



Turkislanta peltolannoitteena

Arjo Kangas (toim.)



MTT:n selvityksiä 117
33 s.

Turkislanta peltolannoitteena

Arjo Kangas (toim.)

ISBN 952-487-038-X (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)

<http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts117.pdf>

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietohallinto, 31600 Jokioinen

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

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2006

Kannen kuva

STKL-FPF

Turkislanta peltolannoitteena

Risto Uusitalo¹⁾, Eila Turtola¹⁾ ja Arjo Kangas²⁾

¹⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, risto.uusitalo@mtt.fi, eila.turtola@mtt.fi

²⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, arjo.kangas@mtt.fi

Tiivistelmä

Tässä julkaisussa tarkastellaan turkislantaa peltolannoitteena. Turkislantaa on käytetty peltolannoitteena jo pitkään. Ensimmäisessä tutkimuksessa selvitetään pitkään jatkuneen turkiseläinlannan käytön vaikutuksia maan fosforipitoisuuteen ja fosforin liukoisuuteen maan eri kerroksissa. Turkislantalannoitus, jossa fosforin määrä on pitkän aikaa kasvien fosforin ottoa suurempi, kasvattaa maan kokonaisfosforipitoisuutta huomattavasti.

Toisessa tutkimuksessa vertailtiin erilaisia turkiseläinlantoja lannoitteena tavallisilla viljelykasveilla, sekä selvitettiin satojen ottamaa fosforin määrää. Turkiseläinlanta on käyttökelpoinen lannoitusaine peltoviljelyssä. Tehokkainta on käyttää turkislantaa siten, että osa typpilannoitustarpeesta annetaan väkilannoitteena.

Tutkimukset ovat turkistalouden ympäristön kehittämisprojektin osatutkimuksia.

Avainsanat: turkiseläinten lanta, kuormitus, eloperäiset lannoitteet, minkki, kettu

Sisällysluettelo

Pitkään jatkuneen runsaan turkiseläinlannan käytön vaikutukset maan fosforipitoisuuteen ja fosforin liukoisuuteen erilaisissa viljelymaissa, <i>Risto Uusitalo, Eila Turtola ja Arjo Kangas</i>	5
1 Johdanto	6
2 Aineisto ja menetelmät.....	8
3 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	10
3.1 Fosforin lisäysmäärät	10
3.2 Fosforin kokonaispitoisuudet maassa	11
3.3 Fosforin muodot ja liukoisuus maassa fraktiointianalyysin mukaan.....	11
3.4 Maan viljavuustutkimuksen mukainen fosforitila	13
3.5 Eri tavoin lannoitettujen maiden fosforinkyllästysaste ja huuhtoumariskit.....	14
4 Yhteenveto	17
5 Kirjallisuus	18
Turkislannan lannoituskäyttö, <i>Arjo Kangas</i>	19
1 Aineisto ja menetelmät.....	20
1.1 Turkislantalajien vertailu 2001 - 2002.....	21
1.2 Turkislantojen vertailu 2003	22
1.3 Turkislantojen vertailukoe nurmella 2001-2003.....	23
1.4 Turkislannan ja apatiitin vertailu 2001-2003	24
2 Tulokset ja tarkastelu	24
2.1 Turkislantalajien vertailu 2001-2002.....	24
2.2 Turkislantalajien vertailu 2003	27
2.3 Turkislantalajien vertailu nurmella	29
2.4 Turkislannan ja apatiitin vertailu	30
3 Yhteenveto	32

Pitkään jatkuneen runsaan turkiseläinlannan käytön vaikutukset maan fosforipitoisuuteen ja fosforin liukoisuuteen erilaisissa viljelymaissa

Risto Uusitalo¹⁾, Eila Turtola¹⁾ ja Arjo Kangas²⁾

¹⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, risto.uusitalo@mtt.fi, eila.turtola@mtt.fi

²⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, arjo.kangas@mtt.fi

Tiivistelmä

Turkieläinten lanta sisältää runsaasti fosforia, joka on pääosin hitaasti liukenevaa. Maassa turkiseläinlannan lannoitusvaikutus on aluksi heikompi kuin esimerkiksi naudun lannan lannoitusvaikutus. Näin ollen turkiseläinten lantaa hyödyntävässä viljelyssä on nykyisten ympäristöohjelman suositusten puitteissa sallittu muihin lantalajeihin nähden suurempien fosforin kokonaismäärien lisääminen peltoon.

Pidemmän ajan kuluessa kasvien fosforin ottoa suuremmat lisäysmäärät turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla ovat kasvattaneet maan fosforin kokonaispitoisuutta huomattavasti. Vaikka määrällisesti suurin osa ketun tai minkin lannan mukana maahan lisäystä fosforista oli maan fraktiointianalyysin tulkinnan mukaan kertynyt kasveille huonosti käyttökelpoiseen muotoon, alunperin hyvin niukkaliukoinen turkiseläinlannan fosfori oli kuitenkin kasvattanut myös kasveille käyttökelpoisen ja huuhtoutumiselle alttiina olevan fosforin pitoisuutta maassa, vieläpä suhteellisesti enemmän kuin niukkaliukoista fosforijaetta. Todennäköisesti niukkaliukoisen fosforijakeen määrällinen kasvu runsaasti turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla johtuu osin fosforin suurista käyttömääristä, sen lisäksi että lisätty fosfori oli hitaasti maassa liukenevaa.

Käyttökelpoisten ja huuhtoutumiselle alttiiden fosforijakeiden kasvu heijastui selvästi myös viljavuustutkimuksessa mitattavan helppoliukoisen fosforin pitoisuuksissa maassa. Sen lisäksi maan fosforikyllästysaste oli korkea runsaasti turkiseläinlantaa saaneissa maissa. Pitkän ajan kuluessa maahan lisätyt suuret fosforimäärät olivat aiheuttaneet maan fosforinpidätyspaikkojen täyttymisen pintamaan lisäksi myös syvemmissä maakerroksissa ja luultavasti lisänneet fosforin kulkeutumista pintavalunnan ja salaojavesien mukana vesistöihin.

Vaikka maatalouden ympäristöohjelman puitteissa on turkiseläinlantaa hyödynnettäessä mahdollista käyttää yli kaksinkertaisia fosforilisäyksiä mineraalilannoitteisiin verrattuna, fosforilisäyksiä on syytä rajoittaa lohkoilla, joilla turkiseläinten lannan mukana on pitkään lisätty suuria määriä fosforia. Koska turkiseläinten lanta on hyvin fosforipitoista ja sen kuiva-ainepitoisuus on suhteellisen suuri, ketun ja minkin lannan kuljettaminen on edullisempaa kuin useiden muiden lantalajien. Näin ollen sitä kannattaa levittää myöskin kauempana lannan syntypaikasta sijaitseville pelloille.

Nyt havaitun kaltaisia maan fosforipitoisuuksia tulisi pyrkiä lisäksi aktiivisesti alentamaan. Koska ilman fosforia viljeltäessä maan P-tilan aleneminen tapahtuu hitaasti, olisi etsittävä myös muita keinoja maan liukenevien fosforivarantojen sitomiseksi ja valumaveden fosforipitoisuuksien pitämiseksi kohtuullisella tasolla.

Avainsanat: turkiseläinten lanta, fosfori, kuormitus, kettu, minkki

Effects of abundant long-term use of fur animal manure on soil phosphorus content and phosphorus solubility in different cultivated soils

Risto Uusitalo¹, Eila Turtola¹ and Arjo Kangas²

¹) MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, risto.uusitalo@mtt.fi, eila.turtola@mtt.fi;

²) MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Alapääntie 104, FI-61400 Ylistaro, arjo.kangas@mtt.fi

Abstract

Fur animal manure is rich in phosphorus which is mostly sparingly soluble. In soil the fertilizing effect of fur animal manure is initially less than that of e.g. cattle manure. Hence, in cultivation utilizing fur animal manure, the current recommendations of the agro-environmental programme accept the addition of larger total quantities of phosphorus to fields than with other types of manure.

The long-term addition of quantities of fur animal manure exceeding the uptake of phosphorus by plants in the plots has increased the total soil phosphorus content considerably. Although quantitatively most of the phosphorus added to the soil with fox and mink manure was, according to the interpretation of the soil fractionation analysis, accumulated in a form sparingly available to plants, the initially very sparingly soluble fur animal manure had increased also the plant-available and readily leachable phosphorus content in soil, proportionally even more than the sparingly soluble phosphorus fraction. The quantitative increase of the sparingly soluble phosphorus fraction on plots receiving large quantities of fur animal manure is probably partly due to the large quantities of phosphorus applied. In addition, the added phosphorus was sparingly soil-soluble.

The increase of available and leachable phosphorus fractions was also clearly reflected in the concentrations of readily soluble phosphorus measured in a soil analysis. In addition, the degree of saturation of the soil phosphorus was high in soils receiving large quantities of fur animal manure. The long-term addition of the large quantities of phosphorus to the soil had caused filling of the soil phosphorus uptake sites in the surface layers as well as in deeper soil layers, and had probably increased the transport of phosphorus with surface leaching and underdrain water to the waterways.

Although within the agro-environmental programme it is possible by use of fur animal manure to more than double the addition of phosphorus compared to mineral fertilizers, the addition of phosphorus should be restricted on plots where large quantities of phosphorus have already been added with fur animal manure. Since fur animal manure is very rich in phosphorus and its dry matter content is relatively high, it is cheaper to transport than many other types of manure. Hence, it is economical to spread it also on fields further from the place of origin of the manure.

Soil phosphorus contents similar to those observed now should also be actively reduced. Since the soil P status decreases slowly when cultivating without phosphorus, also other means should be sought to bind soil-soluble phosphorus resources and to maintain a reasonable level of phosphorus content in the leachate.

Key words: furbearing manure, phosphorus, foxes, mink

1 Johdanto

Turkiseläinten ruokinta pohjautuu pitkälti lihanjalostuksen sivutuotteisiin ja ihmisravintona toisarvoisena pidetylle osalle kalansaaliista, mukaan lukien hoitokalastusten saalis. Koska nämä turkiseläinten ravintona käytetyt aineet sisältävät runsaasti fosforia, on turkiseläinten lanta eräs kaikkein fosforipitoisimmista lantalajeista. Usein lannan sisältämän fosforin kokonaismäärä vastaa kaupallisten puutarhalannoitteiden fosforipitoisuutta.

Turkiseläinten lannan sisältämää fosforia pidetään valtaosin niukkaliukoisena, päinvastoin kuin esimerkiksi naudon lannan fosforia. Hiljattain Ylivainio ym. (2003) arvioivat ketun ja minkin lantojen kemiallisen fraktioiden perusteella, että ainoastaan kolmannes lannan fosforista liukenesi maassa välittömästi kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Tämä on pieni suhteellinen osuus muihin lantalajeihin verrattuna, sillä esimerkiksi naudon kuivikelannassa vastaava helposti kasveille käyttökelpoisen fosforin osuus on jopa 85–90 % (Ylivainio ym., 2003). Lannan kemiallisen koostumuksen perusteella turkiseläinlannan fosfori ei kasvunravitsemukselliselta kannalta siten olisi samanarvoista kuin esimerkiksi naudon lanta. Nykyisissä lannoitus-suosituksissa turkiseläinten lannan fosforista oletetaan ainoastaan 40 %:a tulevan kasvien käyttöön (kts. Viljavuuspalvelu, 2000). Turkiseläinten lannan mukana voidaan tämän vuoksi lisätä peltoon huomattavasti suurempia kokonaismääriä fosforia kuin mineraalilannoitteilla, tai esimerkiksi naudon tai sian lannalla lannoitettaessa.

Suomalaisissa maissa alumiinin ja raudan oksidit toimivat tärkeimpinä fosforia pidättävinä yhdisteinä (esim. Hartikainen, 1979), ja maa-aines pidättää tehokkaasti maahan lisätyn fosforin silloin, kun suurin osa pidätyspaikoista on vielä vapaana. Runsaan fosforimäärän lisääminen maahan kuitenkin täyttää maan fosforinpidätyspaikkoina toimivia oksidipintoja ja kasvattaa helppoliukoisen fosforin määrää maassa (Sillanpää, 1961; Turtola ja Yli-Halla, 1999; Beauchemin ym., 2003). Mitä suurempi on maan helppoliukoisen fosforin määrä, sitä enemmän valumavesien mukana kulkeutuu pelloilta fosforia veteen liuenneena ja maa-ainekseen sitoutuneena (Sharpley ym., 1977; Turtola ja Yli-Halla, 1999; Uusitalo ja Jansson, 2002). Vesistöihin jouduttuaan fosfori tunnetusti kiihdyttää vesistöjen rehevöitymistä (esim. Schindler, 1977).

