

Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset

2. korjattu painos

Arja Halinen, Ansa Palojärvi, Päivi Karinen,
Helvi Heinonen-Tanski ja Tiina Tontti



Maa- ja elintarviketalous 81
105 s.

Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset

2. korjattu painos

Arja Halinen, Ansa Palojärvi, Päivi Karinen,
Helvi Heinonen-Tanski ja Tiina Tontti

ISBN 978-952-487-123-5 (Verkkójulkaisu)

ISSN 1458-5081 (Verkkójulkaisu)

<http://www.mtt.fi/met/pdf/met81a.pdf>

Copyright

MTT

Arja Halinen, Ansa Palojärvi, Päivi Karinen,

Helvi Heinonen-Tanski ja Tiina Tontti

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

2007

Kannen kuvat

Arja Halinen ja Olli Reinikainen

Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset

2. korjattu painos

Arja Halinen¹⁾ Ansa Palojärvi²⁾, Päivi Karinen³⁾, Helvi Heinonen-Tanski³⁾ ja Tiina Tontti¹⁾

¹⁾Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Karilantie 2A, 50600 Mikkeli, arja.halinen@mtt.fi, tiina.tontti@mtt.fi

²⁾Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, ansa.palojarvi@mtt.fi

³⁾Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, paivi.karinen@uku.fi, helvi.heinonentanski@uku.fi

Tiivistelmä

Luomuviljelyssä olennainen osa maan kasvukunnosta huolehtimista on eloperäisen aineksen lisääminen maahan. Lähinnä lisänä on käytetty kompostoitua lantaa. Yhdyskuntien orgaanisen eli biohajoavan jätteen kompostointi on lisääntynyt merkittävästi, kun jätteiden syntypaikkalajittelua on kehitetty orgaanisen jätteen kaatopaikkalajityksen aiheuttamien ongelmien välttämiseksi. Yhdyskuntajätettä sisältäviä komposteja on perinteisesti hyödynnetty viherrakentamisessa, sillä niiden pelätään olevan haitallisia viljelymaalle. Tässä hankkeessa tutkittiin yhdyskuntajätettä sisältävien biojäte- ja biojäte-lietekompostien sekä luomuviljelyssä käytettävän lantakompostin vaikutuksia kasvien sadontuottoon ja maaperän ravinnetilaan, raskasmetallipitoisuuteen sekä mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Lisäksi selvitettiin kompostien hygieenistä laatua ja niiden vaikutusta maaperän ja sadon hygieeniseen laatuun. Jätekompostien käyttöä lukuun ottamatta koe toteutettiin luomuviljelyn periaatteiden mukaisesti pellolla, jolle oli myös edellisten vuosien aikana levitetty komposteja aiemman tutkimushankkeen vuoksi. Mineraalilannoitteita tai kemiallisia torjunta-aineita ei käytetty.

Tutkimuksessa käytetyillä komposteilla ei havaittu suurinakaan määrinä olevan haitallisia vaikutuksia maaperän biologiseen toimintaan tai maaperän ja sadon hygieeniseen laatuun. Myös komposteista aiheutunut raskasmetallikuormitus oli vähäistä. Kompostien vaikutus maaperän ravinnetilaan ei ollut kovin merkittävä. Lannoittamattomaan maahan verrattuna kompostilla lannoitettu maa tuotti korkeampia satoja, mutta kokonaisuutena etenkin viljan sadontuotto oli kompostilannoitetullakin maalla alhainen. Perunan sadontuotto kompostilannoitetulla maalla oli luonnonmukaisen tuotannon satotasoihin verrattuna suhteellisen hyvä.

Tulosten perusteella ainakin valikoituja yhdyskuntajäteperäisiä komposteja voitaisiin hyödyntää lannoitteina ja maanparannusaineina ilman merkittäviä haittavaikutuksia. Tosin lyhyellä aikavälillä lannoitus- ja maanparannushyödyt eivät ole kovin selkeitä. Komposteilla voitaisiin kuitenkin osin korvata mineraalilannoitteiden käyttöä ja palauttaa samalla viljelymaahan sadon mukana poistunutta orgaanista ainesta.

Avainsanat: komposti, lanta, biojätteet, jätevesiliete, kypsyys, orgaaninen aines, ravinteet, raskasmetallit, hygienia, biologiset maanparannusvaikutukset, maan laatu

Waste composts as fertilisers in field cultivation – biological and chemical effects 2nd corrected edition

Arja Halinen¹⁾, Ansa Palojärvi²⁾, Päivi Karinen³⁾, Helvi Heinonen-Tanski³⁾ and Tiina Tontti¹⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Karilantie 2A, FI-50600 Mikkelä, arja.halinen@mtt.fi, tiina.tontti@mtt.fi

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, ansa.palojarvi@mtt.fi

³⁾University of Kuopio, Department of Environmental Sciences, PL 1627, FI-70211 Kuopio, paivi.karinen@uku.fi, helvi.heinonentanski@uku.fi

Abstract

Addition of organic matter to soil, mainly via composted manure, is an integral part of concern with the growing capacity of soil in organic production. Composting of biodegradable waste has increased significantly through the development of source separation of waste and the aim of avoiding problems associated with the use of organic waste for landfill. Municipal waste composts have traditionally been utilized in landscaping, because they are suspected to have a negative effect on agricultural soil. In this project we studied the effects of municipal waste composts (biowaste and biowaste-sewage sludge composts) and composted manure used in organic agriculture on soil nutrient status, plant production, heavy metal content and soil microbiological quality. The hygienic quality of composts and the effects of composts on the hygienic quality of soil and crop were also determined. Apart from the waste compost application, the field trial, conducted on a field with a history of compost applications in previous compost fertilization experiments, complied with the principles of organic agriculture. No mineral fertilizers or chemical pesticides were used.

Not even the largest quantities of composts used in the experiment had any negative effect either on soil biological functions or the hygienic quality of soil and crop, and the heavy metal load was insignificant. The effect of composts on soil nutrient status was not very important. Compost fertilization yielded higher crops compared to unfertilized soil. Overall, however, especially the grain crop yield was low even with compost fertilization. Potato crop yield on the compost-fertilized soil was relatively high compared to organic agriculture.

Based on the results, at least certain municipal waste composts could be utilized as fertilizers and for soil enrichment without any significant negative effects, but in the short term the advantages of composts as fertilizers and for soil enrichment are not very remarkable. Utilization of composts could, however, partly compensate for the use of mineral fertilizers and at the same time restore soil organic matter withdrawn with the crop.

Key words: compost, manure, biowaste, sewage sludge, maturity, organic matter, nutrients, heavy metals, hygiene, biological soil fertility, soil quality

Alkusanat

Luonnonmukaisessa tuotannossa olennainen osa maan kasvukunnosta huolehtimista on eloperäisen aineksen määrän ylläpitäminen tai lisääminen maahan esimerkiksi kompostoidun lannan mukana. Luomutuotannon säädösten mukaan jätekompostien käyttö ei ole tällä hetkellä sallittua suomalaisessa tuotannossa, lähinnä keräysjärjestelmiin kohdistuvien epäilysten vuoksi. Tässä tutkimuksessa tähdättiin tämän hetken tilannetta pidemmälle ja selvitettiin yhdyskuntajätettä sisältävien kompostien vaikutuksia maaperän ravinnetilaan, kasvien sadontuottoon, raskasmetallien pitoisuuteen maaperässä ja maaperän mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Lisäksi selvitettiin kompostien hygieenistä laatua ja vaikutuksia maaperän ja sadon hygieeniseen laatuun, palvelen yhtälailla luonnonmukaista kuin tavanomaista tuotantoa.

Tutkimushanke ”Jätekompostit luonnonmukaisessa viljelykierrossa – tulevaisuuden riskit ja mahdollisuudet” toteutettiin vuosina 2003-2006 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT), Kuopion yliopiston Ympäristötieteiden laitoksen ja Vapo Oy:n yhteistyönä. Peltokoe sijaitsi Juvalla MTT:n luonnonmukaisesti viljellyllä koekentällä. Tutkimuksen suunnitteli ja koordinoi vanhempi tutkija Tiina Tontti MTT Kasvintuotannon Mikkelin yksiköstä ja ajalla 11.8.2004-31.3.2006 hänen sijaisenaan tutkija Arja Halinen. Laitoskompostoinnin ja kompostien laadun asiantuntijana tutkimusryhmässä toimi Vapo Oy:n erikoistutkija Olli Reinikainen. Vapo toimitti jätekompostit tutkimuskäyttöön ja määrittä valituista kompostieristä laatuun ja kypsyyteen liittyvät ominaisuudet. Kompostien ja maan hygieenisyyden indikaattorimikrobien määrytyksistä, sekä perunan hygieenisyyden- ja makuanalyyseistä vastasivat lehtori Helvi Heinonen-Tanski ja tutkija Päivi Karinen Kuopion yliopistosta. Maan mikrobiologisista määrytyksistä vastasi vanhempi tutkija Ansa Palojärvi MTT Kasvintuotannon yksiköstä. Muut kompostien, maan ja kasvien määrytykset tehtiin MTT:n laboratoriossa tai MTT Mikkelissä. Tutkimusosioista vastaavat tutkijat kirjoittivat ja tulkitsivat loppuraporttiin kukin omat tuloksensa ja toimituksellisen yhteenvedon teki Arja Halinen. Loppuvaiheessa käsikirjoituksen viimeisteli Tiina Tontti.

Toimijaorganisaatioiden lisäksi hanketta rahoitti Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahasto. Hanke kuului MMM:n vuosina 2003-2006 rahoittamaan Luomututkimusohjelmaan, jossa 15 tutkimushanketta selvittivät luomutuotannon ongelmia. Ohjelmalla oli hankkeiden yhteinen ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana oli MMM:n Markku Järvenpää ja jäsenenä 18 henkilöä eri tahoilta. Kiitämme ohjausryhmää arvokkaasta työstä ja kommentteista tutkimuksen aikana. Suuret kiitokset kuuluvat lukuisille hankkeessa työskennelleille henkilöille ja kollegoille kommentoinnista hankkeen aikana.

Tekijät

Sisällysluettelo

1 Johdanto	8
2 Tutkimuksen tavoitteet.....	9
3 Aineisto ja menetelmät.....	9
3.1 Kenttäkoe.....	9
3.2 Näytteenotto ja näytteiden käsittely	12
3.2.1 Kompostit.....	12
3.2.2 Maaperä.....	12
3.2.3 Kasvit	13
3.3 Analyysit	14
3.3.1 Kompostit.....	14
3.3.2 Maaperä.....	16
3.3.3 Kasvit	18
3.4 Aineiston tilastollinen analysointi	19
3.4.1 Kemialliset ja mikrobiologiset maaperäanalyysit sekä kasvianalyysit	19
3.4.2 Hygienia-analyysit.....	20
3.4.3 Perunan maistotulokset.....	20
4 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	20
4.1 Kompostien laatu.....	20
4.1.1 Kypsyys.....	20
4.1.2 Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet.....	23
4.1.3 Peltoon lisätty orgaaninen aines ja ravinteet	27
4.1.4 Hygieeninen laatu.....	28
4.1.4.1 Perunan hygienia ja maku	28
4.1.4.2 Salmonella.....	28
4.1.4.3 Enterokokit.....	28
4.1.4.4 Fekaaliset koliformit.....	30

4.1.4.5	Klostridit.....	32
4.1.4.6	Kolifaagit.....	34
4.2	Kompostien vaikutukset.....	34
4.2.1	Hygieenisyyden indikaattorimikrobien elinkyky maassa.....	34
4.2.2	Maan orgaaninen aines.....	34
4.2.3	Biologiset maanparannusvaikutukset.....	36
4.2.4	Typpilannoitusvaikutus	42
4.2.5	Vaikutus maan viljavuuteen ja hivenravinteiden pitoisuuteen	45
4.2.6	Maan kationinvaihtokapasiteetti	48
4.2.7	Sadontuotto	48
4.2.8	Raskasmetallikuormitus ja raskasmetallien pitoisuus maaperässä.....	55
5	Yhteenveto	58
6	Kirjallisuus	62
7	Liitteet	67

1 Johdanto

Luonnonmukaisen tuotannon (luomutuotannon) tavoitteena on maatala-ekosysteeminä toimiva, luonnontalouden toimintoihin sopeutettu viljelmä. Tuotantotekniikassa korostetaan maan luontaisen viljavuuden hoitoa ja mahdollisimman suljettua ravinnekiertoa (Rajala 2004). Luomutuotannon merkittävä haaste on kasvien ravinnetarpeen tyydyttäminen ilman helppoliukoisten mineraalilannoitteiden käyttöä niin, että satotaso pysyy viljelyn taloudellisen kestävyuden kannalta riittävänä. Etenkin karjattomilla kasvinviljelytiloilla, joilla ei ole suoraan käytettävissä lantaa, voi kasveille käyttökelpoisten ravinteiden riittävyys muodostua ongelmaksi.

