalta, 4–6 helmikuuta 1991. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. s. 109–125.
- Grabow, W.O.K. & Coubrough, P. 1986. Practical direct plaque assay method for coliphages in 100 ml samples of drinking water. *Applied and Environmental Microbiology* 52: 430–433.
- Heinonen-Tanski, H. & Uusi-Kämpä, J. 2001. Runoff of faecal microorganisms and nutrients from perennial grass ley after application of slurry and mineral fertiliser. *Water Science and Tehnology* 43: 143–146.
- Huang, C.-Y.L. & Schulte, E.E. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications in Soil Science and Plant Analyses* 16: 943–958.
- Joki-Tokola, E., Mattila, P., Elonen, P. & Tanni, R. 1998. Naudan lietalannan prosessoinnin ja levitystekniikan vaikutus säilörehunurmen satoon, rehun laatuun ja ammoniakkin haihtumiseen. Teoksessa: Sipilä, I. & Pehkonen, A. (toim.). Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995–97 loppuraportti. Julkaisu 87. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. s. 34–56.

- Kapuinen, P. 1996. Lannan levitys kasvustoon. Osa 1: Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa. Vakolan tutkimusselostus 72. Vihti: Maatalouden tutkimuskeskus. 62 s.
- Kempainen, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163–284.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2000. Ympäristötukiopas. Maatalouden ympäristötuki v. 2000–2006. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 27 s.
- Malgeryd, J. 1996. Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid spridning av stallgödsel. JTI-rapport, Lantbruk & Industri nr 229. Uppsala: Jordbrukstekniska Institutet. 126 s.
- Niinioja, R. 1993. Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A 150. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 87 s.
- Provolo, G., Morandi, P. & Sangiorgi, F. 1999. A management model for pathogen abatement in animal slurry in view of its agricultural use. Teoksessa: Martinez, J. & Maudet, M-N. (toim.). Ramiran 98, 8th International conference on management strategies for organic waste use in agriculture, Rennes, France 26–29.5.1998. FAO (Rome) and Cemagref, Antony, France. s. 73–80.
- Puustinen, M. 1999. Viljelymenetelmien vaikutus pintaeroosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Suomen ympäristö 285. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 116 s.
- Rajala-Mustonen, R. & Heinonen-Tanski, H. 1992. A cheaper method for detection of coliphages in 100 ml water samples. Teoksessa: Sixth International Symposium on Microbial Ecology, ISME-6. Barcelona, 6–11.9.1992. s. 202.
- SFS 3014. 1984. Veden fekaalisten streptokokkien lukumäärän määrittäminen pesäkemenetelmällä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 7 s.
- SFS 3016. 1984. Veden koliformisten bakteerien kokonaismäärän määrittäminen kalvosuodatusmenetelmällä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 8 s.
- SFS 3025. 1986. Veden fosfaatin määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 10 s.
- SFS 3026. 1986. Veden kokonaisfosforin määrittäminen. Hajotus peroksidisulfaatilla. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 11 s.
- SFS 3030. 1990. Veden nitriitti- ja nitraattityypen summan määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 5 s.

- SFS 3031. 1990. Veden typen määrittäminen. Peroksodisulfaattihapetus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 6 s.
- SFS 3032. 1976. Veden ammoniumtypen määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 6 s.
- SFS 4088. 1988. Veden lämpökestoisten (fekaalisten) koliformisten bakteereihin määrittäminen kalvosuodatusmenetelmällä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 7 s.
- Sinton, L.W., Finlay, R.K. & Lynch, P.A. 1999. Sunlight inactivation of fecal bacteriophages and bacteria in sewage-polluted seawater. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 3605–3613.
- Sommer, S.G., Olesen, J.E. & Christensen, B.T. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117: 91–100.
- Svensson, L. 1994. A new dynamic chamber technique for measuring ammonia emissions from land-spread manure and fertilizers. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 44: 35–46.
- Tares, T. & Sippola, J. 1978. Changes in pH, in electrical conductivity and in the extractable amounts of mineral elements in soil, and the utilization and losses of the elements in some field experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum* 20: 90–113.
- Turtola, E. & Kemppainen, E. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569–581.
- Uusi-Kämpö, J., Tanni, R., Grék, K. & Seppänen, A. 1998. Nurmeen levitetyn lietelannan pintavalunta. Teoksessa: Sipilä, I. & Pehkonen, A. (toim.). Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995–1997 loppuraportti. Julkaisuja 87. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. s. 78–81.
- VNA 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000. Suomen Säädoskokoelma 931/2000: 2371–2376.
- Vuorinen, J. & Mäkitie O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63: 1–14.
- Wagner, J-A. 1993. Untersuchungen zur Tenazität und zum Infiltrationsverhalten von Salmonellen und Güllekeimen in Standardböden und in verschiedenen Böden des Wasserschutzgebietes Donaurieb.