Turkiseläinten kasvatus on voimakkaasti keskittynyt. Tämän johdosta lantaa muodostuu huomattavia määriä suhteellisen pienellä alueella ja lantaa levitetään usein samoille peltolohkoille. Kun turkiseläinten lannan sisältämää fosforia pidetään muiden lantojen fosforiin verrattuna huomattavasti vähemmän kasveille käyttökelpoisena, voidaan ympäristöohjelman suositusten mukaisesti peltoon lisätä enemmän fosforia kuin korjattava sato käyttää hyväkseen. Turkiseläinten lannan lisääminen aina samoille peltolohkoille johtaa vuosien saatossa fosforin kertymiseen maahan. Turkiseläinlantaa hyödyntävän viljelyn ympäristövaikutusten kannalta on oleellista selvittää, kuinka tällaisen niukkaliukoisen lannoitusaineen lisäys vaikuttaa maan fosforinpidätyskapasiteetin täyttymiseen pidemmällä aikavälillä. Tässä hankkeessa on arvioitu fosforin kertymistä erityyppisiin viljelymaihin ja eri maakerroksiin pitkäaikaisen turkiseläinten lannan lisäyksen seurauksena. Maahan kertyneen fosforin liukoisuutta on tutkittu fraktiointimenetelmän avulla. Lisäksi on tarkasteltu tutkittujen maiden fosforinkyllästysastetta ja kyllästysasteen perusteella arvioitu onko todennäköistä, että pitkään jatkunut turkiseläinlannan lisäys samoille peltolohkoille olisi lisännyt ympäristöriskiä kasvattamalla valumavesien fosforipitoisuuksia.

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen maanäytteet kerättiin Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan maakuntien alueelta 82 peltolohkolta kesällä 2003. Pyrkimyksenä oli löytää eri maalajeja edustavia lohkopareja, joista toiselle on levitetty pitkän ajan kuluessa turkiseläinten lantaa kun taas toista lohkoa olisi lannoitettu helppoliukoisemmilla lannoitusaineilla kuten mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla. Näyteaineisto koostui sekä eloperäisistä maista, että hienorakeisista ja karkeista mineraalimaista.

Muokkauskerroksesta otettujen näytteiden lisäksi kaikista näytepisteistä otettiin maanäytteet myös 20–40 ja 40–60 cm:n syvyydeltä, sekä eloperäisiltä mailta myös 60–80 cm:n syvyydeltä. Näiden muokkauskerroksen alapuolelta otettujen näytteiden perusteella pyrittiin arvioimaan fosforin liikkumista pintamaasta syvempiin maakerroksiin. Tutkimukseen liittyvien näytteenottolohkojen pinta-ala vaihteli 0,29 ja 18 ha:n välillä, keskiarvo oli 3,1 ja mediaani 2,3 ha. Lohkon kokoon katsomatta otettiin kultakin peltolohkolta ja syvyydeltä kairanpistoin 25 erillistä osanäytettä, jotka yhdistettiin analyyseja varten tilavuudeltaan yhden litran kokoomanäytteeksi. Ennen kemiallisia analyysejä (Taulukko 1) maanäytteet kuivattiin +35°C:ssa ja jauhettiin 2 mm:n seulan läpi.

Kaikista maanäytteistä (256 kpl) määritettiin Taulukossa 1 näytemäärällä 256 merkityt muuttujat. Aivan kaikille näytteenottolohkoille ei näytteenotossa kuitenkaan löydetty vertailupareja, tai joissakin tapauksissa vertailuparien maan ominaisuudet poikkesivat laboratorioanalyyseihin mukaan niin paljon toisistaan esim. humuspitoisuuden suhteen, että niiden ei voitu varmasti väittää olevan samaa lähtöainesta. Tämän vuoksi kaikkien muuttujien tulokset laskettiin sekä alkuperäiselle 82 lohkon näyteaineistolle, että hieman pienemmälle 74 lohkon aineistolle, josta parittomien ja epävarmojen lohkojen tulokset oli poistettu. Alkuperäisen 82 lohkoa käsittävän näyteaineiston tunnuslukuihin viitataan puhumalla 'koko aineistosta', kun taas pienempään aineistoon viitataan puhuttaessa 'turkiseläinlannalla lannoitetuista lohkoista ja vertailulohkoista' tai 'vertailupareista'. Sekä koko aineistosta että pienemmästä parivertailuun paremmin soveltuvasta aineistosta laskettujen tunnuslukujen väliset erot olivat eri lannoitustapojen sisällä kuitenkin pieniä, minkä vuoksi kumpia tahansa tunnuslukuja voitaisiin käyttää vertailtaessa tämän tutkimuksen turkiseläinlannalla ja helppoliukoisilla lannoitusaineilla lannoitettuja lohkoja.

Lähtöainekseltaan ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan keskenään samanlaisia lohkoja, jotka soveltuivat paremmin parivertailuaineistoksi oli siis 74 kpl, jotka muodostivat 37 paria. Näiden lohkoparien etäisyys toisistaan oli korkeintaan 3 km ja 21 paria oli ainoastaan ojan tai tien toisistaan erottamia, jolloin peltokuvion etäisyys lohkon laidasta toisen lohkon laidtaan oli korkeintaan 10 metriä. Lopuista 16:sta lohkoparista 10 sijaitsi 150–600 metrin etäisyydellä toisistaan. Näistä parivertailuihin soveltuvista lohkoista valittiin ensimmäisten analyyseihin (Taulukossa 1 merkitty näytemäärällä 256) jälkeen jatkoanalyyseihin 9 lohkoparia mineraalimaita ja 4 lohkoparia eloperäisistä maista siten, että jatkoanalyyseissä oli eloperäisiä maita, hienorakeisia kivennäismaita, sekä karkeita kivennäismaita. Valittaessa maita jatkoanalyyseihin erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, että muokkauskerroksen alapuolelta otettujen näytteiden orgaanisen hiilen pitoisuus, pH ja vaihtuvien kationien (Ca, Mg, K) pitoisuudet olivat mahdollisimman samanlaisia lohkoparien kesken. Tällä menetelmällä pyrittiin varmistamaan, että lohkoparien sisällä mahdolliset fosforipitoisuuksien erot voitaisiin perustellusti olettaa johtuvan nimenomaan lannoituksesta. Tälle osaotokselle tehtiin tarkentavia analyyseja, joiden näytemääräksi on Taulukossa 1 merkitty luku 84.

Taulukko 1. Maanäynteille tehtyjen kemiallisten analyysien luettelo ja analyysin tarkoitus

Analyysi	Näytemäärä	Alkuaineet	Analyysin tarkoitus
Viljavuus + pH	256	P, Ca, K, Mg	Helppoliukoinen P, taustamäärytyksiä
Aistinvar. maalaji	256	-	Taustamäärytys
Orgaaninen C	256	C	Taustamäärytys, osana orgaanisen aineksen P-pitoisuuden arviointia
P:n kokonaismäärä	256	P	Maan kokonais-P:n määrän muutoksen arviointi
Epäorgaaninen (Pi) ja orgaaninen P (Po)	84	P	Orgaanisen P:n määrä ja sen suhteellinen osuus maan P:sta
Mehlich3-uutto	256	P, Al, Fe	Maan P-tyllästysasteen arviointi

Viljavuusanalyysin menetelmä on kuvattu artikkelissa Vuorinen ja Mäkite (1955). Fosforin kokonaismäärä puolestaan määritettiin Bowmanin (1988) kuvaaman menetelmän mukaan. Orgaanisen hiilen määrä mitattiin LECO CN-2000 analysaattorilla. Epäorgaaninen ja orgaaninen fosfori määritettiin mukaellen nk. Saunders–Williamsin polttomenetelmää (Olsen ja Sommers, 1982) siten, että fosfori mitattiin ICP:llä kolorimetrisen mittauksen sijasta. Mehlich 3 –uutto tehtiin kuten Mehlich (1984) sen esittää.

Pienemmän osaotoksen maanäynteille tehtiin Taulukossa 1 lueteltujen analyysien lisäksi fosforin kemiallinen fraktiointi nk. mukautetun Hedleyn menetelmän mukaan. Alkuperäiseen menetelmään (Hedley ym., 1982) tehty muutos koskee uuton ensimmäistä vaihetta, jossa vesiuuton jälkeen tehtävä uutto anioninvaihtohartsia käyttäen on korvattu toisella vesiuutolla. Tämän kemiallisen fraktioinnin tarkoituksena on luokitella maan fosforia liukoisuuden mukaan seuraavasti:

1. Vesiliukoinen P (kaksi peräkkäistä vesiuuttoa) – helposti maassa liikkuva, käyttökelpoinen tai helposti käyttökelpoiseksi muuttuva (epäorgaaninen ja orgaaninen) P
2. Bikarbonaattiliuokseen uuttuva P – kuvaa yhdessä vesiliukoisen jakeen kanssa maan helposti käyttökelpoisen eli labiilin P:n varantoa
3. Emäkseen (NaOH) uuttuva P – kuvaa hitaasti käyttökelpoiseksi tulevia P-varoja
4. Happoon (HCl) liukeneva P – hyvin pysyvät P-varat, kasveille lähes käyttökelvoton fosforin jae

Lannoitustavat ja –määrät vuodesta 1970 alkaen selvitettiin maanäytteenoton yhteydessä tehdyissä haastatteluissa ja 77 lohkon tiedot saatiin kirjattua. Haastattelussa kirjattiin lohkon koko, eri vuosien viljelykasvit, lantojen käyttömäärät (m^3/ha), turkiseläin (ketu/minkki), kompostoidun lannan ikä, levitysajankohta, mineraalilannoitus (kg P/ha), sekä muut levitetty lannat (pääasiassa naudan kuivike- tai lietelantaa) ja niiden mukana lisätyn fosforin määrä (kg P/ha). Turkiseläinten lannan mukana peltoon lisätyn fosforin kokonaismäärästä tehtiin arvio käyttämällä lannan fosforipitoisuuden ja kuutiopainon taulukoituja arvoja (Viljavuuspalvelu Oy, 2000). Arviota tehtäessä turkiseläinlannan fosforipitoisuuden oletettiin olevan 10 g kilogrammassa tuoretta (varastoitua) lantaa, mikä vastaa noin

30 g fosforia kuivassa lantakilossa. Kuutiometrin levitettyä lantaa oletettiin painavan 400 kg. Molemmat luvut perustuvat oletukseen levitetyn lannan noin 35 %:n vesipitoisuudesta.

Tähän tutkimukseen liittyvillä lohkoilla kasvatettiin yleisimmin nurmia, jotka uudistettiin suojaviljaan 3–4 vuoden välein. Noin kymmenesosalla lohkoista oli ollut muunlaisia pääasiassiallisia kiertoja, joissa viljat olivat pääasiassiallisina viljelykasveina mineraali-P:lla ja naudannalla lannoitetuilla mailla, ja peruna ja sokerijuurikas olivat jossain kierron vaiheessa suosittuja turkiseläinlantaa hyödyntävässä viljelyssä.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Fosforin lisäysmäärät

Turkiseläinlantaa käyttäneillä tiloilla vuosittain lisätyt fosforin kokonaismäärät peltohehtaaria kohden ovat haastattelujen mukaan olleet huomattavasti suurempia kuin helppoliukoisten mineraali-P:n ja naudannan lisäykset vertailulohkoille. Fosforin kokonaismääränä laskettuna tutkimuksessa mukana oleville lohkoille levitettiin turkiseläinlannan mukana jaksolla 1970-1979 keskimäärin noin 55 kg/ha ja jaksolla 1980-2002 noin 100 kg/ha (Taulukko 2). Olettaen turkiseläinlannan fosforin käyttökelpoisuudeksi 40 %, nämä fosforin lisäykset eivät ole poikenneet kovin suuresti voimassa olleiden suositusten arvoista; keskimäärin 40 kg:n käyttökelpoisen fosforin lisäystä nurmikiertoihin tai juureskasveille ei voi pitää tavattomana. Sen sijaan mineraalilannoitteita on ilmeisesti lisätty yleensä jopa hieman voimassa olleita suosituksia vähemmän. Mineraalilannoitteita ja naudannan lantaa saaneilla lohkoilla vuotuiset fosforin lisäysmäärät ovat olleet keskimäärin 20 kg/ha (Taulukko 2).