Suomen jätelainsäädännön keskeiset periaatteet ovat Euroopan Unionin ympäristöpolitiikan mukaisesti jätteiden synnyn ehkäiseminen, hyötykäytön lisääminen ja jätehuollon aiheuttamien haittojen vähentäminen. EU:n kaatopaikkadirektiivi (1999/31/EY) rajoittaa biohajoavien jätteiden läjittämistä kaatopaikoille ja ohjaa jäsenvaltioita lisäämään biohajoavien jätteiden kierrätystä ja hyötykäyttöä. Suomessa n. 10 % yhdyskuntien biohajoavasta jätteestä käsitellään kompostoimalla tai mädättämällä. Prosessien lopputuotteina muodostuvat komposti ja mädäte (joka voidaan käsitellä edelleen kompostoimalla) sisältävät eriasteisesti hajonnutta orgaanista ainesta ja kasvinravinteita, jotka voidaan hyödyntää lannoitteina ja maanparannusaineina.

Yhdyskuntien lajitellun biojätteen, puhdistamolietteen tai niistä tuotetun kompostin käyttöä ei sallita suomalaisessa luomutuotannossa keräysjärjestelmien epäluotettavuuden vuoksi. Biohajoavan jäteperäisen materiaalin hyödyntäminen kompostoituna kasvintuotannossa voisi edesauttaa sekä biohajoavan jätteen hyötykäyttöä koskevien tavoitteiden saavuttamista että ravinteiden ja eloperäisen aineksen määrien ylläpitämistä viljelymaassa.

Maa- ja metsätalousministeriön luonnonmukaisen tuotannon tutkimusohjelmaan (2003-2006) kuuluneen hankkeen ”Jätekompostit luonnonmukaisessa viljelykierrossa – tulevaisuuden riskit ja mahdollisuudet” tavoitteena oli selvittää, onko yhdyskuntajätteestä tuotettujen kompostien käyttö hyödyllistä ja riittävän turvallista kasvintuotannon kannalta ja miten yhdyskuntajäteperäisten kompostien käyttöön liittyvät riskit olisivat hallittavissa. Kompostien käytön mahdollisia hyötyjä ovat lannoitusvaikutus kompostien sisältämien kasvinravinteiden kautta sekä edullinen vaikutus maan kasvukuntoon eloperäisen aineksen lisäämisen myötä. Kompostien käyttö lannoitteena edellyttää kuitenkin yleensä täydennyslannoitusta, sillä kompostien ravinnesuhteet vastaavat harvoin suoraan kasvien ravinnetarpeita. Tavanomaisessa viljelyssä kompostien lannoitusvaikutusta voidaan täydentää mineraalityypilannoitteella ja luomuviljelyssä esimerkiksi liha- ja luujauhoilla. Komposteilla saattaa olla myös kasvitauteja hillitsevää vaikutusta johtuen joko niiden sisältämistä kemiallisista yhdisteistä tai antagonistisista mikrobeista.

Kompostien käytön riskitekijöinä pidetään etenkin raskasmetallien kertymistä peltomaahan sekä kompostin patogeenisten mikrobien aiheuttamia hygieenisiä riskejä. Mikäli eloperäisen aineksen hajoaminen kompostissa on vielä suurimmaksi osaksi kesken, eli komposti on ns. raakaa, voi riskinä olla myös ravinteiden sitoutuminen eloperäisen aineksen hajoamiseen liittyviin mikrobiprosesseihin ja kompostin sisältämät, kasveille haitalliset eli fytotoksiset aineet.

2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksessa selvitettiin kokeellisesti yhdyskuntajäteperäisten kompostien käytön vaikutuksia maan kasvukuntoon ja ravinteiden kiertoon luonnonmukaisessa kasvinviljelykierrrossa. Erityisesti tutkittiin kompostien sisältämien raskasmetallien vaikutusta maaperän raskasmetallipitoisuuksiin, kompostien hygieenistä laatua ja vaikutuksia hygieenisyyden indikaattorimikrobien pitoisuuksiin maaperässä sekä vaikutuksia maaperän mikrobiologiseen toimintaan. Lisäksi tarkasteltiin kompostien kypsyyttä, kasvinravinteiden pitoisuuksia komposteissa ja maaperässä sekä kompostien lannoitusvaikutuksia.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Kenttäkoe

Kompostien vaikutuksia luonnonmukaisessa peltoviljelyssä lannoitteena ja maanparannusaineena selvitettiin kenttäkokeessa, joka perustettiin MTT:n Partalan tutkimusasemalle Juvalla. Koepellon maalaji oli hietamoreeni (HtMr). Koejärjestely oli osaruutukoe, jossa pääruututekijänä (A) oli kompostin käyttömäärä (A1 pienempi käyttömäärä, 50 % säädösten mukaisesta maksimista ja A2 suurempi käyttömäärä, 100 % säädösten mukaisesta maksimista). Pääruudun sisällä osaruututekijänä oli kompostilaji (B1 naudanlantakomposti, B2 biojätekomposti, B3 biojäte-lietekomposti). Lisäksi kaikissa neljässä kerranteessa oli käsittelemätön nollaruutu (A0B0). Koeruutujen sijainti koekentällä on kuvattu liitteessä 1.

Koeruutujen paikat ja koeruutujen saamat käsittelyt (kompostilaatu ja käyttömäärä) olivat samat kuin aiemmassa kenttäkokeessa, joka toteutettiin ”Kompostien kestävä kierrätys kasvintuotannossa” – hankkeessa (Lehtonen ym. 2003). Siten esim. käsittelemättömät nollaruudut ovat olleet ilman lannoitusta useiden vuosien ajan. Vastaavasti kompostilannoitettuja ruutuja on lannoitettu samoilla kompostilajeilla useina vuosina. Tämä lisää mahdollisuuksia arvioida kompostien vaikutuksia etenkin suhteessa nollaruutuihin eli lannoittamattomaan maahan.

Tutkimuksessa käytetyiksi yhdyskuntajäteperäisiksi komposteiksi valikoitiin tunneliteknikalla laitoskäsiteltyjä kompostierä, jotka kompostintuottajien

alustavan luokittelun perusteella soveltuivat kasvintuotantoon. Luokittelu perustui mm. kompostien raaka-aineisiin, laitospöytätiloihin ja kompostien ikään. Biojätekompostin seossuhde oli aktiivivaiheessa noin 2/3 biojätettä ja 1/3 kierrätysshaketta. Biojäte ja puhdistamoliete kompostoitii yhdessä käyttäen seosaineena kierrätysshaketta ja turvetta. Laitospöytätilan aktiivivaiheessa tunnelissa vallitsi jätteen hygienisointiin vaadittava lämpötila noin 2 vuorokauden ajan ja tunnelivaihe kesti yhteensä 1-3 viikkoa. Aktiivivaiheen jälkeen komposti seulottiin 30–40 mm seulalla ja kypsyysvaihe kesti 3-6 kk ulko-aumassa. Vertailukäsittelynä käytetty naudanlantakomposti oli viljelijän oljen ja turpeen kanssa aumassa kompostoimaa ja sen käsittelyaika oli enintään ½ vuotta. Vaikka kompostointi toteutettaisiin säädösten ja hyvän kompostointikäytännön vaatimusten mukaisesti, ei kaikista raaka-aineista saada kompostia, joka soveltuisi syötävälle kasveille käytettäväksi.

Kokeessa noudatettiin karjattomalle kasvinviljelytilalle soveltuvaa viljelykiertoa, jossa (aiempi kenttäkoe mukaan luettuna) vuonna 2000 kasvina oli suojaviljaan perustettu apila-heinänurmi, 2001 apila-heinänurmen ensimmäinen satovuosi, 2002 apila-heinänurmen toinen satovuosi, 2003 ohra (alkuperäinen suunnitelma: ruis), 2004 peruna ja 2005 suojaviljaan (ohra) perustettu apila-heinänurmi.

VUOSI 2003. Edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten selvittämiseksi kokeelle ei vuonna 2003 levitetty kompostia. Koekasviksi kylvettiin syksyllä 2002 ruis, joka talvehti erittäin huonosti tuottaen hyvin aukkoisen kasvuston. Siksi ruiskasvusto muokattiin toukokuussa 2003 rikki ja kokeelle kylvettiin ohra (lajike Inari).

VUOSI 2004. Kokeelle levitettiin keväällä komposteja, jonka jälkeen koekasviksi istutettiin peruna (lajike Appell). Lajikevalinnassa kiinnitettiin erityisesti huomiota hyvään rutenkestävyyteen. Appellin muita ominaisuuksia ovat satoisuus ja mukuloiden poikkeuksellinen tasakokoisuus sekä pitkä taimettumisaika. Appellin tyyppilannoitustarve on suhteellisen alhainen (Suomen Siemenperunakeskus 2006). Käytetyt kompostimäärät olivat hyvin alhaisia. Suuremmaksi käyttömääräksi (A2) määritettiin suurin mahdollinen kompostin käyttömäärä huomioiden maatalouden ympäristötuen (MMA 1207/2000) perunanviljelyä koskevat ja nitraattiasetuksen (VnA 931/2000) asettamat rajoitukset. Ympäristötukiehdosta huomioitiin typen määrää koskeva rajoitus ja kasveille käyttökelpoisen fosforin määrää koskeva rajoitus, kuitenkin niin, että fosfori voitiin antaa neljän vuoden tasausjaksona. Nitraattiasetuksesta huomioitiin kompostien tyyppiä koskeva rajoitus. Ympäristötuen tyyppirajojen tulkittiin koskevan kompostin kokonaistyyppiä, ja näin kompostien käyttömäärä jäi vähäiseksi:

- suurempi määrä (A2): 70 kg kok-N/ha ja 35 kg P/ha
- pienempi määrä (A1): 50 % suuremmasta tasosta eli 35 kg kok-N/ha ja 17,5 kg P/ha

Kompostien käyttömäärät vuonna 2004 olivat tuorepainona hehtaaria kohti

- lantakomposti, pienempi määrä: 5 t/ha
- biojätekomposti, pienempi määrä: 3 t/ha
- biojäte-puhdistamolietekomposti, pienempi määrä: 3 t/ha
- lantakomposti, suurempi määrä: 9 t/ha
- biojätekomposti, suurempi määrä: 6 t/ha
- biojäte-puhdistamolietekomposti, suurempi määrä: 5 t/ha

VUOSI 2005. Kokeelle levitettiin komposteja vastaavasti kuten vuonna 2004, jonka jälkeen perustettiin apila-heinänurmi suojaviljaan. Käytetyt kompostimäärät olivat selkeästi edellistä vuotta korkeampia, sillä edellisen vuoden tulosten perusteella alhaisilla käyttömäärillä ei juuri ollut vaikutuksia mitattuihin muuttujiin. Kompostien käyttömäärä määritettiin typpilannoitusta koskevien maatalouden ympäristötuen (MMMA 1207/2000) ohraa nurmen suojaviljana koskevien ehtojen mukaisesti:

- suurempi määrä (A2): 70 kg liuk-N/ha/vuosi
- pienempi määrä (A1): 50 % suuremmasta tasosta eli 35 kg liuk-N/ha/vuosi

Jäteperäisten kompostien käyttömäärä määräytyi edellä esitetyn mukaisesti vain niiden sisältämän liukoisen typen perusteella. Lantakompostin suuri liukoisen typen pitoisuus olisi johtanut selkeästi liian suuriin käyttömääriin, mikäli olisi seurattu vain em. ympäristötuen rajoituksia. Lantakompostin kohdalla päädyttiin siksi käyttämään A2 –ruuduissa (korkeampi kompostimäärä) kompostin määränä 50 t/ha, joka on luomuviljelyssä kompostoidulle lannalle tyypillinen, kuitenkin asteikon yläpäässä oleva käyttömäärä. Näin korostui myös lantakompostin asema luomuviljelyn normaalikäytännön mukaisena kontrollina jäteperäisille komposteille. Minkään kompostin käyttömääriä ei rajoitettu kompostien sisältämän fosforin eikä nitraattiasetuksen rajoitusten perusteella koeasetelman yksinkertaistamiseksi.

Vuonna 2005 käytetyt kompostimäärät olivat huomattavasti vuoden 2004 määriä korkeampia, lantakompostilla noin viisinkertaisia ja jäteperäisillä komposteilla noin kahdeksankertaisia verrattuna vuonna 2004 käytettyihin kompostimääriin. Korkeilla käyttömäärillä pyrittiin tuomaan esiin kompostien käytön mahdollisia välittömiä haittavaikutuksia.