Disseration am Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin und Tierklinik. Universität Hohenheim, Germany. 185 s.

Wiegel, T. 1995. Untersuchungen des Infiltrationsverhaltens von Mikroorganismen in Böden mittels Gruben- und Laborversuchungen sowie eines selbst entwickelten Prototyps zur Probennahme ohne Sekundärkontamination. Disseration am Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin und Tierklinik. Universität Hohenheim, Germany. 119 s.

Zhao, T., Doyle, M.P. & Besser, R.E. 1993. Fate of Enterohamorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider with and without preservatives. *Applied and Environmental Microbiology* 59: 2526–2530.

Liitteet

Liite 1. Levitetyn lietalannan ravinnepitoisuudet, kuiva-ainepitoisuus ja pH. Vuosina 1996–1998 ja kesällä 1999 levitettiin mullin lietalantaa. Syksyllä 1999 ja vuonna 2000 käytettiin lypsylehmän lietalantaa.

Pvm.	Kok-N	Liuk-N	P	K	Ca	Mg	Ka.	pH
	kg/t						%	
14.05.1996	3,90	2,27	0,97				8,0	
17–19.06.1997	2,43	1,28	0,62				6,9	
29.06.1998	3,73	1,87	0,84	4,35	1,06	0,590		6,7
16.10.1998	3,69	1,91	0,83	4,39	0,98	0,560	9,2	
30.06.1999	3,54	1,90	0,82	4,55	0,99	0,590	8,7	6,9
27.10.1999	3,17	1,75	0,52	3,24	0,87	0,523	6,9	7,3
22.06.2000	3,62	2,01	0,55	3,43	1,13	0,730	8,2	6,9
23.10.2000	3,62	1,79	0,79				8,3	7,1

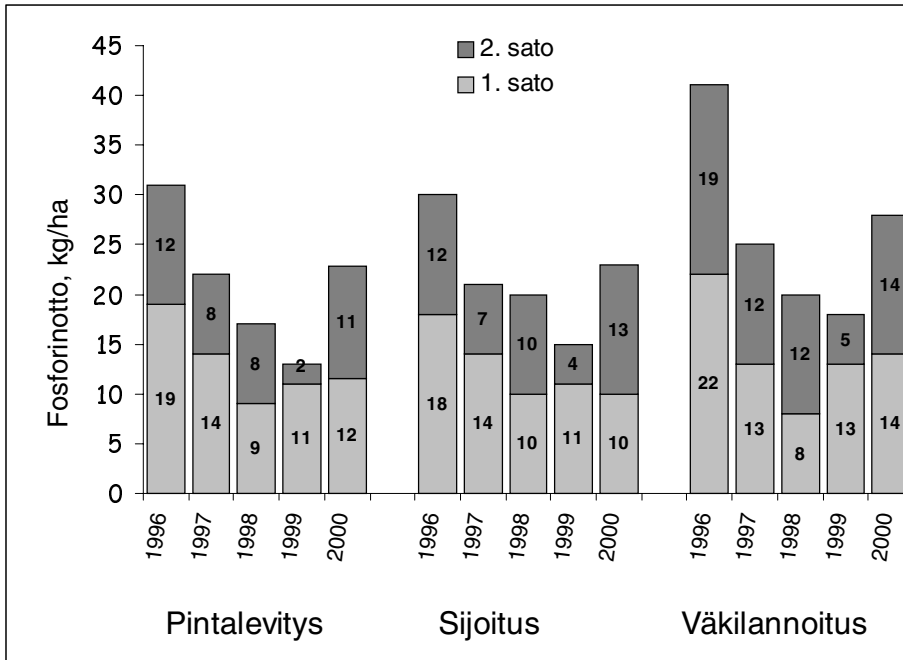
Liite 2. Haihdutusjäännöksen (Hj), kokonaisfosforin (Kok-P) ja ortofosfaattifosforin (PO₄-P) keskimääräiset pitoisuudet pintavalunnassa lietalannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla 1996–2001.