Taulukko 2. Keskimääräinen vuotuinen fosforilannoitus (kg/ha) kolmen noin kymmenen vuoden jakson aikana 77:llä tässä tutkimuksessa mukana olleella tutkimuslohkolla. Turkiseläinlantana lisätyn fosforin määrä on arvioitu lannan levitysmäärien ja taulukoitujen arvojen perusteella (kts. Aineisto ja menetelmät -osa). Luvut ovat koko käytettävissä olleen aineiston keskiarvoja.

	Mineraalilannoitteina ja naudannan lantana fosforia (34 lohkoa)	Turkiseläinlannassa lisätyn fosforin kokonaismäärä (43 lohkoa)	Turkiseläinlannassa lisätty käyttökelpoista fosforia (40 %:n käyttökelpoisuusaste)
1970–1979	20,1	55,4	22,1
1980–1989	20,1	102,8	41,1
1990–2002	20,0	96,6	38,6

Turkiseläinlannan mukana levitetyn fosforin käyttömäärissä näytti tapahtuvan jaksolla 1980–1989 suuri muutos. Ennen vuotta 1980 lasketut levitysmäärät olivat käyttökelpoisen fosforin (40 % kokonaismäärästä) osalta samansuuruisia kuin vertailulohkoilla, mutta 1980-luvulta lähtien keskimääräinen turkiseläinlannan mukana levitettävä fosforimäärä oli lähes kaksinkertainen ensimmäiseen kymmenvuotiskauden fosforimääriin verrattuna. Lannoitussuosituksen muutokseen nähden tämä on ollut selvästi ei-toivottua kehitystä, sillä esimerkiksi nurmi-vilja –kierron fosforilannoitusta suositeltiin 1980-luvun puolessa välissä vähennettäväksi noin neljänneksen 'huonossa' P-tilassa olevilla mailla ja asteittain enemmän maan P-tilan mukaan, jopa kolme neljänestä 'korkeassa' P-tilassa olevilla mailla (Yli-Halla ym., 2001). Tämän suuren muutoksen lisäksi lannoitussuosituksia pienennettiin vielä uudelleen kerran (noin 20 %) 1990-luvun alussa. Olettaen, että lannoitusmäärien arvioinnissa ei ole tapahtunut suuria virheitä, lannoitussuosituksen

muutokset eivät siten näy lainkaan Taulukkoon 2 kirjatuiissa fosforin levitysmäärissä. Lisääntyneet fosforimäärät jälkimmäisillä kymmenvuotijaksoilla saattavat olla seurausta yksinkertaisesti suuremman lantamäärän levittämisestä samalle peltoalalle. Tämä on kuitenkin vain yksi mahdollinen selitys, sillä turkiseläinten tuotantomäärien samanaikaisia muutoksia kyselyyn osallistuneilla tiloilla ei selvitetty.

3.2 Fosforin kokonaispitoisuudet maassa

Koko aineiston pintamaanäytteissä fosforin kokonaispitoisuuksien keskiarvo oli 1540 mg/kg. Turkiseläinlannalla lannoitujen lohkojen pintamaiden fosforipitoisuudet olivat keskimäärin noin 800 mg/kg korkeampia kuin läheisillä mineraali-P:lla ja naudon lannalla lannoitettuihin verrokkilohkoilla (37 lohkoparia). Pintamaahan kertymisen lisäksi turkiseläinten lannan mukana lisättyä fosforia oli selvästi myös liikkunut maaprofiilissa alaspäin, koska näiltä lohkoilta löytyi korkeampia fosforin kokonaispitoisuuksia syvemmistäkin maakerroksista kuin verrokkilohkojen maanäytteistä. Muokkauskerrosta syvemmältä, 20–40 cm:n maakerroksesta, otetuista turkiseläinlantaa saaneiden lohkojen näytteistä löytyi 610 mg/kg enemmän fosforia kuin verrokkilohkojen maasta otetuista näytteistä. Tämä on huomattava määrä, kun se suhteutetaan koko aineiston vastaavan maakerroksen keskiarvoon 1260 mg P/kg. Vielä 40–60 cm:n syvyydeltä otetuissa näytteissäkin oli turkiseläinlantaloikoilla 170 mg/kg enemmän fosforia kuin verrokkilohkoilla. Koko aineiston keskilukujen erot eivät suuresti poikenneet edellä selostetuista parivertailuaineistossa havaituista lannoitustapojen välisistä eroista (Taulukko 3).

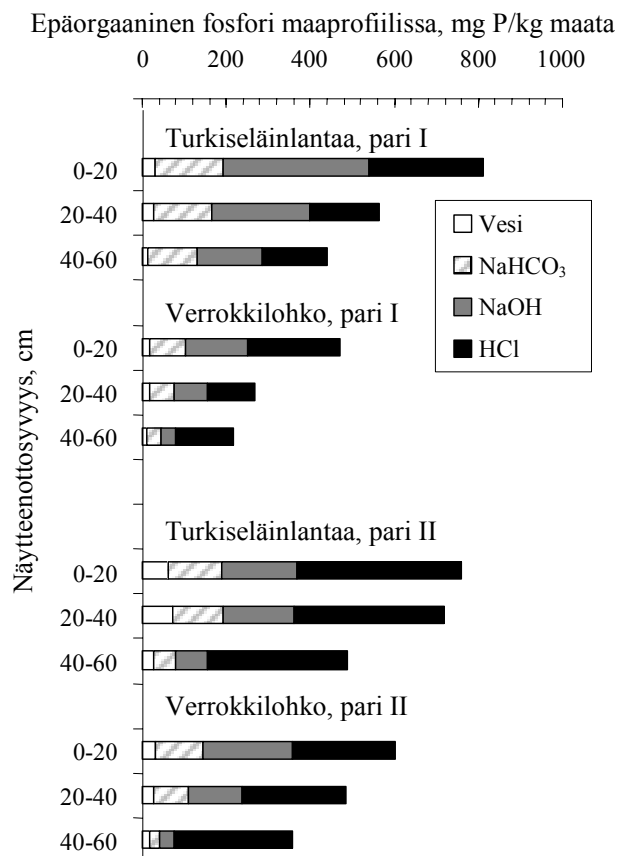
Taulukko 3. Eri syvyyksiltä otettujen maanäytteiden fosforin kokonaispitoisuuden (mg/kg) keskiarvo ja mediaani, sekä vaihteluväli (min–max) mineraalilannoitteilla ja naudon lannalla (helppoliukoisella fosforilla) lannoitettuihin lohkoilla ja turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla. Luvut ovat koko aineiston tunnuslukuja.

Syvyys	Helppoliukoista fosforia saaneet verrokkilohkot			Turkiseläinlantaa saaneet lohkot		
	keskiarvo	mediaani	min–max	keskiarvo	mediaani	min–max
0–20 cm	1140	1070	620–2110	1930	1770	800–3980
20–40 cm	940	840	500–1880	1550	1330	700–3100
40–60 cm	770	690	380–1540	940	860	450–2120

3.3 Fosforin muodot ja liukoisuus maassa fraktiointianalyysin mukaan

Fosforin jakautumista liukoisuudeltaan erilaisiin jakeisiin tutkittiin 13 lohkoparin aineistosta. Tähän otokseen valitut lohkoparit sijaitsivat aivan toistensa lähellä ja lohkoparien maiden ominaisuudet vastasivat mahdollisimman tarkasti toisiaan. Kun uuttuvan epäorgaanisen ja orgaanisen fosforin määriä verrattiin lohkoparien kesken (tuloksia ei esitetty), turkiseläinlannan lisäyksen ei havaittu kasvattaneen maan orgaanisen fosforin varoja sen enempää kuin mineraalilannoituksena annettu fosfori. Koska fosforin fraktiointianalyysin tulokset lisäksi osoittivat, että noin 90 % maasta uuttuvan fosforin kokonaismäärän kasvusta voitiin yhdistää uuttuvan epäorgaanisen fosforin määrän lisääntymiseen, ei orgaanisen fosforin jakeita raportoida tarkemmin.

Turkiseläinten lannalla lannoitetuilla lohkoilla maasta uuttuva fosfori jakautui epäorgaanisiin fosforijakeisiin siten, että 51 % maan fosforista oli niukkaliukoista (happoon liukenevaa fosforia) ja 42 % kasveille käyttökelpoisia varoja (vesiliukoista ja emäsluoksiin uuttuvaa). Käyttökelpoinen fosfori puolestaan jakaantui lähes tasan (47 ja 53 %) helposti käyttökelpoiseen (labiiliin) ja hitaasti käyttökelpoiseksi tulevaan (NaOH:iin liukenevaan) jakeeseen. Vaikka yksittäisistä fosforijakeista niukkaliukoinen, vasta happoon liukeneva, jae kasvoi määrällisesti eniten turkiseläinlannan lisäyksen seurauksena, myös helpoliukoisen (vesiliukoisen ja NaHCO₃:iin uuttuvan) fosforin määrät lisääntyivät yleisesti (kts. Kuva 1 ja Taulukko 4). Turkiseläinten lannan runsaita lisäyksiä seurannut epäorgaanisen fosforin määrän kasvu heijastui suhteellisesti voimakkaimmin vesiliukoiseen jakeeseen.



Kuva 1. Esimerkki kahden lohkoparin fosforin fraktioinnin tuloksista. Vesi- ja NaHCO₃-fraktiot muodostavat helposti käyttökelpoisen fosforin jakeen, NaOH:lla uuttuva fosfori kuvaa hitaasti käyttökelpoista fosforivaraa, kun taas happoon (HCl) uuttuvaa fosforijaetta pidetään kasveille huonosti käyttökelpoisena.

Esimerkkinä esitettyjen kahden lohkoparin tulosten lisäksi (Kuva 1) lohkoparit käsittävän aineiston fraktioinnin tulosten keskiarvoja on esitetty taulukossa 4. Taulukon 4 tulokset on erikseen jaettu mineraalimaiden ja eloperäisten maiden ryhmiin, sillä lohkoparien väliset lannoitustavasta johtuvat erot, erityisesti veteen uuttuvassa jakeessa, olivat varsin suuria eloperäisillä mailla. Eloperäisten maiden ja mineraalimaiden välisten erojen vaikutuksista fosforin huuhtoutumisalttiuden kannalta on keskusteltu jäljempänä (kappaleessa 3.5).

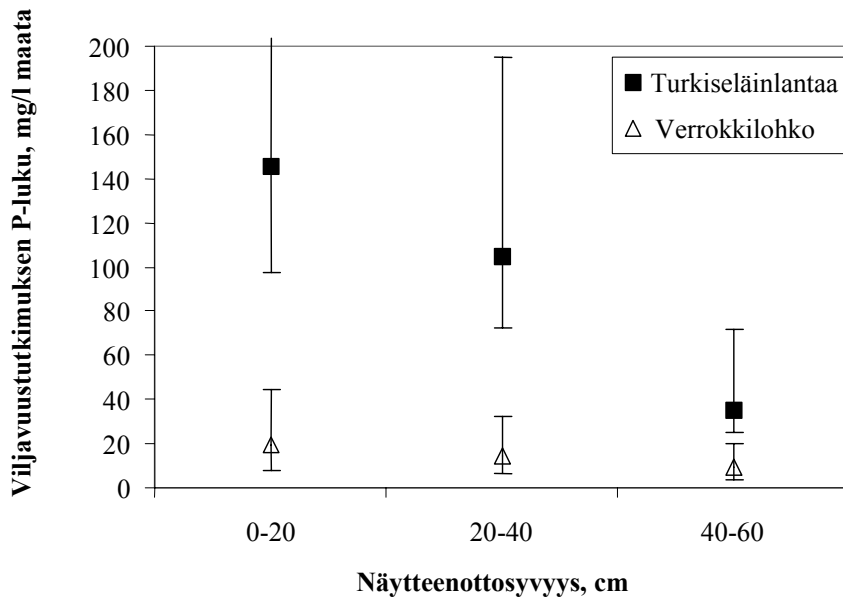
Taulukko 4. Epäorgaanisen fosforin jakautuminen liukoisuudeltaan erilaisiin jakeisiin (mg/kg) mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla, tai turkiseläinten lannalla lannoitettujen lohkojen pintamaassa (0–20 cm:n maakerroksessa) mineraalimaiden (9 lohkoparia) ja eloperäisten maiden (4 lohkoparia) ryhmissä. Luvut ovat keskiarvoja.

	Mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla lannoitetut lohkot		Turkiseläinlannalla lannoitetut lohkot	
	Mineraalimaat	Eloperäiset maat	Mineraalimaat	Eloperäiset maat
Vesiliukoinen fosfori	25	69	82	350
Helposti käyttökelpoinen (bikarbonaattiliuokseen uuttuva) fosfori	96	86	190	270
Hitaasti käyttökelpoiseksi tuleva fosfori	190	180	360	660
Huonosti käyttökelpoinen fosfori	250	130	650	510

Kun fosforilisäysten kokonaismäärät turkiseläinten lantaa käytettäessä olivat hyvin erilaisia kuin verrokkilohkoille annetun fosforin määrät, ei fraktioiden muutosten perusteella voida sanoa kasvattaako nimenomaan turkiseläinlantana lisätty fosfori maan pysyvämpiä fosforireservejä enemmän kuin mineraali-P ja naudan lannan fosfori. Ainakin osa fosforin fraktioiden suhteellisen jakauman eroista turkiseläinlantaa saaneiden lohkojen ja verrokkilohkojen välillä johtuu erilaisista fosforin lisäysmääristä. Vaikka turkiseläinlannan sisältämä fosfori sinänsä on niukasti veteen liukenevaa ja siten fosforin lisäys turkiseläinlantana todennäköisesti yhden tai muutaman kasvukauden aikana kasvattaa pääasiassa maan hitaammin liukenevia fosforijakeita, suuret ja vuosikymmeniä jatkuvat turkiseläinlannan lisäykset eivät johda yksinomaan hitaasti mobilisoituvien fosforivarojen rikastumiseen maahan. Sen sijaan turkiseläinlannan lisääminen maahan näyttää kasvattavan kaikkia niitä fosforin jakeita, mitkä yleensäkin reagoivat fosforilisäykseen.

3.4 Maan viljavuustutkimuksen mukainen fosforitila

Myös viljavuusuuton tulosten perusteella turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla maahan oli kertynyt helppoliukoista fosforia (Kuva 2). Koko aineiston turkiseläinlantaa saaneista 46 lohokosta pintamaan fosforiluku oli 41 lohokolla vähintään 30 mg P litrassa maata, mikä pääosin oikeuttaa viljavuusluokkiin “korkea” tai “arveluttavan korkea”. Mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla lannoitetuilla mailla vastaavasti 3 pintamaanäytettä ylitti arvon 30 mg viljavuusuutossa liukenevaa fosforia litrassa maata. Vahvoja viitteitä siitä, että kyse ei ole ainoastaan viljavuustutkimuksessa käytettyyn uuttoliuokseen liukenevan osuuden kasvusta, vaan fosforin liukoisuuden todellisesta lisääntymisestä saatiin jo kemiallisen fraktioiden tuloksista. Todennäköisimmin pitkän ajan kuluessa tapahtuneen fosforin liukoisuuden ja liikkuvuuden lisääntymiseen viittaa myöskin muokkauskerroksen alapuolelta otettujen näytteiden viljavuusanalyysien tulokset. Näiden mukaan turkiseläinlantaa saaneiden maiden näytteistä kaksi kolmesta 40–60 cm:n syvyydeltä ja joka kolmas 40–60 cm:n syvyydeltä otetusta maanäytteestä sisälsi yli 30 mg/l viljavuustutkimuksessa uuttuvaa fosforia. Kemiallisen analyysin mukaan melko niukkaliukoisien ketun ja minkin lannan fosfori kasvat-
taa siten pitkän aikaa runsaasti samoilla lohkoilla käytettynä pintamaan helppoliukoisien fosforin pitoisuutta ja aiheuttaa fosforin kulkeutumista syvempiin maakerroksiin.



Kuva 2. Viljavuusuuton fosforipitoisuuden jakauma koko näyteaineistossa; 45 turkeiseläinlannalla lannoitettua lohkoa ja 37 mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla lannoitettua verrokkilohkoa. Merkkien keskukset osoittavat keskiarvon ja janojen päät 1. ja 3. kvartiilin arvot (Q25 ja Q75).

3.5 Eri tavoin lannoitettujen maiden fosforinkyllästysaste ja huuhtoumariskit

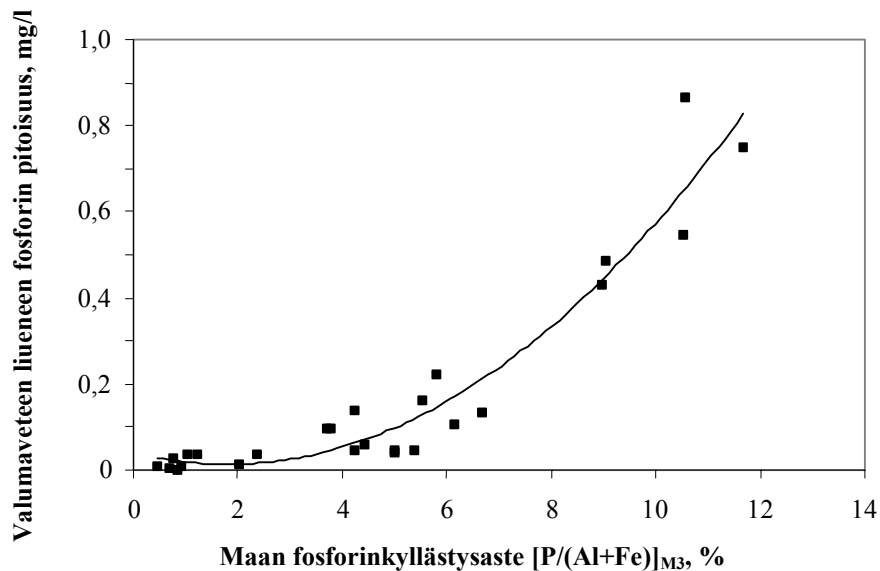
Fosforin pidättyminen voi vaihdella suuresti maasta ja maakerroksesta toiseen maan pidätysominaisuuksien mukaan. Vakiosuuruinen fosforilisäys kasvattaa valumaveteen vapautuvan fosforin määrää eri tavoin eri maissa, eivätkä lannoitus, pellon fosforitase, tai fosforin kokonaismäärän mittaus ole yksinään riittäviä työkaluja huuhtoumariskien arvioinnissa. Myöskään vesi- tai viljavuusuuttoliuosten fosforipitoisuudet eivät välttämättä anna samanlaista kuvaa erilaisiin maihin yllannoituksen seurauksena liittyvistä ympäristöriskeistä, vaikka ne toimivatkin suuntaa-antavina testeinä (Jansson ym., 2000; Uusitalo ja Jansson, 2002).

Valuma- ja vajoveteen liukenevan fosforin määrää ja helppoliukoisten fosforijakeiden suuruutta kontrolloi maan fosforinkyllästysaste. Meikäläisissä maissa fosforinkyllästysaste määräytyy pääosin reaktiivisten alumiini- ja rautaoksidien, sekä niihin pidättyneen fosforin määräsuhteiden perusteella. Maan fosforinkyllästys lasketaan seuraavasti:

$$\text{Fosforinkyllästysaste (\%)} = 100 \times \frac{\text{Oksidipinnoille pidättyneen P:n ainemäärä}}{\text{Al- ja Fe-oksidiin ainemäärä}}$$

Yksinkertaisimmillaan maan fosforinkyllästysasteen laskemiseen tarvittavien tekijöiden suuruutta voidaan arvioida uuttamalla fosforia, alumiinia ja rautaa esimerkiksi nk. Mehlich 3 -liuoksella (Mehlich, 1984).

Koska tämän tutkimuksen puitteissa ei voitu mitata huuhtoumia tai peltovalumavesien fosforipitoisuutta, pitkään jatkuneiden suurten fosforimäärien lisäyksen vaikutuksia kuormitusriskin arviointiin käytettiin aiemmissa tutkimuksissa tehtyjen sadesimulaatiokokeiden tuloksia. Aiempien kokeiden perusteella havaitun maan fosforinkyllästysasteen ja valumavesien fosforipitoisuuden välinen yhteys on esitetty kuvassa 3.

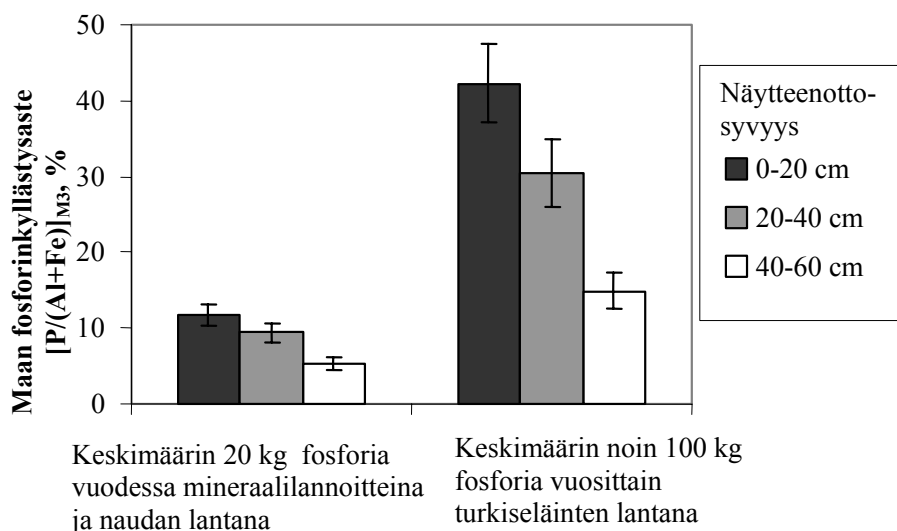


Kuva 3. Maan fosforinkyllästysasteen (määritettynä Mehlich 3 –uutona avulla) vaikutus pintavalumaveeteen liueneen fosforin pitoisuuteen. Kuvassa esitetty yhteys perustuu 32 savimaan sadetuskokeeseen (Uusitalo ja Aura, julkaisematon aineisto).

Sadesimulaatiokokeiden tulosten perusteella näyttää siis siltä, että valumavesiin liukenevan fosforin pitoisuus kasvaa sitä voimakkaammin mitä suurempi on maan reaktiivisten oksidien fosforinkyllästysaste (Kuva 3). Sadetuskokeen aineistossa fosforinkyllästysaste oli keskimäärin noin 5 % ja tämän kyllästysasteen omaavissa maissa yhden prosenttiyksikön kyllästysasteen muutos vastasi valumaveden fosforipitoisuuden muutosta jonka suuruus olisi noin 20 µg/l. Kun maan fosforinkyllästysaste kasvoi noin 10 %:iin, vastasi yhden yksikön kyllästysasteen muutos sadetuskokeen maissa jo likimain 100 µg/l:n muutosta valumaveden fosforipitoisuudessa.