Kompostien käyttömäärät vuonna 2005 olivat tuorepainona hehtaaria kohti

- lantakomposti, pienempi määrä: 25 t/ha
- biojätekomposti, pienempi määrä: 26 t/ha
- biojäte-lietekomposti, pienempi määrä: 23 t/ha
- lantakomposti, suurempi määrä: 50 t/ha
- biojätekomposti, suurempi määrä: 52 t/ha
- biojäte-lietekomposti, suurempi määrä: 46 t/ha

Nurmiseoksen lajit olivat timotei (lajike Tammisto2 16,7 paino-%), punaapila (lajike Betty 6,7 paino-%), ruokonata (lajike Retu 66,7 paino-%), valkoapila (lajike Sonja 3,3 paino-%) ja alsikeapila (lajike Frida 6,7 paino-%). Seosta käytettiin 24 kg/ha, eri lajien prosenttiosuudet seoksessa on laskettu painoprosentteina. Suojaviljaksi kylvettiin samanaikaisesti nurmisiemenseoksen kylvön kanssa ohra (lajike Kunnari). Kunnari on satoisa yleislajike, joka sopii kaikille maalajeille, sietää hyvin happamuutta ja jolla on hyvä taudinkestävyys. Ohraa kylvettiin 144 kg/ha.

3.2 Näytteenotto ja näytteiden käsittely

3.2.1 Kompostit

Komposteista otettiin muutamaa viikkoa ennen peltolevitystä ennakkonäytteet ravinnesisällön määrittämiseksi käyttömäärien laskentaa varten. Näytteet otettiin useista (10-20 kpl) osanäytteistä koostetusta kokoomanäytteestä. Kokeen perustamisen yhteydessä komposteista otettiin vastaavalla tavalla uudet näytteet, joista analysoitiin tosiasiallisesti peltoon tuodut ravinteet ja metallit. Maanäytteet pakattiin typpihävikkien välttämiseksi muovipusseihin ja edelleen maanäyterasioihin. Näytteet pakastettiin (-18 °C) välittömästi näytteenoton jälkeen. Kokeen perustamisen yhteydessä komposteista otettiin myös 10 l kokoomanäyte kypsyysanalyysiin, 1 l kokoomanäyte hygienia-analyysiin sekä 2 l kokoomanäyte maaperäbiologisiin analyysiin. Näitä näytteitä ei pakastettu ennen analyysijä.

3.2.2 Maaperä

Näytteet kemiallisia maaperäanalyysijä varten otettiin maaperäkairalla (putkikaira) kenttäkokeen pintamaasta. Kevään ja kesän näytteenotoissa kunkin ruudun kokoomanäyte yhdistettiin 6-10 osanäytteestä siten, että lopullinen näytemäärä oli n. 0,5 l. Syksyllä näytteet kemiallisiin maaperäanalyysiin otettiin samalla kertaa kuin näytteet maaperämikrobiologisiin analyysiin. Kunkin ruudun kokoomanäyte yhdistettiin 30 osanäytteestä siten, että lopullinen näytemäärä oli n. 5 litraa. Näytteet homogenisoitiin käsin poistamalla kasvinosat ja hajottamalla suuremmat maapaakut. Tästä otettiin n. 0,5 l näyte kemiallisiin analyysiin. Näytteet pakattiin typpihävikkien välttämiseksi muovipusseihin ja edelleen maanäyterasioihin ja pakastettiin (-18 °C) välittömästi näytteenoton jälkeen.

Näytteet maaperän hygienia-analyysiin otettiin 10 osanäytteen kokoomanäytteinä korkeamman lannoitustason ruuduista sekä nollaruuduista. Näytteet kerättiin steriloiduilla metallilusikoilla heti pintamaakerroksen alta n. 5 cm syvyydeltä puhtaisiin minigrip -pusseihin. Yhdestä osanäytekohdasta otettiin useita lusikallisia, niin että kokonaisuudessaan kokoomanäytteen tilavuus oli

n 1 litra. Näytteitä ei pakastettu, vaan ne kuljetettiin kylmälaukuissa heti analysoitaviksi.

Näytteet maaperämikrobiologisiin analyyseihin otettiin maaperäkairalla (putkikaira) kenttäkokeen pintamaasta samalla kun otettiin näytteet kemiallisiin maaperäanalyyseihin (kts. edellä). Kun näyte kemiallisiin maaperäanalyyseihin oli erotettu, loppu näyte sekoitettiin huolellisesti ja seulottiin 2 mm seullalla. Seulottu näyte jaettiin pusseihin eri analyyseja varten ja näytteet kuljetettiin MTT:lle Jokioisille jatkokäsittelyjä ja analyyseja varten. POM (particulate organic matter) -määrittystä varten näyte ilmakeivattiin. Näytteet netto-mineralisaatiota ja maamikrobiston sisältämien hiilen ja typen määrää varten pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen. Näytteet maahengitystä ja mikrobitoimintaa kuvaavia entsyymiaktiivisuuksia varten säilytettiin kylmässä analysointiin asti. Entsyymiaktiivisuuksien mittaukset aloitettiin välittömästi näytteenoton jälkeen. Maahengityksen mittaukset aloitettiin muutama viikon kuluttua näytteenotosta maan käsittelyn aiheuttaman aktiivisuuspiikin mentyä ohitse.

3.2.3 Kasvit

Ohrakasvustoista otettiin puinnin jälkeen jyvä- ja olkinäytteet kemiallisiin analyyseihin. Heti puinnin jälkeen jyvistä otettiin kaksi rinnakkaista n. 100 g näytettä puintikosteuden määrittämiseksi. Jyväsadon määrittämiseksi jyvät kuivattiin viljakuivurissa ja niistä lajiteltiin vihneenkatkojaa käyttäen rikat pois. Lajittelun jälkeen jyväsato punnittiin ja siitä otettiin n. 0,5 kg näyte kemiallisiin analyyseihin. Lajittelun ja punnituksen jälkeen otettiin myös kaksi rinnakkaista n. 200 g näytettä kuiva-ainemäärityksiin. Ohran olkisato punnittiin puinnin jälkeen ajamalla ruudun oljet vaa'alla varustettuun Haldrup -niittokoneeseen. Punnituksen jälkeen oljista otettiin kaksi rinnakkaista n. 200 g näytettä kuiva-ainemääritykseen. Kuivauksen jälkeen näytteistä yhdistettiin n. 200 g näyte kemiallisia analyysejä varten.

Perunamukuloiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin välittömästi perunannoston jälkeen. Näytemäärä oli n. 200 g ja kultakin ruudulta otettiin kaksi rinnakkaista näytettä. Perunat pestiin haalealla juoksevalla vedellä, kuivattiin talouspaperilla, pilkottiin kuivumisen edistämiseksi, esikuivattiin huoneenlämmössä kellolaseilla ja kuivattiin lämpökaapissa varastokosteuteen + 60 °C. Kuivattu näyte jauhettiin ja siitä otettiin n. 20 g näyte paperipussiin kiennäisainemäärityksiä varten.

Perunamukuloiden tärkkelyspitoisuus määritettiin lajittelun yhteydessä ominaispainopunnituksella virallisten lajikekoeohjeiden (MTT 2006) mukaan. Terveitä, tasakokoisia mukuloiden otettiin näytteeseen n. 5 kg ja ne pestiin haalealla vedellä. Mukuloiden kappalemäärä laskettiin, näytteen annettiin kuivahtaa ja siitä punnittiin ilmapaino (perunoiden paino ilmassa) ja vesipai-

no (perunoiden paino upotettuna veteen). Tärkkelyspitoisuus laskettiin kaavalla

$$\text{tärkkelys-\%} = 214,53 \cdot (\text{ilmapaino} / (\text{ilmapaino} - \text{vesipaino})) - 217,76$$

kahden määrittelyn keskiarvona.

Näytteet perunamukuloiden nitraattipitoisuuden määrittämiseen otettiin lajitellun jälkeen keskimmaisten kokoluokkien (35-55 mm ja 55-70 mm) sadosta. Näytemäärä oli n. 1 kg.

Näytteet perunoiden hygienia- ja makuanalyysiin otettiin samoin lajitellun jälkeen keskimmaisten kokoluokkien (35-55 mm ja 55-70 mm) sadosta. Näytemäärä oli n. 1,5 kg.

3.3 Analyysit

3.3.1 Kompostit

Kompostien kypsyydellä tarkoitetaan tilaa, jossa fytotoksisten aineiden pitoisuus kompostissa on vähentynyt niin, ettei niistä enää aiheudu haittaa kasveille ja kompostia voidaan hyödyntää kasvintuotannossa (Ympäristöministeriö 1992). Kypsyydelle ei ole olemassa yksittäistä mittaria, vaan sitä arvioidaan useiden eri suureiden perusteella. Kypsyyden mittaamenetelmiä ovat fysikaaliset ja kemialliset biomassan ominaisuuksien mittaukset sekä biologiset, kasvien siementen itävyyttä ja kasvien kasvua sekä mikrobitoimintaa kuvaavat menetelmät. Peltoviljelyssä komposti voidaan sekoittaa pintamaahan, jolloin mahdolliset fytotoksiset yhdisteet laimenevat ja hajoavat, mikä mahdollistaa myös kypsymättömän (raa'an) kompostin hyödyntämisen.

Kompostien kypsyyttä selvitettiin laboratorionkokeissa taustaksi kasvinviljelykokeelle. Kompostien kypsyysanalyysissä määritettiin pH (ISO 10390), johtoluku (ISO 11265), tuorepaino, tuhkapitoisuus (EN 13039), saapumiskosteus ja tilavuuspaino (EN 13040), vesiliukoiset ravinteet ($\text{NH}_4\text{-N}$ ja $\text{NO}_3\text{-N}$, EN 13652) ja Rottegrad -luokka (LAGA M10). Kompostien CO_2 -tuotto määritettiin inkuboimalla kompostinäytettä 24 h, 35 asteessa, jonka jälkeen mitattiin syntyneen CO_2 :n määrä. Kompostien fytotoksisuutta kuvaava taimen tuorepainoindeksi määritettiin neljä viikkoa kestäneessä kiinankaalin kasvatuskokeessa, jonka jälkeen verrattiin taimien tuorepainoa verrannekasvualustalla kasvaneiden taimien tuorepainoon.

Komposteista määritettiin fekaaliset koliformit, enterokokit, klostridit, koliafaagit, ja salmonella (Taulukot 1 ja 2) aloittaen analyysit aina näytteenottoa seuraavana päivänä. Komposteista otettiin näytteet kolmena rinnakkaisena kokoomänäytteenä (10 osänäytettä). Näytteet muihin hygienia-analyysiin paitsi salmonellaan lietettiin siten, että 247,5 ml:aan steriiliä vettä sekoitettiin

hyvin 2,5 g näytettä. Ravistelun jälkeen tästä -2 laimennoksesta tehtiin vielä lisälaimennokset pipetoimalla 10 ml näytettä 90 ml:aan steriiliä vettä. Komposteista viljeltiin laimennokset -2, -3, -4 ja -5 analysoitaessa fekaalisia koliformeja ja streptokokkeja. Kolifaagi- ja klostridianalyysissä pienimmät laimennokset jätettiin pois. 2005 laimennosten määrää vähennettiin tarpeettomana edellisvuoden tulosten perusteella, pienin laimennos jätettiin pois kaikista analyysistä joissa tehtiin laimennossarja.

Vuonna 2004 salmonella analysoitiin sekä standardimenetelmällä että koekellisella menetelmällä jossa näytettä punnittiin 5 g 495ml:aan peptonivettä viitenä rinnakkaisena. Alkuperäisellä standardimenetelmällä punnittiin lisäksi 25 g 225ml:aan peptonivettä. Yhdestä näytteestä otettiin siis aina 2 x 25 g näytettä tutkimuksiin. Vuonna 2005 käytettiin pelkästään standardimenetelmää. Yhdestä näytteestä analysoitiin kaksi rinnakkaista eli tutkimuksiin otettiin jälleen 2 x 25 g näytettä.

Taulukko 1. Hygieenisyyden mikrobianalyysissä käytetyt menetelmät.