Jakso	Hj, g/l			Kok-P, mg/l			PO ₄ -P, mg/l		
	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus
01.01–18.06.1996	0,50	0,26	0,27	0,61	0,47	0,55	0,16	0,20	0,23
19.06–31.12.1996	0,34	0,29	0,28	0,50	0,57	0,55	0,16	0,26	0,24
01.01–27.06.1997	0,29	0,47	0,11	0,48	0,52	0,27	0,17	0,08	0,13
28.06–31.12.1997	0,28	0,29	0,33	1,03	0,59	1,37	0,69	0,32	1,07
01.01–29.06.1998	0,16	0,18	0,14	0,40	0,38	0,40	0,22	0,17	0,24
30.06–16.10.1998	0,17	0,15	0,11	0,81	0,53	0,71	0,68	0,38	0,58
17.10–31.12.1998	0,38	0,22	0,11	3,78	0,62	0,44	2,69	0,34	0,32
01.01–30.06.1999	0,08	0,08	0,05	1,22	0,28	0,31	1,11	0,16	0,24
01.07–27.10.1999	0,35	0,16	0,05	0,61	0,63	0,42	0,22	0,45	0,37
28.10–31.12.1999	0,34	0,39	0,24	1,43	0,81	0,53	0,82	0,39	0,34
01.01–22.06.2000	0,15	0,14	0,07	0,83	0,47	0,64	0,53	0,30	0,54
23.06–23.10.2000	0,65	0,19	0,11	0,51	0,87	0,85	0,23	0,20	0,72
24.10–31.12.2000	1,73	1,61	1,89	3,91	2,31	2,49	0,44	0,20	0,13
01.01–08.05.2001	0,32	0,31	0,27	0,60	0,45	0,40	0,23	0,12	0,11
09.05–16.09.2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17.09–31.12.2001	0,64	0,63	0,58	0,92	0,88	0,88	0,21	0,18	0,21

Liite 3. Kokonaistypen (Kok-N), ammoniumtypen (NH₄-N) ja nitraattityypen (NO₃-N) keskimääräiset pitoisuudet pintavalunnassa lietelannan pintalevitys- ja sijoitusruuduilla sekä väkilannoiteruuduilla 1996–2001.

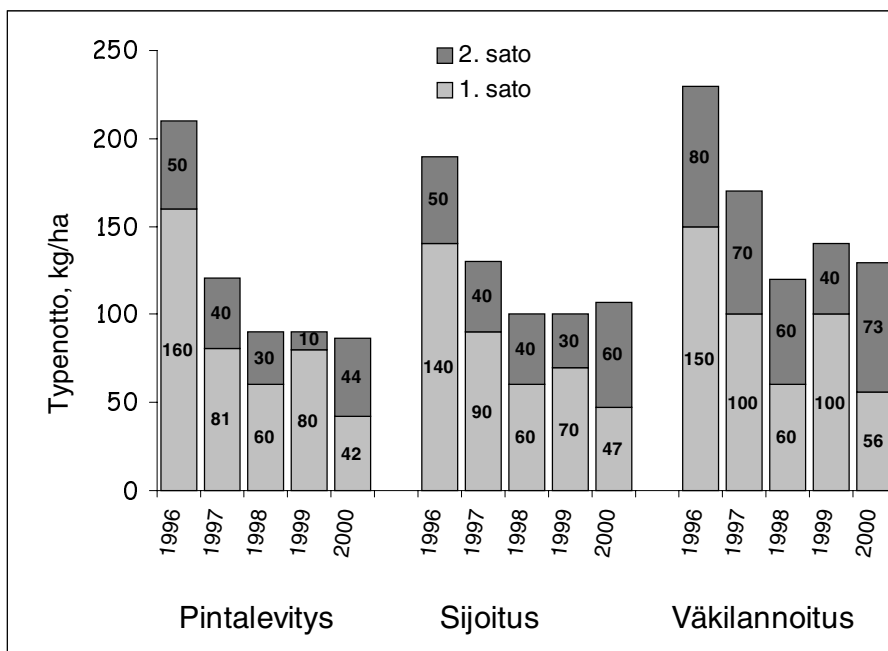
Jakso	Kok-N, mg/l			NH ₄ -N, mg/l			NO ₃ -N, mg/l		
	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus	Pinta-levitys	Sijoitus	Väkilannoitus
01.01–18.06.1996	2,47	1,88	2,31	0,35	0,42	0,54	1,10	0,62	0,84
19.06–31.12.1996	1,55	1,97	2,15	0,05	0,07	0,04	0,37	0,76	0,85
01.01–27.06.1997	1,29	1,27	0,90	0,11	0,06	0,11	0,13	0,17	0,12
28.06–31.12.1997	1,28	1,34	1,75	0,03	0,05	0,04	0,16	0,30	0,29
01.01–29.06.1998	1,20	1,21	1,13	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,10
30.06–16.10.1998	1,32	1,35	1,78	0,20	0,10	0,24	0,21	0,19	0,31
17.10–31.12.1998	15,62	1,96	1,02	6,94	0,24	0,11	0,39	0,24	0,24
01.01–30.06.1999	2,01	1,22	0,96	0,79	0,16	0,15	0,18	0,17	0,16
01.07–27.10.1999	3,14	3,19	1,85	0,20	1,13	0,19	1,61	1,22	1,21
28.10–31.12.1999	1,85	4,39	1,42	0,42	0,68	0,19	0,34	1,84	0,29
01.01–22.06.2000	1,39	1,97	2,03	0,29	0,37	0,63	0,29	0,66	0,31
23.06–23.10.2000	1,73	2,96	3,65	0,20	0,43	0,62	1,14	1,90	2,33
24.10–31.12.2000	3,40	4,81	2,76	0,14	0,09	0,05	0,55	1,86	0,88
01.01–08.05.2001	2,08	2,89	2,48	0,32	0,30	0,24	0,78	1,22	1,14
09.05–16.09.2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17.09–31.12.2001	2,65	3,09	1,58	0,05	0,07	0,06	1,15	1,54	0,45