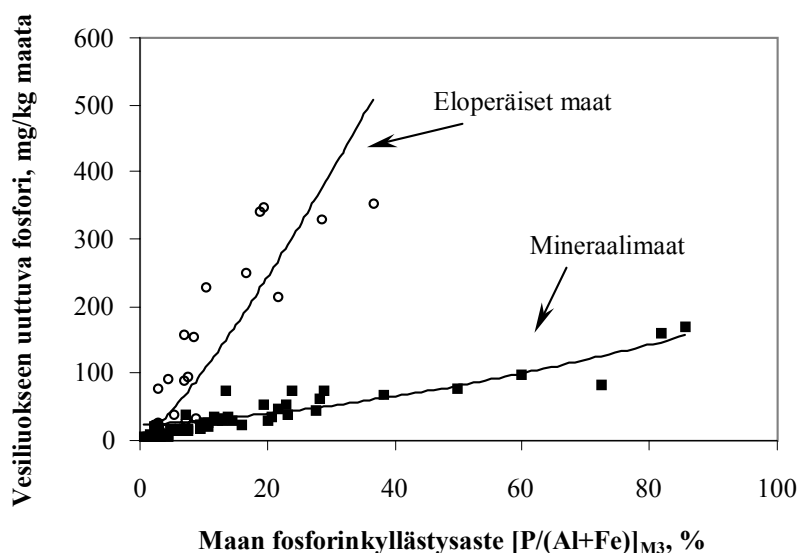
Keskimääräinen fosforinkyllästysaste oli tämän tutkimuksen aineistossa 19 % ja sen vaihteluväli alle 1 %:sta 180 %:iin. Koko tämän tutkimuksen aineiston (sisältäen myöskin pohjamaanäytteet) keskiarvo asettuu melko tarkalleen kanadalaisille maille ehdotetun vesistökuormitusriskin raja-arvon kohdalle. Siellä kohonnut kuormitusriski yhdistetään peltoihin, joiden fosforinkyllästysaste Mehlich 3 –uutona avulla määritettynä ylittää 20 % (Beauchemin ym., 2003). Tämän tutkimuksen aineistossa mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla lannoitettujen verrokkimaiden fosforinkyllästysaste oli tätä raja-arvoa alhaisempi, kun taas runsaasti turkiseläinlataa saaneilla mailla ainoastaan pohjamaat (40–60 cm) alittivat 20 %:n raja-arvon (Kuva 4).

Tämän tutkimuksen maiden ei voida varmasti olettaa noudattavan täysin samanlaista maan fosforinkyllästykseen ja valumaveden fosforipitoisuuden välistä yhteyttä kuin sadetuskokeiden maiden. Näin ollen fosforinkyllästykseen perusteella ei voida arvioida todellisia valumavesien fosforipitoisuuksia. Myöskään kanadalaisten suositusten soveltuvuudesta Suomeen ei ole tietoa. Tästä huolimatta voidaan todeta, että suurin osa tähän tutkimukseen liittyvistä turkiseläinlannalla lannoitetuista maista sisältää kuormitusriskin kasvun kannalta liikaa fosforia suhteessa maiden pidätyskapasiteettiin. Kun myöskin viljavuusanalyysin mukainen kasveille käyttökelpoisen fosforin pitoisuus oli tutkituissa pelloissa lähes poikkeuksetta korkeaa tasoa, on tällaisten maiden fosforilannoitus myös kasvinravitsemukselliselta kannalta turhaa.



Kuva 4. Keskimääräinen maan fosforinkyllästysaste eri syvyyksillä mineraalilannoitteilla ja naudan lannalla lannoitetuilla lohkoilla ja runsaasti turkislantaa saaneilla lohkoilla (100 kg/ha on lannan sisältämän fosforin kokonaismäärä). Janat osoittavat keskiarvon keskivirheen suuruuden. Lannoitus-tasot on arvioitu vuodesta 1970 lähtien viljelijähaastattelujen tulosten perusteella.

Kuten jo taulukosta 4 voitiin lukea, vesiliukoisen fosforin määrä oli kasvanut erityisesti eloperäisten maiden yllannoituksen seurauksena ja riski fosforin huuhtoutumiselle oli suuri. Varsin suuren fosforin liukoisuuden kasvun taustalla oli se seikka, että maan fosforikyllästysasteen muuttuessa vesiliukoisen fosforin määrä muuttui tämän tutkimuksen eloperäisillä mailla huomattavasti helpommin kuin mineraalimailla (Kuva 5).



Kuva 5. Maan fosforikyllästysasteen ja veteen liukenevan fosforin välinen yhteys 9:ltä mineraalimaalohkolta ja 4:ltä eloperäiseltä maalta otetuissa maanäytteissä. Toisin kuin sadesimulaatioissa, fosforikyllästysasteen ja maasta veteen uuttuvan fosforin välinen yhteys on lähes lineaarinen, sillä uuton aikana erittäin korkeana pysyvä veden fosforipitoisuus estää maan fosforin vapautumista maasta veteen.

Yhden prosenttiyksikön fosforikyllästyksen kasvua seurasi eloperäisillä mailla noin 12 mg/kg vesiliukoisen fosforin määrän kasvu, kun vastaava muutos oli ainoastaan 1,5 mg/kg mineraalimailla. Eloperäisiä maita ja mineraalimaita edustavien näyteryhmien sisällä maan fosforikyllästysasteen kasvun ja vedellä uuttuvan fosforin välinen yhteys oli samanlainen turkiseläinlannalla lannoitetuissa maissa ja verrokkimaissa (lannoitustapoja ei ole merkitty kuvaan 5). Myös tämä viittaa siihen, että maassa turkiseläinten lannan fosforin liukoisuus on pitemmän ajan kuluessa lisääntynyt ja pitkän aikaa käytettäessä turkiseläinlannan fosforin liukoisuutta tulee käsitellä lähes samanarvoisena kuin mineraalilannoitteiden fosforia.

4 Yhteenveto

Turkieläinten lanta sisältää runsaasti fosforia, joka on pääosin hitaasti liukenevaa. Maassa turkiseläinlannan lannoitusvaikutus on aluksi heikompi kuin esimerkiksi naudan lannan lannoitusvaikutus. Näin ollen turkiseläinten lantaa hyödyntävässä viljelyssä on nykyisten ympäristöohjelman suositusten puitteissa sallittu muihin lantalajeihin nähden suurempien fosforin kokonaismäärien lisääminen peltoon.

Pidemmän ajan kuluessa kasvien fosforin ottoa suuremmat lisäysmäärät turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla ovat kasvattaneet maan fosforin kokonaispitoisuutta huomattavasti. Vaikka määrällisesti suurin osa ketun tai minkin lannan mukana maahan lisäystä fosforista oli maan fraktiointianalyysin tulokinnan mukaan kertynyt kasveille huonosti käyttökelpoiseen muotoon, alunperin hyvin niukkaliukoinen turkiseläinlannan fosfori oli kuitenkin kasvattanut myös kasveille käyttökelpoisen ja huuhtoutumiselle alttiina olevan fosforin pitoisuutta maassa, vieläpä suhteellisesti enemmän kuin niukkaliukoista fosforijaetta. Todennäköisesti niukkaliukoisen fosforijakeen määrällinen kasvu runsaasti turkiseläinlantaa saaneilla lohkoilla johtuu osin fosforin suurista käyttömääristä, sen lisäksi että lisätty fosfori oli hitaasti maassa liukenevaa.

Käyttökelpoisten ja huuhtoutumiselle alttiiden fosforijakeiden kasvu heijastui selvästi myös viljavuustutkimuksessa mitattavan helppoliukoisen fosforin pitoisuuksissa maassa. Sen lisäksi maan fosforikyllästysaste oli korkea runsaasti turkiseläinlantaa saaneissa maissa. Pitkän ajan kuluessa maahan lisätyt suuret fosforimäärät olivat aiheuttaneet maan fosforinpidätyspaikkojen täyttymisen pintamaan lisäksi myös syvemmissä maakerroksissa ja luultavasti lisänneet fosforin kulkeutumista pintavalunnan ja salaojavesien mukana vesistöihin.

Vaikka maatalouden ympäristöohjelman puitteissa on turkiseläinlantaa hyödynnettäessä mahdollista käyttää yli kaksinkertaisia fosforilisäyksiä mineraalilannoitteisiin verrattuna, fosforilisäyksiä on syytä rajoittaa lohkoilla, joilla turkiseläinten lannan mukana on pitkään lisätty suuria määriä fosforia. Koska turkiseläinten lanta on hyvin fosforipitoista ja sen kuiva-ainepitoisuus on suhteellisen suuri, ketun ja minkin lannan kuljettaminen on edullisempaa kuin useiden muiden lantalajien. Näin ollen sitä kannattaa levittää myöskin kauempana lannan syntypaikasta sijaitseville pelloille.

Nyt havaitun kaltaisia maan fosforipitoisuuksia tulisi pyrkiä lisäksi aktiivisesti alentamaan. Koska ilman fosforia viljeltäessä maan P-tilan aleneminen tapahtuu hitaasti, olisi etsittävä myös muita keinoja maan liukenevien fosforivarantojen sitomiseksi ja valumaveden fosforipitoisuuksien pitämiseksi kohtuullisella tasolla.

5 Kirjallisuus

- Beauchemin, S., R. R. Simard, M. A. Bolinder, M. C. Nolin & D. Cluis. 2003. Prediction of phosphorus concentration in tile-drainage water from the Montreal Lowland soils. *Canadian Journal of Soil Science* 83: 73–87.
- Bowman, R. A. 1988. A rapid method to determine total phosphorus in soils. *Soil Science Society of American Journal* 52: 1301–1304.
- Hartikainen, H. 1979. Phosphorus and its reactions in terrestrial soils and lake sediments. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 51: 537–625.
- Hedley, M. J., J. W. B. Stewart & B. S. Chauchan. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. *Soil Science Society of American Journal* 46: 970–976.
- Jansson, H., V. Mäntylähti, A. Närvänen & R. Uusitalo. Phosphorus content of ditch sediments as an indicator of critical source areas. *Agriculture and Food Science in Finland* 9: 217–221.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich-3 soil extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15: 1409–1416.
- Olsen, S. R. & L. E. Sommers. 1982. *Organic phosphorus – Ignition Method*. s. 411-413 Teoksessä: Page ym. (toim.). *Methods of Soil Analysis. Part 2 – Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Agronomy Book Series No. 9. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.*
- Schindler, D. W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260–262.
- Sharpley, A. N., R. W. Tillman, and J. K. Syers. 1977. Use of laboratory extraction data to predict losses of dissolved inorganic phosphate in surface runoff and tile drainage. *Journal of Environmental Quality* 6: 33–36.
- Sillanpää, M. 1961. Fixation of fertilizer phosphorus as a function of time in four Finnish soils. *Agrogeological Publications N:o 80. 22 s.*
- Turtola, E. ja M. Yli-Halla. 1999. Fate of phosphorus applied in slurry and mineral fertilizer: Accumulation in soil and release into surface runoff water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 165–174.
- Uusitalo, R. & H. Jansson. 2002. Dissolved reactive phosphorus in runoff assessed by soil extraction with an acetate buffer. *Agriculture and Food Science in Finland* 11: 343–353.
- Viljavuuspalvelu Oy. 2000. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy, Mikeli. 31 s.
- Vuorinen, J. & O. Mäkitie. 1955 The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63: 1–44.
- Yli-Halla, M., A. Nykänen, K. Siimes ja H.-R. Tuhkanen. 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan helpoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT:n julkaisuja, Sarja A, No. 77. MTT, Jokioinen. 45 s.
- Ylivainio, K., R. Uusitalo, E. Turtola & T. Rekilä. 2003. Phosphorus solubility in fur animal manure and meat and bone meal. *Julkaisussa: Oiva Niemeläinen and Mari Topi-Hulmi (toim.). Proceedings of the NJF's 22nd congress 'Nordic Agriculture in Global Perspective', July 1-4, 2003, Turku, Finland. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland, NJF.*

Turkislannan lannoituskäyttö

Arjo Kangas

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro

Tiivistelmä

Oikein käytettynä turkiseläinten lanta on käyttökelpoista lannoitusainetta peltokasvituotannossa. Verratut eri lantalajit eivät merkittävästi eronneet tässä suhteessa toisistaan. Myös brikettimuotoon jalostettu lannoite oli kasvintuotannon näkökulmasta käyttökelpoinen.