Mikrobi	Menetelmä	Varmistustestit	Milloin varmennetaan	Määrittysraja
Fekaaliset koliformit	SFS-EN ISO 9308-1 standardissa esitetyllä alustalla pintaviljelynä (mFC)	– Oksidaasikoe – Indolintuotto – Kaasunmuodostus	Oksidaasikoe, indolintuotto ja kaasunmuodostus selvitetään, mikäli ensimmäisellä maljalla kasvaa selkeitä koliformisia pesäkkeitä. (STTV:n ohjeen 240172/04 mukaisesti, STTV 2004)	*1000 kpl/g näytettä
Fekaaliset streptokokit	SFS 3014:1984 - standardissa esitetyllä sappi- <i>eskuliini</i> alustalla pintaviljelynä.	– Kata-laasikoe	Sappi- <i>eskuliini</i> agar värjäytyy tummaksi pesäkkeen kohdalta, tällöin on kyseessä aito enterokokki. Tämä varmennetaan vielä katalaasikokeella	1000 kpl/g näytettä
Klostridit	STM:n asetus 461/2000 (Sulfaatti-rauta-agar)	Ei tarvitse tehdä		**100 kpl/g näytettä
DNA- ja RNA-kolifaagit	SFS-EN ISO 10705-2 standardin mukaan kak-sikerrosmenetelmällä (faagi-THG-agar)	Ei tarvitse tehdä		100 kpl/g näytettä
Salmonella	ISO 6579:2002 (esirikastus ja Rappaport-Vassiliadis rikastus sekä viljely Rambach ja XLD)	– Polyvalent antiseerumi – lysiini-rauta-agar	Varmennustestit tehdään, mikäli Rambach tai XLD-alustoilla kasvaa tyypillisen näköisiä pesäkkeitä Huom! Rambach alustalla saadaan varmistus myös <i>E. coli</i> n esiintymisestä	

*Näyte voidaan laimentaa 1/100, maljalle viljellään 0,1 ml.

**Näyte voidaan laimentaa 1/100, maljalle viljellään 1 ml.

Taulukko 2. Analysoitujen indikaattorimikrobien inkubointiajat ja –lämpötilat.

Mikrobi	Kasvatusalusta	Inkubointiaika	Inkubointilämpötila
Fekaaliset koliformit	mFC-agar	1 vrk	44 °C Lämpökaappi
Fekaaliset streptokokit	Sappi-eskuliini	2 vrk,	44 °C Lämpökaappi
Klostridit	sulfiitti-rauta-agar	2 vrk	37 °C Anaerobiset olosuhteet
Kolifaagit	THG-agar	1 vrk	37 °C Lämpökaappi
• Isäntä ATCC 15 597			
• Isäntä ATCC 13 706			

Kompostien sallitut käyttömäärät perustuvat lähinnä kompostien ravinnesisältöön ja niiden sisältämien metallien pitoisuuksiin. Ravinnesisältö ja ravinteiden olomuoto vaikuttaa kompostien lannoitearvoon. Kompostien raskasmetallipitoisuus ei saa ylittää lannoitevalmisteille asetettuja raja-arvoja, joilla pyritään estämään viljelymaan raskasmetallikuormitusta. Raskasmetalleista aiheutuvat haittavaikutukset ovat etenkin ennen biojätteen erilliskeräilyä usein estäneet kompostien hyödyntämisen, ja tällä perusteella kompostien käyttöön suhtaudutaan usein torjuvasti. Tutkimuksessa selvitettiin kompostien lannoitearvoa ja hyötyjä lannoitteena käytettäessä sekä raskasmetallien pitoisuuksia ja niistä aiheutuvia haittoja. Kompostien ravinnesisältö ja metallien pitoisuudet analysoitiin maa-analyysimenetelmin, jotka on selostettu seuraavassa kappaleessa ja yksityiskohtaisemmin liitteessä 2.

3.3.2 Maaperä

Luonnonmukaisen kasvintuotannon perustana on maan rakenteesta, viljavuudesta ja kasvukunnosta huolehtiminen (IFOAM 2005). Maan luontaista viljavuutta pyritään säilyttämään ja parantamaan mm. kierrättämällä kasvi- ja eläinperäisten jätteiden sisältämä orgaaninen aines ja ravinteet takaisin viljelymaahan (Codex Alimentarius 2005). Kompostien vaikutusta maan ravinnesisältöön ja raskasmetallien pitoisuuksiin tutkittiin kenttäkokeelta otetuista maanäytteistä, jotka analysoitiin perinteisin maa-analyysimenetelmin. Näytteistä määritettiin tilavuuspaino (40 ml:n massa tuoreesta ja 25 ml:n massa ilmakuvasta jauhetusta näytteestä, Agricultural Research Centre 1986), liukoinen tyyppi (2 M KCl-uuutto 1:2,5, Mulvaney 1996), kuiva-ainepitoisuus (105 °C 4 tuntia, SFS 3008/1990), viljavuusravinteet (HAAc –uuutto 1:10, Agricultural Research Centre 1986), pH ja johtoluku (vesiuute ja -suspensio 1:2,5, Agricultural Research Centre 1986), orgaaninen hiili ja kokonaistyyppi Leco CN-2000 –laitteella (Leco Corporation 1998), kokonaisfosfori (H₂SO₄-H₂O₂-HF-uuutto, Bowman 1988), raskasmetallien kokonaispitoisuudet (AR-uuutto, ISO 11466), raskasmetallien liukoiset pitoisuudet (HAAc-EDTA-uuutto, Lakanen & Erviö 1971) ja potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti (1

M ammoniumasetaattiuttopH 7, Agricultural Research Centre 1986). Menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä 2.

Maaperän hygienia määritettiin kahdesti kasvukauden aikana, sekä nollamaanäyte ennen kasvukautta yhdessä kompostianalyysien kanssa. Näytteet otettiin kaksi viikkoa kompostien levityksen jälkeen sekä kasvukauden jälkeen syksyllä. Näytteet otettiin 10 osanäytteen kokoomanäyteinä pelkästään korkeamman lannoitustason ruuduista, koska niissä arveltiin mikrobikontaminaation olevan suurempi kuin matalamman lannoitustason ruuduissa. Resursipulan vuoksi molempia tasoja ei voitu ottaa mukaan tutkimukseen.

Kuten komposteista, myös maanäytteistä määritettiin fekaaliset koliformit, enterokokit, klostridit, kolifaagit, ja salmonella samoilla menetelmillä (taulukot 1 ja 2). Maanäytteistä viljeltiin 2004 laimennokset -2, -3 ja -4 analysoitaessa fekaalisia koliformeja ja streptokokkeja. Kolifaagi- ja klostridialyysissä pienimmät (-4) laimennokset jätettiin pois. 2005 laimennosten määrää vähennettiin tarpeettomana edellisvuoden tulosten perusteella, pienin laimennos jätettiin pois kaikista analyysistä joissa tehtiin laimennossarja.

Maaperän mikrobistolla on keskeinen merkitys maan kasvukuntoon ja maan laatuun (Abbott & Murphy 2003). Maan laadun arviointiin ja seurantaan on esitetty runsaasti erilaisia mikrobiologisia menetelmiä (Bloem ym. 2006). Niiden katsotaan olevan herkkiä mittareita käsittelyjen aiheuttamille muutoksille. Tässä tutkimuksessa maanäytteistä analysoitiin maaperän mikrobiston aktiivisuuteen ja kokonaismäärään liittyviä ominaisuuksia. Mikrobibio-massan kokonaismäärä määritettiin sen sisältämänä hiilenä (Cmic) ja typpenä (Nmic) kaasutus-suorauuttomenetelmällä (Palojärvi ym. 2002). Ravinnekier-tojen potentiaalisia aktiivisuuksia mitattiin laboratoriossa standardiolosuhteissa. Mikrobiston yleistä aktiivisuutta mitattiin maahengityksenä eli CO₂:n tuottona (hiilen mineralisaatio; Vanhala & Ahtiainen 1994). Typen kierron potentiaalista aktiivisuutta mitattiin anaerobisen inkubaation avulla (typen nettomineralisaatio; Canali & Benedetti 2006). Typen ja fosforin kiertojen potentiaalista aktiivisuutta mitattiin myös entsyymiaktiivisuuksien avulla (ks. Palojärvi ym. 2002). Typen kierrosta mitattiin proteaasin (proteiinien hajotus) ja N-asetyyli-β-glukosaminidaasin (kitiinien hajotus) aktiivisuutta. Fosforin kiertoa katalysoivien entsyymien aktiivisuudesta taas mitattiin happaman ja alkaalisen fosfaatin aktiivisuutta (orgaaniseen ainekseen sidotun fosfaatin hydrolyysi). Taustatiedoksi näytteistä määritettiin kuiva-aine% (105 °C, yön yli) ja seulotun maan vedenpidätyskyky (Palojärvi ym. 2002). Maanäytteistä määritettiin lisäksi se eloperäisen aineksen osa, jonka katsotaan kokonaismäärää paremmin kuvaavan mikrobistolle käyttökelpoista ainesta ns. POM-analyysin avulla (particulate organic matter; Camberdella & Elliott 1992).

Maaperän mikrobistoon liittyvät analyysit tehtiin kaikista vuoden 2003 näytteistä (tilanne ennen uusia kompostilisäyksiä). Vuosien 2004 ja 2005 näytteistä POM-analyysi jätettiin tekemättä matalamman kompostilisäyksenruu-

duista (A1 -ruudut). Vuonna 2005 näistä ruuduista ei määritetty myöskään entsyymiaktiivisuuksia.

3.3.3 Kasvit

Kompostilannoitus voi vaikuttaa viljelykasvien alkuainekoostumukseen, kuten kasvien ravinnesisältöön ja raskasmetallipitoisuuteen. Kompostien vaikutusta tutkittiin kasvien kemiallisten analyysien avulla. Lisäksi määritettiin kasvustojen sadontuotto.

Ohran oljista ja jyivistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus (105 °C 4 tuntia, Agricultural Research Centre 1986), orgaanisen hiilen ja typen kokonaispitoisuus (Leco Corporation 1998) sekä fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, rikin, kuparin, mangaanin, kadmiumin, lyijyn ja sinkin kokonaispitoisuus märkäpoltolla (Huang & Schulte 1985). Menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä 2.

Perunamukuloista määritettiin kuiva-ainepitoisuus (105 °C 4 tuntia, Agricultural Research Centre 1986) sekä fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, rikin, kuparin, mangaanin, sinkin ja natriumin kokonaispitoisuus märkäpoltolla (Huang & Schulte 1985). Menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti liitteessä 2.

Perunamukuloiden nitraattipitoisuus määritettiin HPLC –menetelmällä HP 1090 –nestekromatografilla, jossa oli anionikolonne (HP n:o 79923IC-564) ja diodirividetektor (Lyons ym. 1991). Pienin määritettävissä oleva pitoisuus nitraatille oli 15 mg/kg tuorepainossa.

Kuten komposteista ja maaperistä myös perunoista määritettiin fekaaliset koliformit, enterokokit, klostridit, kolifaagit, ja salmonella (taulukot 1 ja 2). Analyysit tehtiin kuten maanäytteiden kohdalla, salmonella määritettiin 2004 standardimenetelmän lisäksi myös kokeellisella menetelmällä.

Näytteet otettiin kokoomanäyteinä korkeamman lannoitustason ruuduista sekä nollaruuduista. Kustakin ruudusta otettiin reilusti lajiteltuja perunoita (1,5 kg), joista valittiin satunnaiset 10 perunaa, näistä perunoista otettiin yhteensä 20 g maltoa. Perunat pestiin kylmällä vesijohtovedellä ja kuorittiin ennen analysointia.

20 g perunaa laitettiin tehosekoittimeen yhdessä veden kanssa (180 ml) ja sekoitettiin, kunnes saatiin tasainen neste. Tästä nesteestä tehtiin sopivat laimennokset ja analyysit. Perunoista viljeltiin laimennokset -2, -3 ja -4 analysoitaessa fekaalisia koliformeja ja streptokokkeja. Kolifaagi- ja klostridi-analyyseissä pienin laimennos jätettiin pois tarpeettomana.

Makutesteissä eri lannoituksia verrattiin ensin pareittain erotustesteillä, ja sen jälkeen järjestystestillä, jossa kaikki neljä erilaisilla lannoitustavoilla lannoitettua perunaa piti laittaa järjestykseen sekä maun että mureuden mukaan. Erotustesteillä testattiin löytyykö kahden eri lannoituksen välillä makueroa, mutta eron suuntaa ei tässä testissä selvitetty. Tarjolle annettiin kolme näytettä, joista kaksi oli samaa ja yksi erilainen, ja tässä maistajan tehtävänä oli kertoa, mikä näyte hänen mielestään erosi kahdesta muusta (Lawless & Heymann 1999). Järjestystesti taas on nimenomaan mahdollisen eron suuntaa kuvaava testi, eli se kertoo, mikä koejäsen on maistajan mielestä maukkain tai murein.

Maistajina toimi 15 eri-ikäistä henkilöä, joiden maistamiskyky (makuaiisti) oli testattu. Maistajissa oli sekä miehiä että naisia. Jokaiselle maistajalle varattiin henkilökohtainen maistotila sekä puhdasta vettä suun huuhtomiseen maistojen välillä. Maistoon sai käyttää aikaa niin paljon kuin maistaja katsoi tarvitsevansa. Perunat keitettiin ennen maistoa ja ne pyrittiin tarjoamaan mahdollisimman pian keittämisen jälkeen, kuitenkin hieman jäähtyneinä, jotta kaikki näytteet olisivat tasalaatuisia.