Liite 4.



Fosforinotto nurmikasvustossa 1996–2000. Vuosina 1996–1997 kaikki koe-ruudut lannoitettiin keväällä Suomensalpietarilla. Lietelantaa levitettiin vain toiselle nurmisadolle. Vuodesta 1998 lähtien lietelantaa levitettiin sekä ke-sällä toiselle sadolle että syksyllä seuraavaa vuotta varten. Väkilannoiteruudut saivat NPK-lannoitetta.

Liite 5.



Typenotto nurmikasvustossa 1996–2000. Vuosina 1996–1997 kaikki koerudut lannoitettiin keväällä Suomensalpietarilla. Lietelantaa levitettiin vain toiselle nurmisadolle. Vuodesta 1998 lähtien lietelantaa levitettiin sekä kesällä toiselle sadolle että syksyllä seuraavaa vuotta varten. Väkilannoiteruudut saivat NPK-lannoitetta.

Maa- ja elintarviketalous -sarjassa ilmestyneitä julkaisuja

Ympäristö

- 15 Lietelannan käyttö nurmikierrossa. *Mattila (toim.)*. 81 s. Hinta 20,00 euroa.
- 12 Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn typpi- ja fosforihuuhtoumat. Kirjallisuuskatsaus. *Ylivainio ym.* 74 s. Hinta 20,00 euroa.

Kasvintuotanto

- 10 Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua. *Tiilikkala (toim.)*. 78 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met10.pdf>).
- 9 Kestorikkakasvit kevätiljantuotannon uhkana. Pelto-ohdake, peltovalvatti ja juolavehnä. Kirjallisuuskatsaus. *Lötjönen ym.* 118 s. Hinta 25,00 euroa.

Talous

- 14 Esteiden aiheuttamien haittojen arvo peltoviljelyssä. *Karttunen ym.* 59 s. Hinta 20,00 euroa.
- 11 Franchising sopimukset sikatalouden hintariskien hallinnassa. *Uusitalo & Pietola*. 35 s. Hinta 15,00 euroa.

Kotieläintuotanto

- 8 Lehmäkulttuuri ja sen tulevaisuus. Professori Kalle Maijalan 75-vuotisjuhlaseminaari, Helsinki, 27.5.2002. *Maijala (toim.)*. 71 s. Hinta 20,00 euroa.

Teknologia

- 6 Työsuojelupanostuksen kannattavuus maataloudessa. *Suutarinen ym.* 80 s. Hinta 20,00 euroa.
- 4 Digitaalikuvausten ja vesiherkän paperin käyttö perunan ruiskutustutkimuksessa. *Suomi & Haapala*. 70 s. Hinta 20,00 euroa.

Esitelmät

- 13 Tutkittu maa – turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta – juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. *Uusitalo & Salo (toim.)*. 61 s. Hinta 20,00 euroa.
- 7 Suurenevien tilojen haasteet Ylistaro, 7.-8.8.2002. *Heikkilä & Salo (toim.)*. 103 s. Hinta 15,00 euroa.