Peltokasvituotannossa typpi on sadon määrän kannalta tärkein ravinne. Turkislannan kokonaistyyppipitoisuuden analysoiminen antaa hyvän perustiedon lannoituskäytön suunnitteluun. Turkislanta on tehokkaimmillaan lannoituskäytössä silloin, kun osa –noin 20-30 % typpilannoitustarpeesta – voidaan antaa väkilannoitteena. Tällöin sato on yhtä hyvä kuin väkilannoitteella lannoitettaessa. Jos kasvin koko typpitarve katetaan turkislannan tyypellä, jää sato helposti hieman väkilannoitettua kasvustoa pienemmäksi. Näin siinäkin tapauksessa, että turkislannasta tuleva kokonaistyyppimäärä olisi selvästi suurempi kuin kasvin typpitarve.

Turkislannan lannoituskäyttöä hankaloittaa sen suuri fosforipitoisuus. Käytetyn fosforilannoituksen määrä vaikuttaa sadon fosforipitoisuuteen vain vähän. Samoin on sadon sisältämän kokonaisfosforipitoisuuden laita. Rehuviljan ja nurmen fosforin otto riippuu lähinnä sadon määrästä.

Use of fur animal manure as fertilizer

Arjo Kangas

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Alapääntie 104, FI-61400 Ylistaro

Abstract

Properly used, fur animal manure is a useful fertilizer in crop production. The different types of manure compared did not differ significantly in that respect. A fertilizer processed into briquettes was also useful from the point of view of plant production.

In crop production nitrogen is the most important nutrient as far as the yield is concerned. Analysis of the total nitrogen content of fur animal manure gives a good basis for the planning of fertilizer use. Fur animal manure is most effective in use as a fertilizer when part of the nitrogen requirement (approx 20-30%) can be given as artificial fertilizer. This gives a yield equal to that when artificial fertilizers are used alone. If the whole nitrogen requirement of the plant is covered by nitrogen from fur animal manure, the yield tends to remain slightly smaller than when artificial fertilizers are used. This remains true even when the total nitrogen from fur animal manure is clearly higher than the nitrogen requirement of the plant.

The fertilizer use of fur animal manure is hampered by its high phosphorus content. The quantity of phosphorus fertilization used has only a slight effect on the phosphorus content of the harvest. This is also true of the total phosphorus content of the harvest. The phosphorus uptake of forage crops and grass depends mainly on the yield.

Key words: organic fertilizers, mink, fox

1 Aineisto ja menetelmät

1.1 Turkislantalajien vertailu 2001 - 2002

Turkislantalajien vertailukokeissa verrattiin vuosina 2001 ja 2002 neljää erilaista turkislantaa ohran lannoitteena. Vertailtavat lantalajit olivat tuore ja kompostoitu turvelanta, tuore ja kompostoitu olkilanta sekä lantabriketti. Koejäsenten fosforilannoitus oli taulukon 1 mukainen.

Koejäsen A oli kokonaan lannoittamaton. Fosfori annettiin väkilannoitteena koejäsenessä C ja turkislantana koejäsenissä D-H. Määritetyn ravinnesisällön mukaan kaikkia turkislantatoja levitettiin määrä, jossa oli fosforia 60 kg/ha. Koejäsenissä B-H annettiin typpilannoitus suomensalpietarina siten, että koejäsenen kokonaistyppilannoitus oli 100 kg/ha. Turkislantakoejäsenissä D-H tämä merkitsi turkislannassa annetun typpimäärän täydentämistä suomensalpietarilla.

Taulukko 1. Eri koejäsenten fosforilannoitus turkislantojen vertailukokeessa 2001-2002.

Koejäsen	Fosforilannoitus
A	Lannoittamaton
B	P 0 kg/ha
C	P 12 kg/ha väkilannoite
D	P 60 kg/ha, turvelanta tuore
E	P 60 kg/ha, turvelanta kompostoitu
F	P 60 kg/ha, olkilanta tuore
G	P 60 kg/ha, olkilanta kompostoitu
H	P 60 kg/ha, lantabriketti

Turkislannat ja suomensalpietari punnittiin ja levitettiin koeruuduille hajalleen ennen kylvöä. Ennen levittämistä koealue oli muokattu kylvökuntoon. Lannoitteet mullattiin äestämällä. Tämän jälkeen tehtiin kylvö normaalisti. Koe toteutettiin normaalien kenttäkoemenetelmien mukaan lohkoittain satunnaistettuna kokeena neljällä kerranteella.

Turkislantojen levitysmäärät olivat tyypillisestä runsaasta fosforipitoisuudesta johtuen suhteellisen pieniä, 2,6 - 4,6 tonnia/ha vuonna 2001 ja 2,61-5,45 tonnia hehtaarille vuonna 2002.

Taulukko 2. Turkislantojen ravinnemäärät kg/tonni vuonna 2001 ja 2002

Koejäsen	Lantalaji	N 2001	N 2002	P 2001	P 2002
D	turvelanta tuore	17	12	15	16
E	turvelanta kompostoitu	17	9,0	13	11
F	olkilanta tuore	9,7	15	15	19
G	olkilanta kompostoitu	11	7,3	23	13
H	lantabriketti	20	20	23	23

1.2 Turkislantojen vertailu 2003

Vuosien 2001-2003 tulosten perusteella turkislannan vertailukokeen koesuunnitelmaa muokattiin vuodelle 2003. Eri koejäsenten fosforilannoitus on esitetty taulukossa 3. Koejäsenissä B-D ravinteet annettiin väkilannoitteena, superfosfaattina ja suomensalpietarina. Koejäsenet E-K saivat ravinteet turkislannasta. Koejäsenissä E-H turkislantoja käytettiin määrät, jotka sisälsivät fosforia 60 kg/ha. Vastaavasti koejäsenissä H-K turkislannan sisältämä fosforimäärä oli 120 kg/ha.

Typpilannoituksen osalta koejäsen A oli täysin lannoittamaton. Väkilannoitekoejäsenissä B-D annettiin typpeä 100 kg/ha suomensalpietarina. Turkislantakoejäsenissä D-K täydennettiin turkislannan sisältämää typpimäärää suomensalpietarilla siten, että koejäsenen saama kokonaistyppimäärä oli 100 kg/ha.

Taulukko 3. Turkislantojen vertailukokeen fosforilannoitus vuonna 2003.

Koejäsen	Fosforilannoitus
A	Lannoittamaton
B	P 0 kg/ha
C	P 24 kg/ha väkilannoitteena
D	P 48 kg/ha väkilannoitteena
E	P 60 kg/ha kompostoitu turkislanta
F	P 60 kg/ha tuore turkislanta
G	P 60 kg/ha lantabriketti
H	P 120 kg/ha kompostoitu turkislanta
I	P 120 kg/ha tuore turkislanta
J	P 120 kg/ha lantabriketti
K	P 120 kg/ha lantabriketti rivilannoituksena

Lannoitusaineet sisälsivät ravinteita seuraavasti:

- kompostoitu turkislanta: fosfori 10 kg/tonni, typpi 16 kg/tonni
- tuore turkislanta: fosfori 16 kg/tonni, typpi 17 kg/tonni
- lantabriketti: fosfori 26 kg/tonni, typpi 28 kg/tonni

Turkislantojen ravinnepitoisuuksien perusteella laskettiin eri lannoitusaineiden levitysmäärät, niin että haluttu fosforin kokonaismäärä saatiin kullekin koejäsenelle. Fosforimäärään 60 kg/ha levitettiin siten kompostoitua turkislantaa 6 tonnia/ha, tuoretta turkislantaa 3,75 tonnia/ha ja lantabrikettiä 2,31 tonnia hehtaarille. Typpitäydennystä tarvittiin kompostoidun turkislannan kohdalla vain 4 kg/ha. Tuoreeseen turkislantaan tarvittiin typpitäydennystä 36 kg/ha ja lantabrikettiin 35 kg/ha. Nämä annettiin suomensalpietarina. Kun turkislantoja käytettiin kaksikertaiset määrät, niiden sisältämät typpimäärät ylittivät tavoitteena olleen 100 kg/ha kokonaistyppimäärän. Eniten typpeä tuli kompostoidussa turkislannassa, 192 kg/ha. Tuoreen turkislannan ja lantabriketin typpimäärä oli hieman alle 130 kg/ha.

Koe toteutettiin ohralla ja kauralla. Kummatkin kokeet olivat lohkoittain satunnaistettuja kokeita neljällä kerranteella.

1.3 Turkislantojen vertailukoe nurmella 2001-2003

Turkislantojen vertailukoe nurmella perustettiin vuonna 2001 suojaviljaan. Suojaviljaa lannoitettiin taulukon 4 mukaisesti. Muuten perustamisvuonna koe hoidettiin kuten vastaavat viljakokeetkin.

Tulosten laskennassa nurmikokeen perustamisvuosi on yhdistetty viljakokeisiin. Nurmi-
vuosien tulokset käsitellään erikseen.

Viljan perustamisvuoden sadonkorjuun jälkeen koealueelta kerättiin oljet. Nurmikoetta jatkettiin vuodet 2002-2003. Kumpanakin vuonna koealue sain typpilannoituksen, vuonna 2002 kummallekin niitolle, mutta vuonna 2002 vain ensimmäiselle niitolle.

Taulukko 4. Eri koejäsenten fosforilannoitus perustamisvuoden turkislantojen vertailukokeessa nurmella 2001-2003.

Koejäsen	Fosforilannoitus
A	Lannoittamaton
B	P 0 kg/ha
C	P 24 kg/ha väkilannoite
D	P 120 kg/ha, turvelanta tuore
E	P 120 kg/ha, turvelanta kompostoitu
F	P 120 kg/ha, olkilanta tuore
G	P 120 kg/ha, olkilanta kompostoitu
H	P 120 kg/ha, lantabriketti

1.4 Turkislannan ja apatiitin vertailu 2001-2003

Koesarjassa verrattiin turkislantaa fosforilähteenä apatiittiin, jonka sisältämä fosfori on tunnetusti hidashiukoista. Kokeen suunnitelma on taulukossa 5. Kokeessa oli ensimmäisenä vuonna mukana täysin lannoittamaton koejäsen. Se kuitenkin jätettiin pois, ja vuosiksi 2002-2003 otettiin mukaan koejäsen, jossa fosforilähteenä oli väkilannoite. A-koejäsenä lukuun ottamatta eri koejäsenen saama typpilannoitus tasattiin suomensalpietarilla siten, että typpilannoituksen kokonaismääräksi tuli 100 kg/ha.

Kokeet tehtiin ohralla lohkoittain satunnaistettuna kokeina neljällä kerranteella.

Taulukko 5. Koesuunnitelma turkislannan ja apatiitin vertailukokeessa.

Koejäsen	Lannoitus	2001	2002 - 2003
A	Lannoittamaton	X	
B0	ei P lann. N tasataan	X	X
B1	P 50 kg/ha väkilannoite, N tasataan		X
C	P 100 kg/ha apatiitti (14 % P), N tasataan	X	X
D	P 100 kg/ha komposti, N tasataan	X	X
E	P 50 kg/ha komposti, N tasataan	X	X

2 Tulokset ja tarkastelu

2.1 Turkislantalajien vertailu 2001-2002

Turkislantojen vertailukokeissa täysin lannoittamattomat (taulukko 6) koejäsenet erottuivat sadoltaan selvästi muista, mutta muuten koejäsenen välillä erot sadossa olivat suhteellisen pieniä. Väkilannoitefosfori tuotti jonkin verran suuremman sadon kuin ilman fosforilannoitusta kasvanut koejäsen vuoden 2001 molemmissa kokeissa. Turkislannoilla lannoitettujen koejäsenen sadot jäivät vuonna 2001 pääosin näiden kahden koejäsenen satotason välille.

Taulukon 6 kokeessa 2001a turkislannan typpilannoitusta täydennettiin suomensalpietarina 30 - 71 kg/ha typpikilon verran. Kokeessa 2001b tuore ja kompostoitu turkislanta sisälsivät typpeä niin runsaasti, että lannan kokonaistyppipitoisuus ylitti tavoitetason. Tuoreessa turkislannassa typen kokonaismäärä oli 136 kg/ha ja kompostoidussa 156 kg/ha. Vuoden 2002 kokeessa käytetyt turkislannat olivat ravinnesisällöltään lähempänä toisiaan. Täydennystarve typpilannoituksen osalta oli 47 - 66 kg typpeä hehtaarille.