3.4 Aineiston tilastollinen analysointi

3.4.1 Kemialliset ja mikrobiologiset maaperäanalyysit sekä kasvianalyysit

Käsitlemättömien (lannoittamattomien) nollaruutujen eroja korkeammilla kompostimäärillä lannoitettuihin ruutuihin (A2) tutkittiin satunnaistettujen täydellisten lohkojen mallin mukaisesti. Tällöin parittaiset vertailut tehtiin vertaamalla kompostilannoituksia kontrollikäsittelyjen kanssa (käsitlemätön nollaruutu, lantakompostilla lannoitettu maa). Tulokset on esitetty otsakkeella ”Lannoittamattoman ja kompostilannoitetun maan vertailu”. Poikkeuksena ovat vuoden 2005 ohran satotulokset, joissa analysoitiin tilastollisesti myös pienemmällä kompostimäärillä lannoitettujen ruutujen (A1) ja käsitlemättömien nollaruutujen väliset erot.

Kompostikäsittelyjen välisten erojen tutkimiseksi kokeen aineisto analysoitiin osaruutukokeen tilastollisen mallin mukaisesti. Tulokset on esitelty otsakkeella ”Kompostilannoitusten vertailu”. Osaruutuanalyysissä parittaiset vertailut tehtiin niille muuttujille, joilla F-testin tulos oli merkitsevä ($P < 0.05$).

Molemmista analyyseistä on raportoitu merkitsevät ($P < 0.05$) ja lähes merkitsevät ($P < 0.10$) tulokset. Parivertailujen merkitsevät tulokset on raportoitu ja esitetty kuvissa, mikäli F-testin tulos oli merkitsevä. Poikkeuksena ovat ohran jyvä- ja olkisadon koostumusta kuvaavat tulokset, joiden osalta ei ole raportoitu melkein merkitseviä tuloksia. Ohrasadon parivertailujen tuloksista

ei myöskään ole raportoitu tilastollisia tunnuslukuja, sillä pienten hajontojen vuoksi tulosten käytännön merkitys on vähäinen.

Analyyseissä käytettiin SAS/Mixed –proseduuria (SAS Institute, Cary, NC) syksyllä mitattujen muuttujien varianssi- ja kovarianssianalyysiin. Kutakin koevuotta tarkasteltiin erikseen. Kovarianssianalyyseissä käytettiin kevään mittausta (tehty ennen kompostin levittämistä) kovariaattina syksyn mittaukselle. Kovarianssianalyyseissä kovariaatin kulmakerroin oletettiin graafisen tarkastelun perusteella kaikille käsittelyille samaksi. Muuttujat, joita ei ollut mitattu keväällä, analysoitiin varianssianalyysillä. Käsittelyjen keskiarvoja (n=4) vertailtiin t-tyyppisillä testeillä. Aineistojen vakiovariانسsisuutta ja normaalijakautuneisuutta tarkasteltiin sekä graafisesti että tilastollisten testien avulla.

3.4.2 Hygienia-analyysit

Mikrobimääritysten tulokset laskettiin toistojen geometrisina keskiarvoina ja myös standardipoikkeamat ovat geometristen keskiarvojen poikkeamia.

3.4.3 Perunan maistotulokset

Perunan maistotulokset analysoitiin järjestystestin osalta SPSS-ohjelmalla käyttäen parivertailutestiä (t-testi). Erotustestin merkitsevyydet katsottiin testiä varten tehdystä valmiista taulukosta (Roessler ym. 1978), jossa poikkeavan näytteen erottaneiden maistajien osuus suhteessa ei-erottaneiden osuuteen antoi tulokselle p-arvon.

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Kompostien laatu

4.1.1 Kypsyys

Kompostin kypsyys kuvaa sen soveltuvuutta kasvien kasvualustaksi. Kypsyydelle ei ole olemassa yksittäisiä tarkkoja lukuarvoja, vaan sitä arvioidaan useiden eri tekijöiden avulla. Kompostin kypsyyttä ilmentävät mm. pH:n vakiintuminen neutraalille alueelle pH-arvoon n. 7, nitraatti- ja ammoniumtypen suhde tai yleensä nitraattityypen esiintyminen, mikrobitoiminnan aktiivisuutta kuvaavan hiilidioksidin tuoton vähäisyys sekä soveltuminen kasvien kasvualustaksi (esim. taimen tuorepainoindeksi luokkaa 90-100 %). Kompostin stabiilisuutta kuvaava Rottegrad –luokka viittaa kompostin mikrobitoiminnan aktiivisuuteen ja siitä seuraavaan kompostin lämpötilan nousuun vakioiduissa olosuhteissa. Rottegrad –luokkia on viisi, joista luokka I on ”raakaa” ja luokka V ”kypsää” (tai ehkä oikeammin stabiilia).

VUOSI 2004. Kaikki käytetyt kompostit olivat kokonaisuutena arvioiden kypsiä, mutta erityisesti ammonium- ja nitraattitypen suhde oli erilainen eri kompostilaaduissa. Ammonium- ja nitraattitypen suhdetta n. 1 ja myös pelkkää nitraattitypen esiintymistä kompostissa käytetään kompostin kypsyuden merkinä (Venelampi ym. 2002). Liukoisen typen olomuotoihin perustuva kompostin kypsyuden arviointi viittaa siihen, että biojätekomposti oli kypsyyttä kuten myös biojäte-lietekomposti. Lantakomposti ei sen sijaan ollut vielä erityisen kypsää. Tähän viittaa myös lantakompostin verrattain korkea pH. Taimen tuorepainoindeksin mukaan molemmat jäteperäiset kompostit vastasivat kasvualustaominaisuuksiltaan verrokkina käytettyä turvekasvualustaa, ja myös lantakomposti soveltui kypsymisen keskeneräisyydestä huolimatta suhteellisen hyvin kasvualustaksi (Taulukko 3).

VUOSI 2005. Kaikki käytetyt kompostit olivat stabiileja, mutta niiden kypsyudessa oli eroja. Etenkin biojätekomposti oli melko raakaa. Kasvatuskokeessa sen tuorepainoindeksi oli 0 %, nitraattitypen määrä oli hyvin pieni ja nitraatti- ja ammoniumtypen suhdeluku oli lähellä nollaa. Myös lantakompostissa nitraattitypen määrä oli pieni ja suhdeluku alhainen, mutta taimen tuorepainoindeksi oli silti melko korkea, 89 %. Biojäte-lietekomposti oli jossain määrin kypsyyttä. Sen nitraatti- ja ammoniumtypen suhde oli lähes 1, mutta taimen tuorepainoindeksi oli vain 41 % (Taulukko 4).

Taulukko 3. Vuoden 2004 kompostien kypsyyss.

Kompostilaji	Tilav. paino kg/l	Kuiva-aine %	Tuhka-pit. %	pH	Johtoluku 10 ⁻⁴ S/cm	Liukoinen typpi mg/kg ka		Rottegrad- luokka	CO ₂ -tuotto mg C/g VS/d	Taimen tuorepaino- indeksi %
						NH ₄ -N	NO ₃ -N			
Lantak.	0,55	22	16	8,9	32	2578	23	V	0,6	97
Biojättek.	0,50	53	45	6,7	29	1200	1265	V	0,5	96
Biojäte-lietek.	0,52	48	50	6,9	20	2059	636	V	0,5	82

22

Taulukko 4. Vuoden 2005 kompostien kypsyyss.

Kompostilaji	Tilav. paino kg/l	Kuiva-aine %	Tuhka-pit. %	pH	Johtoluku 10 ⁻⁴ S/cm	Liukoinen typpi mg/kg ka		Rottegrad- luokka	CO ₂ -tuotto mg C/g VS/d	Taimen tuorepaino- indeksi %
						NH ₄ -N	NO ₃ -N			
Lantak.	0,59	25	82	8,7	187	1990	< 14	V	1,1	89
Biojättek.	0,74	34	39	8,4	153	2212	< 8	V	1,3	0
Biojäte-lietek.	0,65	36	34	5,9	177	2610	2072	V	0,4	41

4.1.2 Fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet

VUOSI 2004. Kompostit poikkesivat kemiallisten ominaisuuksiensa suhteen huomattavasti toisistaan johtuen niiden erilaisista lähtöaineista ja käsittelymenetelmistä. Pääravinteiden pitoisuudet olivat alhaisimpia biojätelietekompostissa, jossa myös orgaanisen aineksen määrä oli muita kompostejaa alempi. Lanta- ja biojätekomposteissa liukoisen ja kokonaistypen määrät olivat samaa luokkaa, mutta helppoliukoista fosforia ja vaihtuvaa kaliumia oli lantakompostissa selkeästi enemmän. Vaihtuvan kalsiumin määrä oli korkein biojätekompostissa. Orgaanista ainetta oli eniten lantakompostissa, 40 % (Taulukko 5).

Myös liukoisten hivenalkuaineiden pitoisuuksissa oli eroja eri kompostilajien välillä. Hivenravinteista kuparia oli jäteteräisissä komposteissa selkeästi lantakompostia enemmän, biojätekompostissa kaksinkertainen määrä ja biojätelietekompostissa jopa nelinkertaisesti lantakompostiin nähden. Myös rautapitoisuus oli jäteteräisissä komposteissa korkea, erityisesti biojätelietekompostissa. Tämä rauta on pääosin peräisin jätevedenpuhdistamolla saostuskemikaalina käytetystä rautayhdisteestä. Myös mangaania ja sinkkiä oli jätekomposteissa lantakompostia enemmän. Liukoisten raskasmetallien pitoisuudet komposteissa olivat melko alhaisia, eikä niissä ollut suuria eroja eri kompostien välillä. Alumiinia oli jätekomposteissa huomattavasti lantakompostia enemmän (Taulukko 6).

Taulukko 5. Ravinteiden ja orgaanisen hiilen pitoisuudet komposteissa vuonna 2004.

Kompostilaji	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N ^a	P ^b	K ^b	Ca ^b	Mg ^b	C
	mg/kg ka.	mg/kg ka.	g/kg ka.	g/kg ka.	g/kg ka.	g/kg ka.	g/kg ka.	%
Lantak.	1954	325	32	3,5	29	7	4	40
Biojätetek.	1817	998	34	1,3	5	12	2	28
Biojäte-lietek.	1338	174	25	0,2	3	7	1	23

a = kokonaispitoisuus

b = liukoinen (vaihtuva) pitoisuus

Taulukko 6. Liukoisten hivenalkuaineiden pitoisuudet komposteissa v. 2004.

Kompostilaji	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg ka.								
Lantak.	47	0,1	0,3	8	594	59	1	4	63
Biojätetek.	398	0,2	0,6	15	4865	114	1	5	85
Biojäte-lietek.	743	0,3	0,3	32	16259	99	3	6	102

Raskasmetallien kokonaispitoisuudet olivat kaikissa tutkimuksessa käytetyissä komposteissa alhaisia. Jäteperäisissä komposteissa useiden metallien pitoisuus oli kaksinkertainen lantakompostiin nähden, mutta jäteperäiset kompostitkin alittivat pääosin luomutuotannossa käytetyt raja-arvot. Voimassa olevat luomutuotannon raja-arvot ovat lähes kaikkien metallien osalta huomattavasti ankarammat kuin lannoitelakiuudistuksen (HE 71/2005 vp) myötä valmisteilla olevassa lannoitevalmisteasetuksessa kaikkia lannoitevalmisteita koskeviksi esitetyt raja-arvot.

Kadmiumin, elohopean ja lyijyn pitoisuudet olivat alhaisia kaikissa komposteissa, eikä eri kompostilajien välillä ollut suuria eroja (Taulukko 7). Kaikki alittivat luomutuotannon raja-arvot. Arsenia oli eniten biojätelietekompostissa, yli kaksinkertainen määrä pelkkää biojätettä sisältävään kompostiin nähden. Luomutuotantoehdoissa ei ole määritelty arsenille erikseen raja-arvoa. Valmisteilla olevassa lannoitevalmisteasetuksessa arsenin raja-arvoksi lannoitevalmisteissa on esitetty 10 mg/kg kuiva-ainetta, minkä kaikki tutkimuksessa käytetyt kompostit alittivat selvästi. Kromin pitoisuus oli molemmissa jätekomposteissa kymmenkertainen lantakompostiin verrattuna, mutta silti vain hieman yli puolet luomutuotannossa sallitusta enimmäismäärästä. Nikkeliä oli jäteperäisissä komposteissa kolminkertaisesti lantakompostiin nähden, mutta silti alle luomutuotannon raja-arvon.