Eri turkislantalajien lannoitustehossa ei voi tämän koesarjan perusteella voi nähdä selviä eroja. Kolmessa kokeessa keskimäärin niiden sato poikkeaa B-koejäsenen sadosta enimmillään vain muutaman prosentin. Myös brikettimuodossa annettu lannoite on tässä koesarjassa toiminut vähintään muiden turkislantalajien veroisesti.

Taulukko 6. Ohran jyväsadot kg/ha turkislantojen vertailukokeessa 2001 - 2002. Koekäsittelyt verrattuna koejäseneseen B. Koe 2001b on nurmikokeen perustamisvuoden koe, jossa käytetyt fosforimäärät ovat kaksinkertaisia.

Koejäsen	Fosforilannoitus	2001a	2001b	2002	keskimäärin
A	Lannoittamaton	-900	-1120	-1360	-1130
B	P 0 kg/ha	3070	3580	5520	4060
C	P 12 kg/ha väkilannoite	+250	+220	-210	+90
D	P 60 kg/ha, turvelanta tuore	+30	+140	-560	-130
E	P 60 kg/ha, turvelanta kompost.	-80	+140	-80	-10
F	P 60 kg/ha, olkilanta tuore	-30	+40	-350	-110
G	P 60 kg/ha, olkilanta kompost.	-70	+220	-160	0
H	P 60 kg/ha, lantabriketti	+270	+90	-170	0
<i>p-arvo</i>		<i>0,0008</i>	<i>< 0,0001</i>	<i>0,01</i>	<i>< 0,0001</i>

Jyväsadon typpipitoisuus (taulukko 7) oli kokeessa korkein koejäsenissä B ja C, jotka saivat koko typpilannoituksen väkilannoitteena. Turkislantaa saaneissa koejäsenissä typpipitoisuudet jäivät hieman alhaisemmaksi. Kuitenkin täysin lannoittamaton koejäsen erottui muita alhaisemmalla typpipitoisuudellaan. Jyväsadon fosfori ja kaliumpitoisuuksiin koekäsittelyt eivät vaikuttaneet. Täysin lannoittamattoman A-koejäsenen magnesiumpitoisuus oli hieman muita koejäseniä korkeampi, mutta kalsiumpitoisuus alhaisempi.

Taulukko 7. Ohran jyväsadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislantojen vertailukokeissa 2001-2002.

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	1,96	4,79	6,13	0,46	1,38
B	2,11	4,54	6,22	0,50	1,34
C	2,14	4,58	6,10	0,48	1,31
D	2,07	4,69	6,08	0,48	1,32
E	2,02	4,69	6,94	0,46	1,31
F	2,05	4,72	6,13	0,47	1,33
G	2,10	4,72	6,17	0,49	1,33
H	2,04	4,70	5,98	0,47	1,33
<i>p-arvo</i>	<i>< 0,0001</i>	<i>0,11</i>	<i>0,44</i>	<i>0,01</i>	<i>0,03</i>

Lannoitus ei tuottanut suuria eroja ohran olkisadon ravinnepitoisuuksiin (taulukko 8). Ty-
pen, kaliumin ja magnesiumin pitoisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja. Täysin lannoitta-
mattomassa koejäsenessä, jossa sato jäi pieneksi, oljen fosforipitoisuus oli muita koejäse-
niä suurempi ja kalsiumpitoisuus pienempi.

Taulukko 8. Ohran olkisadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislantojen vertailukokeessa
2001-2002

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	0,89	1,09	7,96	2,90	0,59
B	0,83	0,89	8,74	3,17	0,55
C	0,86	0,86	8,94	3,45	0,60
D	0,80	0,90	7,98	3,20	0,56
E	0,92	0,89	7,80	3,16	0,59
F	0,81	0,86	7,94	3,15	0,59
G	0,84	0,90	8,18	3,39	0,56
H	0,77	0,85	7,73	3,20	0,55
<i>p-arvo</i>	<i>0,84</i>	<i>0,02</i>	<i>0,38</i>	<i>0,04</i>	<i>0,71</i>

Sadon ottamassa fosforin kokonaismäärän suhteen ainoastaan täysin lannoittamaton koejä-
sen erosi muista (taulukko 9). Eri koejäsenien välillä ei ollut eroja olkisatoon sitoutuneen
fosforinmäärien välillä. Ero koejäsenten ottaman fosforin määrään syntyy erosta jyväsadon
sisältämästä fosforimäärästä.

Taulukko 9. Jyvä- ja olkisadon ottama fosfori turkislantojen vertailukokeissa 2001-2002

Koejäsen	Fosforilannoitus	Jyväsato	Olkisato	Yhteensä
		kg/ha	kg/ha	kg/ha
A	Lannoittamaton	11,7	1,8	13,5
B	P 0 kg/ha	15,3	2,0	17,3
C	P 12 kg/ha väkilannoite	15,8	2,0	17,8
D	P 60 kg/ha, turvelanta tuore	15,4	2,0	13,3
E	P 60 kg/ha, turvelanta kompostoitu	15,7	1,9	17,7
F	P 60 kg/ha, olkilanta tuore	15,5	1,9	17,4
G	P 60 kg/ha, olkilanta kompostoitu	15,9	2,0	17,9
H	P 60 kg/ha, lantabriketti	15,9	1,9	17,8
<i>p-arvo</i>		<i>< 0,0001</i>	<i>0,92</i>	<i>0,0004</i>

2.2 Turkislantalajien vertailu 2003

Vuodelle 2003 turkislantalajien vertailukoe tehtiin hieman muutetulla koesuunnitelmalla. Mukana oli nyt aikaisempaa suuremmat turkislantamäärät. Niissä fosforia tuli 120 kg/ha. Laskennallisesti käyttökelpoista fosforia tuli tällaisella lannoituksella siis 48 kg/ha. Tällä haluttiin saada tietoa suurien turkislantamäärien vaikutuksesta kasvustoon ja kasvuston ravinteiden ottoon. Käytetty lanta oli turvelantaa.

Kokeessa käytössä ollut kompostoitu turkislanta sisälsi typpeä 16 kg/tonni ja fosforia 10 kg/tonni. Näin sillä fosforimäärä 60 kg/ha tavoitettiin 6000 kg/ha käyttömäärällä. Samalla tuli myös typen tavoiteltu typen määrä lähes täyteen – täydennystarvetta jäi vain 4 kg/ha. Tuoreella turkislannalla tarvittiin 60 kg/ha fosforimäärää vastaavalla käyttömäärällä 36 typpikilon ja lantabriketillä 35 typpikilon täydennys hehtaarille. Tavoiteltaessa suurempaa fosforimäärää näillä lannoilla typen tavoitemäärät ylittyivät selvästi. Turkislannassa tuli kompostoidussa lannassa jopa 192 kg/ha kokonaistyppeä. Tuoreella ja briketöidyllä lannalla typpilannoituksen tavoitetaso ylittyi 27 ja 29 kg/ha verran.

Tuoreen turkislannan heikko sadontuotto kaurakokeessa (taulukko 10, koejäsen C) selittyy typpilannoituksen kautta. Turkislannan sisältämää typpimäärää täydennettiin vain muutamalla kilolla suomensalpietarin typpeä. Turkislannan orgaaninen typpi tulee erityisesti keväälle kasvuston käytettäväksi hitaammin kuin väkilannoitetyppi. Tästä johtuen kompostoidulla karjanlannalla sato jäi heikommaksi kuin kahdella muulla turkislantatyypillä. Ohralla ilmiö näkyy saman suuntaisena, vaikka satoerot eivät olekaan tilastollisesti merkitseviä.

Suurilla käyttömäärillä (koejäsenet H-K) turkislannalla saatu sato jää jopa pienemmäksi kuin puolta pienemmällä käyttömäärällä. Turkislannan sisältämä typpi ei tule kasvuston käyttöön tehokkaasti, kun sitä ei täydennetä väkilannoitetyppellä. H-koejäsenessä kompostoitu turkislanta tuottaa sekä kauralla että ohralla pienempää levitysmäärää suuremman sadon. Tämä koejäsen sai typpeä yhteensä 192 kg/ha.

Briketöidyn turkislannan heikko sato (K) osoittaa selvimmin, että turkislannan kaltainen hidasliukoinen lannoite on parhaimmillaan, kun kasvin keväiseen typpitarpeeseen voidaan antaa väkilannoitetyppä.

Taulukko 10. Ohran ja kauran sadot turkislantojen vertailukokeessa vuonna 2003. Koejäsenestä B merkitsevästi eroavat ($p < 0,05$) keskiarvot on merkitty tähdellä.

Koejäsen	Lannoitus	kaura sato kg/ha	ohra sato kg/ha
A	Lannoittamaton	-700	-890
B	P 0 kg/ha N 100 kg/ha suomens.	3250	3070
C	P 24 kg/ha N 100 kg/ha suomens.	+100	+30
D	P 48 kg/ha N 100 kg/ha suomens.	+80	+160
E	P 60 kg/ha kompostoitu turkislanta	-520	-140
F	P 60 kg/ha tuore turkislanta	-30	+10
G	P 60 kg/ha lantabriketti	-90	+50
H	P 120 kg/ha kompostoitu turkislanta	-70	+370
I	P 120 kg/ha tuore turkislanta	-520	-390
J	P 120 kg/ha lantabriketti	-250	-210
K	P 120 kg/ha lantabriketti rivilann.	-760	-360
<i>p-arvo</i>		< 0,0001	0,0002

Viljan jyväsadon typpipitoisuus oli korkein koejäsenissä B, C ja D jotka saivat typen kokonaan väkilannoitteena (taulukko 11). Turkislannalla lannoitetuista koejäsenistä matalimpien pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin kokonaan lannoittamattomassa koejäsenessä. Jyvien fosfori, kalium, kalsium tai magnesium pitoisuuksissa ei ollut merkittäviä eroja.

Jyväsadon tapaan myös olkisadon typpipitoisuus oli korkein väkilannoitetuissa koejäsenissä (taulukko 12). Samoissa koejäsenissä myös magnesiumpitoisuudet olivat oljessa muita koejäseniä korkeampia. Muiden ravinteiden pitoisuuksissa ei ollut eroja.

Taulukko 11. Viljan jyväsadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislantojen vertailukokeissa 2003.

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	2,26	4,66	5,41	0,83	1,45
B	2,47	4,65	5,21	0,80	1,43
C	2,50	4,66	5,33	0,83	1,48
D	2,45	4,75	5,54	0,80	1,49
E	2,30	4,29	5,21	0,80	1,34
F	2,32	4,36	5,23	0,81	1,41
G	2,35	4,29	5,19	0,83	1,38
H	2,38	4,41	5,21	0,81	1,38
I	2,25	4,48	5,18	0,80	1,41
J	2,35	4,74	5,34	0,80	1,48
K	2,36	4,40	5,35	0,80	1,41
<i>p-arvo</i>	<i>0,02</i>	<i>0,17</i>	<i>0,13</i>	<i>0,75</i>	<i>0,43</i>

Taulukko 12. Viljan olkisadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislantojen vertailukokeissa 2003.

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	0,72	1,45	19,25	3,35	1,17
B	1,02	1,30	21,38	3,91	1,45
C	0,96	1,23	17,50	4,23	1,66
D	0,83	1,11	18,50	3,98	1,38
E	0,71	1,37	20,38	3,26	1,14
F	0,86	1,24	18,75	3,38	1,27
G	0,75	1,26	19,50	3,49	1,27
H	0,82	1,27	20,13	3,70	1,18
I	0,70	1,37	19,75	3,14	1,11
J	0,72	1,32	19,50	3,34	1,15
K	0,69	1,33	18,13	3,29	1,18
<i>p-arvo</i>	<i>0,006</i>	<i>0,26</i>	<i>0,24</i>	<i>0,13</i>	<i>0,002</i>

Kasvuston ottama kokonaisfosforimäärä riippuu pääasiassa sadosta (taulukko 13). Suuret väkilannoitefosforimäärät (C ja D) vaikuttavat kokonaisfosforin ottoon vain vähän. Myöskään tavanomaisilla (E-G) tai erittäin suurilla (H-K).

Taulukko 13. Satojen ottama kokonaisfosfori turkislantojen vertailukokeessa 2003. Koejäsenestä B merkitsevästi eroavat ($p < 0,05$) keskiarvot on merkitty tähdellä.

Koejäsen	Lannoitus	kg/ha	
		kaura	ohra
A	Lannoittamaton	-3,3 *	-3,8 *
B	P 0 kg/ha N 100 kg/ha	15,3	14,3
C	P 24 kg/ha N 100 kg/ha	+0,7	-0,3
D	P 48 kg/ha N 100 kg/ha	+0,6	+0,5
E	P 60 kg/ha kompostoitu turkislanta	-3,3 *	-1,2
F	P 60 kg/ha tuore turkislanta	-1,4	-0,9
G	P 60 kg/ha lantabriketti	-1,4	-0,8
H	P 120 kg/ha kompostoitu turkislanta	-0,4	+0,3
I	P 120 kg/ha tuore turkislanta	-2,9 *	-2,1 *
J	P 120 kg/ha lantabriketti	-0,8	-1,0
K	P 120 kg/ha lantabriketti rivilann.	-4,4 *	-1,8
<i>p-arvo</i>		<i>< 0,001</i>	<i>0,003</i>

2.3 Turkislantalajien vertailu nurmella

Turkislantojen vertailukokeessa nurmella ensimmäisessä nurmisadossa vuonna 2002 kaikki turvelantaa perustamisvuonna saaneet koejäsenet ylittivät sadolta väkilannoitetun C-koejäsenen sadon (taulukko 14). Poikkeuksen teki brikettimuodossa annettu turkislanta. Sen kohdalla sato jäi muita pienemmäksi. Parhaiten satoa tuottivat perustamisvuonna tuoretta tai kompostoitua turvelantaa saaneet koejäsenet.

Seuraavissa niitoissa satoerot tasoittuivat. Vuoden 2002 toinen ja vuoden 2003 ensimmäinen niitto tuottivat suuren sadon. Taulukossa 15 on laskelma suojaviljan ja nurmen fosforinotosta koko kokeen aikana. Ilman fosforilannoitusta kasvanut koejäsen otti fosforia yhteensä kolmen vuoden aikana noin 33 kg/ha. Väkilannoitefosforia 24 kg/ha perustamisen yhteydessä saanut koejäsen otti fosforia vain 2,2 kg/ha enemmän. Turkislantaa saaneet koejäsenet ottivat fosforia 4,1 - 5,4 kg lannoittamatonta enemmän. Yleensä muita hieman pienempiä satoja tuottanut lantabrikettikoejäsen otti vain 1,8 kg lannoittamatonta enemmän fosforia.

Taulukko 14. Nurmen sadot kuiva-aine kg/ha turkislantojen vertailukokeessa 2002-2003.

Koe- jäsen	Fosforilannoitus	2002	2002	2003	2003
		1. niitto	2. niitto	1. niitto	2. niitto
A	Lannoittamaton	2880	.	8040	1840
B	P 0 kg/ha	3350	8080	8670	2330
C	P 24 kg/ha väkilannoite	3600	7710	8460	1640
D	P 120 kg/ha, turvelanta tuore	3840	7590	9600	1680
E	P 120 kg/ha, turvelanta kompost.	3950	8000	8490	2050
F	P 120 kg/ha, olkilanta tuore	3690	8510	8310	1480
G	P 120 kg/ha, olkilanta kompost.	3750	8310	8970	2230
H	P 120 kg/ha, lantabriketti	3465	7580	8910	2180
<i>p-arvot</i>		<i>0,01</i>	<i>0,33</i>	<i>0,20</i>	<i>0,16</i>

Taulukko 15. Fosforilannoitus ja kasvien fosforin otto kg/ha turkislantojen vertailukokeessa nurmella 2001-2003.

Koe-jäsen	fosfori- lannoitus 2001	ohra 2001	nurmi 2002	nurmi 2003	yhteensä	
					2001-2003	Tase
A	0	11,7	..	23,5
B	0	16,3	16,9	25,1	33,2	-33,2
C	24	17,6	17,8	23,0	35,4	-11,4
D	120	17,7	19,4	26,7	37,1	82,9
E	120	17,1	21,1	24,2	38,2	81,8
F	120	17,3	19,7	22,4	37,0	83,0
G	120	17,4	20,2	26,9	37,6	82,4
H	120	16,4	18,5	25,8	34,9	85,1

2.4 Turkislannan ja apatiitin vertailu

Ohran sato oli ensimmäisenä koevuonna 2001 melko matala (taulukko 16). Täysin lannoittamaton koejäsen erosi tilastollisesti merkitsevästi muista. Ilman fosforilannoitusta kasvanut koejäsen B0 tuotti seuraavaksi alhaisimman sadon, mutta ero koejäseniin C-E ei ole tilastollisesti merkitsevä. Vuonna 2002 E-koejäsen erosi tilastollisesti merkitsevästi muista. Myös toinen turkislannalla lannoitettu koejäsen D tuotti muita alhaisemman sadon. Vuonna 2003 eri lannoituskäsittelyjen tuottamassa sadossa ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja.

Kolmen vuoden kokeiden keskiarvosadoissa koejäsen A eroaa tilastollisesti merkitsevästi muista.

Taulukossa 17 on esitetty jyväsadon ja taulukossa 18 olkisadon ravinnepitoisuudet. Sadon ottamassa kokonaisfosforin määrässä (taulukko 19) ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja eri koejäsenten välillä. Lannoittamattoman koejäsenen ottama fosforimäärä on kuitenkin selvästi muita alhaisempi. Erot eri koejäsenien välillä eivät oikeuta tekemään selviä johtopäätöksiä turkislannan liukoisuudesta verrattuna apatiittiin.

Taulukko 16. Ohran sato (kg/ha) turkislannan ja apatiitin vertailukokeessa

Koejäsen	2001	2002	2003	keskimäärin
A	1990			2990
B0	2860	5460	3630	3980
B1		5460	3730	5000
C	3030	5470	3650	4050
D	2920	5000	3800	3910
E	2920	4840	3660	3810
<i>p-arvo</i>	<i>< 0,0001</i>	<i>0,04</i>	<i>0,78</i>	<i>0,04</i>

Taulukko 17. Ohran jyväsadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislannan ja apatiitin vertailukokeissa 2001-2003.

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	2,08	4,77	5,97	0,57	1,39
B0	2,17	4,54	6,38	0,60	1,39
B1	2,18	4,45	6,31	0,60	1,38
C	2,18	4,45	6,40	0,60	1,37
D	2,04	4,58	6,41	0,58	1,38
E	2,10	4,65	6,41	0,61	1,38
<i>p-arvo</i>	<i>0,03</i>	<i>0,22</i>	<i>0,37</i>	<i>0,42</i>	<i>0,88</i>

Taulukko 18. Ohran olkisadon keskimääräiset ravinnepitoisuudet turkislannan ja apatiitin vertailukokeissa 2001- 2003.

Koejäsen	N % ka.	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg
A	0,68	0,85	9,9	2,81	0,80
B0	0,94	0,91	12,0	3,51	0,76
B1	0,94	0,88	12,2	3,53	0,76
C	0,90	0,91	12,4	3,69	0,75
D	0,74	0,89	11,9	3,23	0,67
E	0,81	0,93	11,4	3,42	0,73
<i>p-arvo</i>	<i>0,12</i>	<i>0,96</i>	<i>0,49</i>	<i>0,07</i>	<i>0,60</i>

Taulukko 19. Ohran sadon fosforisisältö (kg/ha) turkislantojen turkislannan ja apatiitin vertailukoikeissa 2001- 2003.

Koejäsen	jyväsaato	olkisaato	yhteensä
A	11,3	1,2	12,6
B0	15,0	1,9	16,9
B1	15,2	1,9	17,1
C	15,0	2,0	17,0
D	15,0	1,9	16,9
E	14,8	2,0	16,8
<i>p-arvo</i>	<i>0,2</i>	<i>0,11</i>	<i>0,007</i>

3 Yhteenveto

Turkislannan lannoituskäyttöä selvittävät kokeet osoittavat, että oikein käytettynä turkiseläinten lanta on käyttökelpoista lannoitusainetta peltokasvituotannossa. Verratut eri lantalajit eivät merkittävästi eronneet tässä suhteessa toisistaan. Myös brikettimuotoon ja -lostettu lannoite oli kasvintuotannon näkökulmasta käyttökelpoinen.

Peltokasvituotannossa typpi on sadon määrän kannalta tärkein ravinne. Turkislannan kokonaistyyppipitoisuuden analysoiminen antaa hyvän perustiedon lannoitusikäytön suunnitteluun. Turkislanta on tehokkaimmillaan lannoitusikäytössä silloin, kun osa – noin 20-30 % typpilannoitustarpeesta – voidaan antaa väkilannoitteena. Tällöin saato on yhtä hyvä kuin väkilannoitteella lannoitettaessa. Jos kasvin koko typpitarve katetaan turkislannan tyypellä, jää saato helposti hieman väkilannoitettua kasvustoa pienemmäksi. Näin siinäkin tapauksessa, että turkislannasta tuleva kokonaistyyppimäärä olisi selvästi suurempi kuin kasvin typpitarve.

Turkislannan lannoitusikäyttöä hankaloittaa sen suuri fosforipitoisuus. Käytetyn fosforilannoituksen määrä vaikuttaa sadon fosforipitoisuuteen vain vähän. Samoin on sadon sisältämän kokonaisfosforipitoisuuden laita. Rehuviljan ja nurmen fosforin otto riippuu lähinnä sadon määrästä.

Turkislannan fosforista 40 % lasketaan kasveille käyttökelpoiseksi. Tämä mahdollistaa mineraalilannoitteita suurempien fosforimäärien antamisen peltoon turkislannassa. Vaikka turkislannan fosfori on vaikealiukoista, se voi osittain tulla kasvien käyttöön seuraavina vuosina. Kasvusto voi ottaa sitä useamman vuoden kuluessa. Jos turkislantaa on käytetty suuria määriä, on maahan jäävän kokonaisfosforin määrä helposti kymmeniä kiloja vielä useamman vuodenkin jälkeen.

MTT:n selvityksiä –sarjan kasvintuotanto -teemassa ilmestyneitä julkaisuja

- 117 Turkislanta peltolannoitteena. *Kangas* (toim.). 31 s. 2006. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts117.pdf>).
- 105 Virallisten lajikekokeiden tulokset 1998-2005. *Kangas* ym. 210 s. 2006. Hinta 25 euroa.
- 96 Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 1998-2005. *Kangas* ym. 33 s. 2005. Hinta 15 euroa.
- 83 Virallisten lajikekokeiden tulokset 1997-2004. *Kangas* ym. 193 s. 2005. Hinta 25 euroa.
- 75 Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 1997-2004. *Kangas* ym. 31 s. 2004. Hinta 15 euroa.
- 73 Luomumansikan viljelytekniikan kehittäminen. *Kivijärvi* (toim.) 44 s. 2004. (verkkojulkaisu osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts73.pdf>)
- 55 Virallisten lajikekokeiden tulokset. 1996-2003. *Kangas* ym. 219 s. 2004. Hinta 25 euroa.
- 56 Lapin luomutuotanto. Luomumaatilan mahdollisuudet arktisella alueella. *Pallari & Korva-Hyötylä*. 50 s. 2004. Hinta 20 euroa.
- 48 Viljalajikkeiden taudinalttius virallisissa lajikekokeissa 1996 - 2003. *Kangas* ym. 29 s. 2003. Hinta 15 euroa.
- 47 Luomuvihannesten viljelykiertojen hallinta: Onko viljelykiertosi nousukierre vai syöksykierre? *Nissinen* ym. 39 s. 2003. (verkkojulkaisu osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts47.pdf>).
- 42 Sadonkorjuu - Tutkittua puutarhatuotantoa 2000 - 2002 : Harvest - Horticultural research results 2000 - 2002. *Hovi & Karhu & Linna & Suojala* (toim.). 98 s. 2003. Hinta 25 euroa.
- 36 Mansikkalajikkeiden jalostaminen. *Hietaranta & Tahvonen*. 26 s. 2003. (verkkojulkaisu osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts36.pdf>).

Verkkojulkaisut osoitteessa <http://www.mtt.fi/julkaisut/mtts.html>

MTT:n selvityksiä 117