Kuparin pitoisuus oli jätekomposteissa korkeahko, biojätelietekompostissa luomutuotannossa sallittu raja-arvo ylittyi (Taulukko 7). Kupari on paitsi raskasmetalli myös kasveille tarpeellinen hivenravinne, jota kasvit tarvitsevat mm. lehtivihreän toimintaan ja viljat erityisesti siementen muodostukseen, mitä kautta kuparin puute alentaa sadon määrää. Eläimet tarvitsevat kuparia mm. entsyymitoimintoihin ja energia-aineenvaihduntaan. Erityisesti nautojen kuparinsaanti perusrehuista on usein riittämätöntä, mutta sitä voidaan tasapainottaa huolehtimalla rehunurmen riittävästä kuparilannoituksesta. Sinkin määrä jäteperäisissä komposteissa oli korkeahko, ja biojätelietekompostissa sinkin luomuraja-arvo ylittyi (Taulukko 7). Myös sinkki on paitsi raskasmetalli myös kasveille tarpeellinen hivenravinne, jota kasvit tarvitsevat tärke-

Taulukko 7. Raskasmetallien kokonaispitoisuudet komposteissa v. 2004.

Kompostilaji	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg ka.								
Lantak.	0,7	0,1	4	21	0,1	112	6	5	107
Biojättek.	2,1	0,3	44	61	0,1	279	17	10	153
Biojätelietek.	4,6	0,5	40	96	0,3	289	18	14	242
Raja-arvot luomutuotannossa (KTTK 2006)		0,7	70	70	0,4		25	45	200

lyksen ja typpiyhdisteiden valmistamiseen. Sinkin puute aiheuttaa lehtien ja koko kasvin kasvun hidastumista. Kasvualustan liian suuri sinkkipitoisuus on kuitenkin kasveille haitallista.

Kompostien metalleista suuri osa oli liukoisessa muodossa (Taulukko 8). Biojättekompustin kadmiumista jopa 75 % oli liukoista, biojätelietekompostissa vastaava osuus oli 55 %. Lantakompostissa kadmiumin kokonaismäärä oli niin alhainen, ettei prosenttiosuutta voitu luotettavasti laskea. Pääosa lantakompostin kadmiumista oli liukoisessa muodossa. Kromista oli liukoista vain hyvin pieni osa, samoin liukoisen nikkelin osuus kokonaismäärästä oli alhainen. Kuparista noin kolmannes oli liukoista kaikissa komposteissa, sinkistä noin puolet. Eniten liukoista kuparia ja sinkkiä suhteessa kokonaispitoisuuksiin oli lantakompostissa, samoin mangaania. Lantakompostin sisältämästä lyijystä yli 80 % oli liukoista, jäteteräisissä komposteissa noin puolet.

VUOSI 2005. Vuoden 2005 komposteissa pääravinteiden ja orgaanisen aineksen määrät olivat samaa luokkaa kuin vuoden 2004 komposteissa lukuun ottamatta liukoisen typen määriä. Vuoden 2005 komposteissa liukoista typpeä oli selkeästi eniten biojäte-lietekompostissa, yli 4000 mg/kg kuivaainetta. Tästä pääosa oli tosin herkästi haihtuvaa ammoniumtyppeä. Vähiten liukoista typpeä oli biojättekompotissa. Orgaanista ainetta oli jäteteräisissä komposteissa hieman alle kolmannes painosta ja lantakompostissa hieman enemmän (Taulukko 9).

Taulukko 8. Liukoisten metallien osuus metallien kokonaispitoisuuksista vuonna 2004. Kadmiumin kokonaispitoisuus lantakompostissa oli niin alhainen, että prosenttiosuutta ei pystytty luotettavasti laskemaan.

Kompostilaji	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
	Osuus % kokonaispitoisuudesta						
Lantak.		6	36	53	10	84	59
Biojättek.	75	1	24	41	8	53	55
Biojäte-lietek.	55	1	33	34	17	41	42

Taulukko 9. Ravinteiden ja orgaanisen hiilen pitoisuus komposteissa v. 2005.

Kompostilaji	NH ₄ -N mg/kg ka.	NO ₃ -N ka.	N ^a g/kg ka.	P ^b	K ^b	Ca ^b g/kg ka.	Mg ^b	C ^a %
Lantak.	2815	45	23	3,1	24	4	3	38
Biojättek.	1360	337	28	0,9	5	14	2	29
Biojäte-lietek.	3456	831	33	0,2	4	9	1	29

a = kokonaispitoisuus

b = liukoinen (vaihtuva) pitoisuus

Liukoisten hivenalkuaineiden pitoisuudet komposteissa olivat vuonna 2005 samankaltaisia kuin vuonna 2004 (Taulukko 10). Alumiinia oli vuoden 2005 jäteperäisissä komposteissa selkeästi enemmän kuin vuonna 2004. Raudan määrä biojäte-lietekompostissa oli vielä edellisvuotta korkeampi, lähes 30 g/kg kuiva-ainetta. Sinkin määrä oli molemmissa jäteperäisissä komposteissa kaksinkertainen lantakompostiin nähden.

Raskasmetallien kokonaispitoisuudet olivat kaikissa komposteissa melko alhaisia myös vuonna 2005 (Taulukko 11). Kuparin luomuraja-arvo ylittyi sekä biojäte- että biojäte-lietekompostissa. Biojäte-lietekompostissa myös sinkin raja-arvo ylittyi.

Taulukko 10. Liukoisten hivenalkuaineiden pitoisuudet komposteissa v. 2005.

	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Kompostilaji	mg/kg ka.								
Lantak.	64	0,1	0,2	9	862	51	0,5	2	63
Biojätek.	711	0,3	0,8	42	12442	116	2,4	8	124
Biojäte-lietek.	1018	0,3	0,5	37	28948	110	3,2	6	129

Taulukko 11. Raskasmetallien kokonaispitoisuudet komposteissa v. 2005.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Kompostilaji	mg/kg ka.								
Lantak.	1	0,03	3	16	0,1	100	2	3	82
Biojätek.	1	0,3	36	93	0,3	231	14	15	174
Biojäte-lietek.	2	0,5	39	114	0,4	298	12	14	241
Raja-arvot luomutuotannossa (KTTK 2006)		0,7	70	70	0,4		25	45	200

Taulukko 12. Liukoisten metallien osuus metallien kokonaispitoisuuksista vuonna 2005. Kadmiumin kokonaispitoisuus lantakompostissa oli niin alhainen, että prosenttiosuutta ei pystytä luotettavasti laskemaan.

	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Kompostilaji	Osuus % kokonaispitoisuudesta						
Lantak.		5	53	51	22	63	76
Biojätek.	91	2	45	50	17	53	71
Biojäte-lietek.	65	1	33	37	26	44	54

Liukoisten raskasmetallien osuus kokonaispitoisuuksista oli vuonna 2005 vuoden 2004 kaltainen (Taulukko 12). Biojätekompostin kadmiumista oli liukoista yli 90 %, mutta kadmiumin kokonaispitoisuus biojätekompostissa oli alle puolet luomussa sallitusta.

4.1.3 Peltoon lisätty orgaaninen aines ja ravinteet

Taulukoissa 13 ja 14 on esitetty yhteenveto eri kompostikäsitellyissä peltoon lisätyistä hiilestä, typestä ja fosforista. Typestä ja fosforista on ilmoitettu kokonaispitoisuudet. Etenkin vuonna 2005 käytetyt kompostimäärät ylittivät normaalissa maatalouskäytössä kompostilannoitukselle sallitut ylärajat. Kompostin mikrobitoiminnan ollessa vielä melko aktiivista myös kompostin kemialliset ominaisuudet ovat jatkuvassa muutoksessa. Siten esim. tietyn typpimäärän sisältävä kompostimäärä voi vaihdella suuresti lyhyenkin ajanjakson sisällä eri ajanhetkinä.

Taulukko 13. Vuonna 2004 kompostilannoituksissa peltoon lisätyt hiili, typpi ja fosfori kokonaispitoisuuksina.

Kompostilaji	C	N	P
	kg/ha		
Lantak. 5 t/ha	665	45	8
Lantak. 9 t/ha	1330	90	16
Biojätetek. 3 t/ha	559	63	15
Biojätetek. 6 t/ha	1061	119	29
Biojäte-lietek. 3 t/ha	363	37	24
Biojäte-lietek. 5 t/ha	726	74	48

Taulukko 14. Vuonna 2005 kompostilannoituksissa peltoon lisätyt hiili, typpi ja fosfori kokonaispitoisuuksina.

Kompostilaji	C	N	P
	kg/ha		
Lantak. 25 t/ha	3676	194	33
Lantak. 50 t/ha	7352	389	65
Biojätetek. 26 t/ha	3442	298	126
Biojätetek. 52 t/ha	6884	596	253
Biojäte-lietek. 23 t/ha	3364	347	204
Biojäte-lietek. 46 t/ha	6728	693	409

4.1.4 Hygieeninen laatu

Hygieniatason mittaamiseksi komposteista, maanäytteistä ja raaosta perunoista määritettiin hygieenisyyden indikaattorimikrobeina käytettävien suolistomikrobien määriä. Hygieniatuloksissa hajonnat ovat ajoittain hyvinkin suuria. Tämä johtuu mm. maanäyte-vesiseoksen vaikeasta homogenisoimisesta, jolloin joihinkin rinnakkaisiin näytteisiin ei välttämättä osu yhtä suurta bakteerimäärää. Tämä on tavallista, kun tulokset ovat lähellä määritysten alarajaa, kuten tässä tutkimuksessa. Tämän vuoksi useat rinnakkaiset näytteet ovat erittäin tärkeitä.

4.1.4.1 Perunan hygienia ja maku

Raaosta perunoista tehdyissä hygienia-analyyseissä ei löydetty lainkaan indikaattorimikrobeja. Keitetyillä perunoilla tehdyissä makutesteissä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa lannoittamattomien ja eri komposteilla lannoitettujen perunoiden välillä. Havaittavissa oli trendi, jonka mukaan lannoittamattomassa maassa kasvatettu peruna on sekä murein että parhaimman makuinen, mutta ero ei tullut tilastollisesti merkitseväksi. Makutesteissä tulee esille maistajan subjektiivinen käsitys arvioitavasta tuotteesta: mikä toisen maistajan mielestä on paras, voi toisen mielestä olla heikoin. Maun lisäksi maistaja kiinnittää huomiota myös mm. väriin ja rakenteeseen eli perunaan kokonaisuudessaan, ja käyttää näitä kaikkia ominaisuuksia mielipiteensä pohjana. Makutestien ja hygieenisyyden perusteella kaikki tutkitut kompostit soveltuivat hyvin perunan lannoitteeksi.

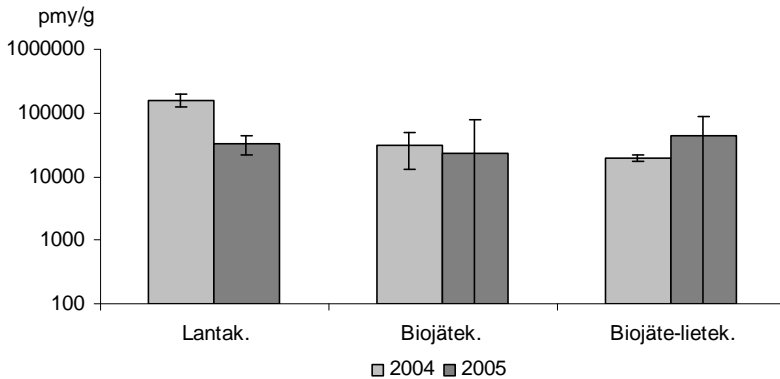
4.1.4.2 Salmonella

Salmonellaa ei saisi esiintyä komposteissa lainkaan, mutta keväällä 2004 sitä löytyi kahdesta biojäte-lietekompostinäytteestä, ja lisäksi kahdesta maanäytteestä lannoittamattomalta pellolta, sekä yhdestä lantakompostilla lannoitettusta maanäytteestä. Syynä salmonellan esiintymiseen lannoittamattomalla pellolla voivat olla eläinten ulosteet. Salmonellakannaksi todettiin *S. infantis*, jota joskus esiintyy Suomessa mm. kotieläimissä, vaikka sinänsä salmonellan esiintymistiheys Suomessa on hyvin pieni. Syksyllä 2004 salmonellaa ei enää esiintynyt. Myöskään vuonna 2005 salmonellaa ei löydetty, joten tilanne oli siltä osin parantunut.

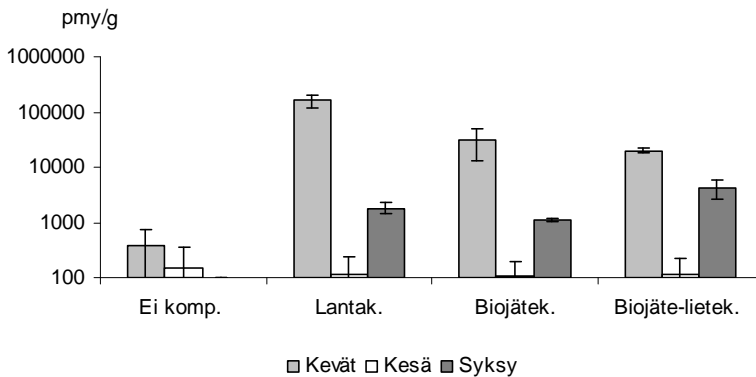
4.1.4.3 Enterokokit

Molempina vuosina lantakompostissa oli tutkituista komposteista eniten enterokokkeja (Kuva 1). Määrät olivat luonnollisesti suurimpia keväällä komposteista otetuissa näytteissä. Maanäytteissä enterokokkien määrät olivat selvästi alempia, nousten taas syksyä kohti kaikissa maanäytteissä, myös käsittelemättömissä nollaruuduissa (Kuvat 2 ja 3). Osa enterokokeista voi olla kasvi-

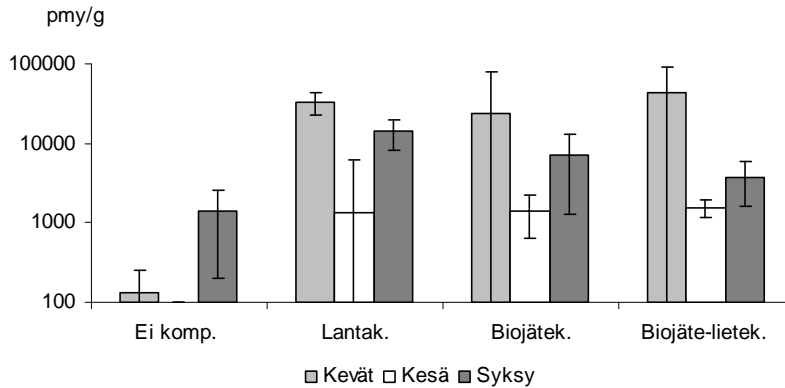
peräisiä, mikä selittäisi osaltaan pitoisuuden selvää nousua syksyä kohden kaikissa kompostikäsitellyissä ruuduissa molempina vuosina. Vuonna 2004 lantakompostissa oli selvästi muita komposteja enemmän enterokokkeja (Kuva 2), kesällä 2005 ero oli vähäisempi (Kuva 3). Vuonna 2005 kesän ja syksyn maanäytteistä löydetty enterokokkipitoisuudet olivat selvästi edellisvuotta korkeampia, mitä selittää kompostien huomattavasti edellisvuotta suurempi käyttömäärä keväällä 2005.



Kuva 1. Enterokokit komposteissa kolmen rinnakkaisen näytteen keskiarvona sekä keskihajonnat. Kaikista komposteista löydettiin enterokokkeja molempina vuosina, lantakompostin ollessa saastunein. Ero kompostien välillä oli kuitenkin pieni, etenkin vuonna 2005. Asteikko on logaritminen.



Kuva 2. Enterokokit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2004 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Enterokokkeja löytyi edelleen runsaasti kaikista komposteista, erot eri lannoitusten välillä olivat erittäin pieniä. Nyt enterokokkeja oli maaperässä myös kesän näytteenoton aikaan. Syksyllä pitoisuudet olivat taas kohonneet selvästi kesää korkeammiksi. Asteikko on logaritminen.

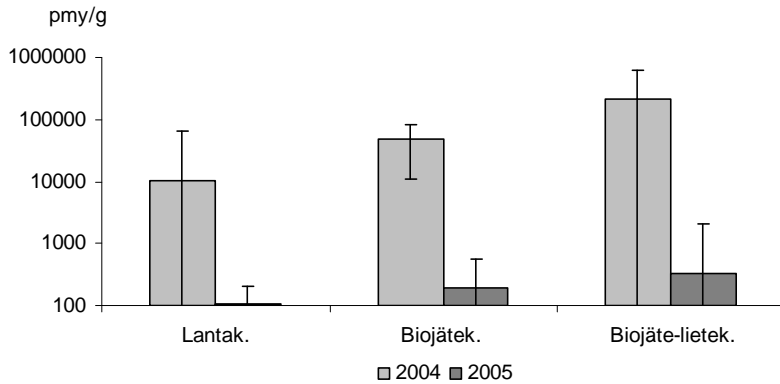


Kuva 3. Enterokokit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2005 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Enterokokkien määrä oli suurin lantakompostissa, mutta myös muissa komposteissa pitoisuudet olivat selvästi koholla. Maaperässä enterokokkeja tavattiin enemmän syksyllä kuin kesällä. Asteikko on logaritminen.

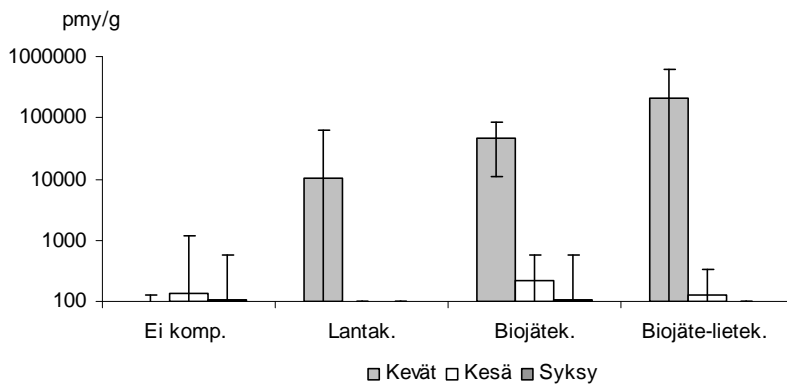
Enterokokit ovat koliformeja paremmin lämpöä ja muita ympäristötekijöitä kestäviä. Siten ne indikoivat ulostesaastumista tapahtuneen ja lämpötilan olleen korkealla vain vähän aikaa. Koska komposteissa esiintyy enterokokkeja edelleen kohtuullisen runsaasti, ei mikään kompostointiprosessi ollut hygienisoinnin kannalta täydellinen.

4.1.4.4 Fekaaliset koliformit

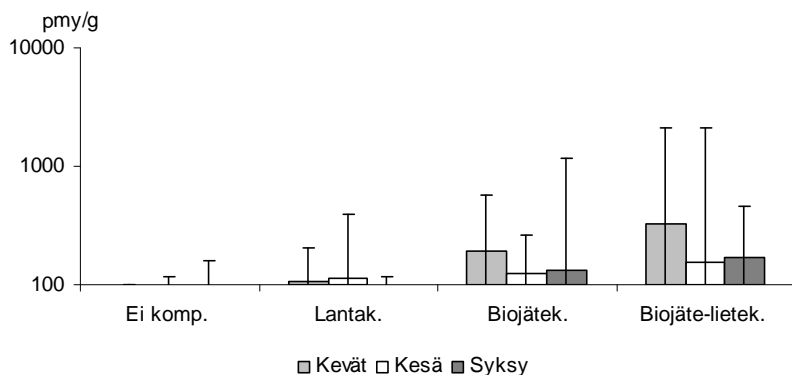
Jäteperäisissä komposteissa fekaalisia koliformeja oli enemmän kuin lantakompostissa molempina vuosina (Kuva 4). Koliformeja esiintyi kompostinäytteissä varsin runsaasti keväällä 2004, mikä indikoi kompostien puutteellista hygienisoitumista (Kuva 5). Koliformeja oli eniten biojätelietekompostissa kumpanakin vuonna, mutta vuonna 2005 määrä oli kaikissa komposteissa hyvin vähäinen edellisvuoteen verrattuna (Kuva 6). Tämä kertoo kompostien paremmasta hygienisoitumisesta. Kesällä 2005 koliformien pitoisuudet kompostilannoitetussa maassa nousivat edellisvuodesta poiketen hieman syksyä kohden.



Kuva 4. Koliformit komposteissa kolmen rinnakkaisen näytteen keskiarvona sekä keskihajonnat. Ero koliformien pitoisuuksissa eri vuosien välillä on hyvin selvä, mikä indikoi kompostointiprosessin olleen vuonna 2005 tehokkaampi. Asteikko on logaritminen.



Kuva 5. Koliformit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2004 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Koliformien määrä oli varsin runsas etenkin biojäte-lietekompostissa, myös muissa komposteissa koliformimäärät olivat kohonneet. Koliformit kuolevat kohtuullisen helposti maaperässä, eikä niitä ollut enää juurikaan havaittavissa kesän ja syksyn näytteenotoissa. Asteikko on logaritminen.

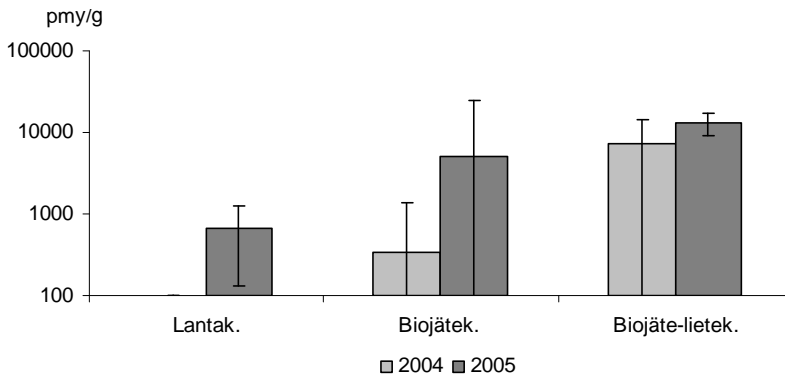


Kuva 6. Koliformit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2005 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Tilanne koliformien suhteen oli parantunut, eikä niitä enää juurikaan esiintynyt komposteissa. Biojäte-lietekomposti oli kuitenkin edellisvuoden tapaan heikkolaatuisin koliformien suhteen. Maaperästä koliformeja löytyi pieniä määriä, mikä johtuu kompostien korkeammista levitysmääristä edellisvuoteen verrattuna.

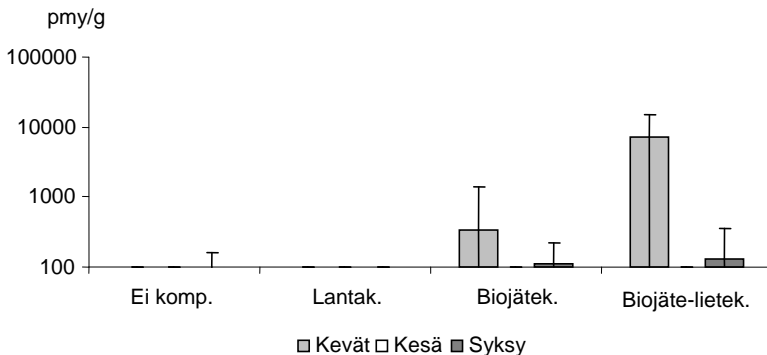
4.1.4.5 Klostridit

Vuonna 2005 klostrideja löytyi alkuvaiheessa kaikista komposteista, biojäte-lietekompostin ollessa saastunein. Vuonna 2004 klostrideja esiintyi ainoastaan jätteperäisissä komposteissa. Biojäte-lietekomposti osoittautui laadultaan heikoimmaksi myös klostridien suhteen kumpanakin vuonna (Kuva 7).

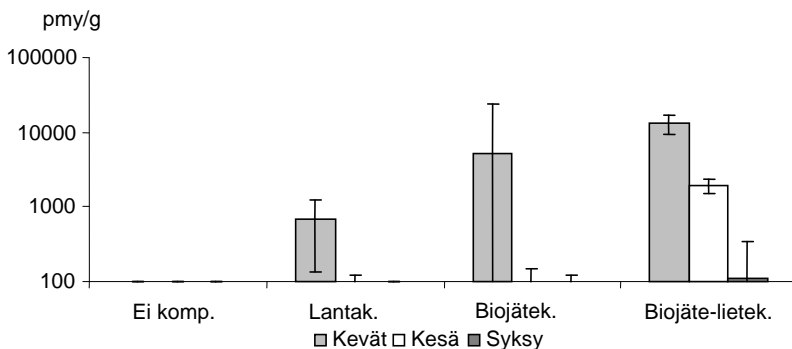
Maanäytteistä klostrideja löydettiin vain hyvin pieniä pitoisuuksia heti kompostien levityksen jälkeen. 2004 klostrideja oli havaittavissa pieniä määriä jätteperäisillä komposteilla lannoitetussa maassa vielä kasvukauden jälkeen, kun taas heti levityksen jälkeen niitä ei ollut havaittavissa (Kuva 8). Kesällä 2005 klostrideja oli biojäte-lietekompostilla lannoitetussa maassa vielä runsaasti kaksi viikkoa levityksen jälkeen otetuissa näytteissä (Kuva 9). Tätä selittävät osaltaan kompostien suuremmat käyttömäärät vuonna 2005.



Kuva 7. Klostridit komposteissa kolmen rinnakkaisen näytteen keskiarvona sekä keskihajonnat. Klostridien määrä oli komposteissa suurempi vuonna 2005, jolloin myös lantakomposti oli saastunut. Biojäte-lietekomposti oli laadullisesti heikoin molempina vuosina. Asteikko on logaritminen.



Kuva 8. Klostridit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2004 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Vuonna 2004 klostrideja esiintyi vain jäteperäisissä komposteissa sekä niillä lannoitetussa maassa syksyllä. Asteikko on logaritminen.



Kuva 9. Klostridit komposteissa ja maassa käsittelyjen keskiarvona vuonna 2005 sekä keskihajonnat. Kuvassa kunkin kompostityypin ensimmäinen palkki ("Kevät") kuvaa tilannetta kompostissa ja seuraavat palkit tilannetta kompostilla lannoitetussa maassa. Klostrideja löytyi kaikista komposteista sekä biojäte-lietekompostilla lannoitetusta maasta pian levityksen jälkeen. Asteikko on logaritminen.

4.1.4.6 Kolifaagit

Kolifaageja löydettiin ainoastaan yhdestä kompostista, biojätelietekompostista kaikista rinnakkaisista näytteistä keväällä 2005. Määrä oli kuitenkin varsin vähäinen, 3100 pmy/g. Kyseessä oli RNA-faagityyppi 15597. Faagilöydös kuvastaa ulostesaastumista.

4.2 Kompostien vaikutukset

4.2.1 Hygieenisyyden indikaattorimikrobien elinkyky maassa

Joidenkin patogeenisten, komposteista peräisin olevien mikrobien on todettu voivan selviytyä elinkykyisinä kompostilannoitetussa maassa. On tärkeää tietää näiden mikrobien pitoisuus maassa, sillä mikrobipitoisuuden ollessa suuri kasvaa todennäköisyys, että osa mikrobeista siirtyy maaperästä kasveihin. Kasveista mikrobit voivat siirtyä ravinnon mukana ihmisiin.

Tässä tutkimuksessa havaitsimme fekaalisista mikrobeista enterokokkien ja klostridien olevan paremmin maaperässä säilyviä kuin koliformien. Niiden lämmönsietokyky on suurempi, ja siksi ne selviävät suuremmalla todennäköisyydellä kompostointiprosessista, niitä löytyy myös pidempään auringossa lämpiävästä maan pintakerroksesta. Klostridien selviytymistä auttaa myös niiden itiömuodostuskyky, jonka avulla ne voivat selviytyä ohimenevistä epäedullisista olosuhteista hengissä. Myös koliformit ovat kykeneviä selviytymään maaperässä jonkin aikaa kompostien levittämisen jälkeen, mutta aivan maan pintakerroksista ne tuhoutuvat nopeasti auringon vaikutuksesta. Kaikkia tutkittuja mikrobeja voitiin löytää maaperästä kompostien levityksen jälkeen, pitoisuudet olivat kuitenkin varsin pieniä ja tuskin aiheuttavat mitään haittaa kasvien hygieeniselle laadulle (Kuvat 2-3, 5-6, 8-9).

4.2.2 Maan orgaaninen aines

Maan orgaanisen hiilen pitoisuudet on esitetty kuvin liitteessä 3. Kuviin on merkitty myös merkitsevät erot eri käsittelyjen välillä.

VUOSI 2003. Koeruuduissa orgaanisen aineksen määrä vaihteli kokeen alkaessa 3 %:n molemmin puolin, mikä on viljavuusluokituksessa vähämultaisen ja multavan raja (Kuva 10).

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojättek.	28	Biojättek. ½
6	Biojättek. ½	13	Biojättek. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojättek. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojättek.
2	Lantak.	9	Biojättek.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojättek.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

vähämullainen
mullava

Kuva 10. Koeruutujen orgaanisen aineksen määrä kokeen alussa keväällä 2003. Kompostilannoitukset on merkitty esim. "Lantak ½" =aiemmassa kokeessa käytetty ½ sallitusta käyttömäärästä ko. kompostille, "Lantak"=aiemmassa kokeessa käytetty enimmäismäärä ko. kompostille.

VUOSI 2003. Aiempien kompostilannoitusten vaikutus ei ollut välittömästi havaittavissa, sillä kompostilannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen orgaanisen aineksen pitoisuuksissa ei ollut eroja korkeammalla kompostimäärällä lannoitettujen ruutujen ja lannoittamattomien ruutujen välillä (Liite 3, Kuva 1). Eri kompostimäärillä ja -laaduilla lannoitettujen maiden hiilipitoisuudessa ei ollut eroja (Liite 3, Kuva 2).

VUOSI 2004. Komposteilla ei ollut vaikutusta maan orgaanisen aineksen pitoisuuteen, mikä olikin ennakoitavissa käytetyistä alhaisista kompostimääristä johtuen. Eroja kompostilannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen välillä ei ollut (Liite 3, Kuva 1). Myöskään eri komposteilla lannoitettujen ruutujen tai eri kompostimäärien välillä ei ollut eroja (Liite 3, Kuva 2).

VUOSI 2005. Komposteilla ei ollut vaikutuksia maan orgaanisen aineksen pitoisuuteen, vaikka käytetyt kompostimäärät olivatkin korkeita. Eroja kompostilannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen välillä ei ollut (Liite 3, Kuva 1). Myöskään eri komposteilla lannoitettujen ruutujen tai eri kompostimäärien välillä ei ollut eroja (Liite 3, Kuva 2). Koeruutujen viljavuusluokissa oli orgaanisen aineen määrän suhteen pieniä eroja verrattuna alkutilanteeseen, mutta kompostilannoituksen vaikutus ei ollut selkeä (Kuva 11).

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojättek.	28	Biojättek. ½
6	Biojättek. ½	13	Biojättek. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojättek. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojättek.
2	Lantak.	9	Biojättek.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojättek.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

vähämaltainen
multava

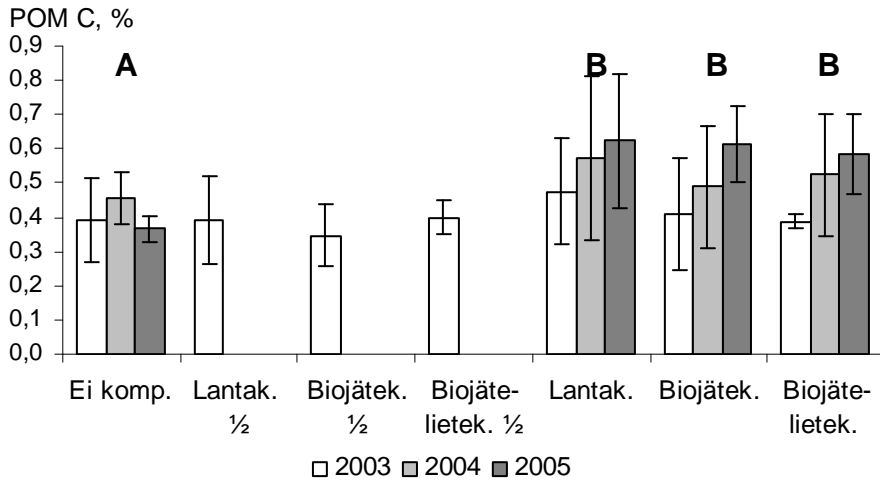
Kuva 11. Koeruutujen orgaanisen aineksen määrä kokeen päättyessä syksyllä 2005. Kompostilannoitukset on merkitty esim. "Lantak. ½" =aiemmassa kokeessa käytetty ½ sallitusta käyttömäärästä ko. kompostille, "Lantak."=aiemmassa kokeessa käytetty enimmäismäärä ko. kompostille.

4.2.3 Biologiset maanparannusvaikutukset

Maaperän mikrobiston kokonaismäärään, mikrobiston toiminnallisuuteen ja eloperäisen aineksen laatuun liittyvissä määrityksissä ei vuosien 2003 ja 2004 tulosten perusteella havaittu eroja eri kompostikäsitteilyjen välillä. Vuosi 2003 oli edellisen kokeen kompostilisäysten jälkivaikutusvuosi ja vuonna 2004 koekentälle levitettiin samoja kompostilaatuja samat määrät kuin edeltävällä kojeksolla. Eroja ei ollut, kun verrattiin eri kompostilisäyksiä tai kun verrattiin matalampaa ja korkeampaa kompostilisäystasoa.

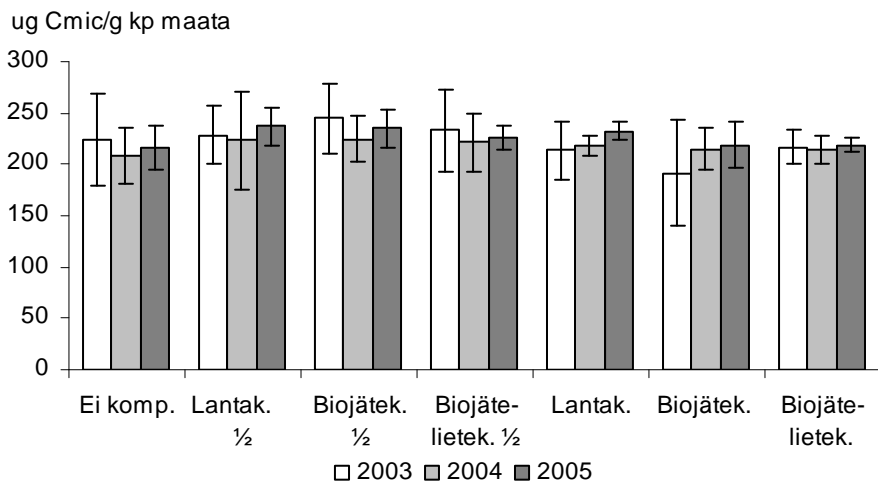
Vuonna 2005 kompostilisäykset toistettiin ja lisäysten määrää nostettiin yli viisinkertaisiksi (ks. kappale 3.1). Edelleenkin ei tullut esille selkeitä eroja eri kompostilisäysten tai lisäystasojen välillä.

Kun vuoden 2005 tuloksista verrattiin nollakäsittelyä (ei kompostilisäystä) korkeamman lisäystason kompostikäsitteilyihin, mikrobistolle käyttökelpoisen eloperäisen aineksen määrä (POM) oli noussut kaikkien kompostilisäysten ansiosta ($F_{3,9}=7.83$, $p=0.0070$, Kuva 12). Kaikki kompostilannoitetut maat erosivat merkitsevästi lannoittamattomasta maasta (lantakomposti, $t=4.17$, $df=9$, $p=0.0024$, biojättekompusti, $t=4.02$, $df=9$, $p=0.0030$, biojäte-lietekompusti, $t=3.59$, $df=9$, $p=0.0058$).

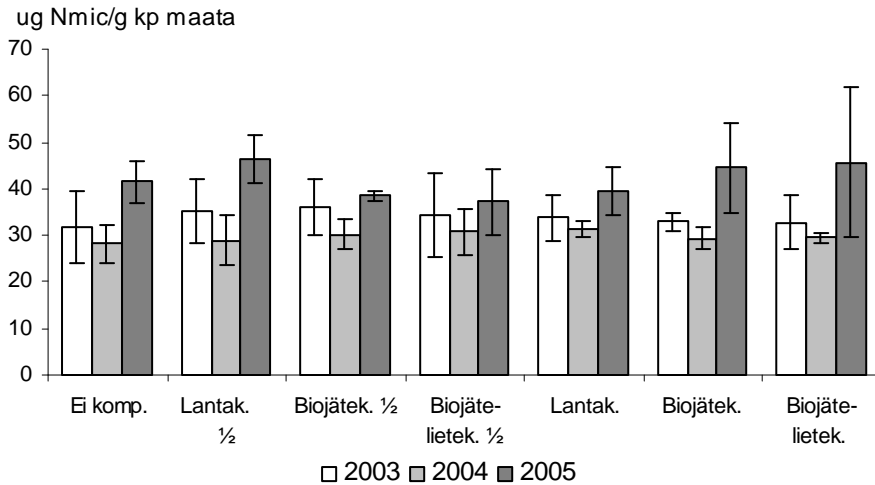


Kuva 12. Mikrobeille helposti käyttökelpoisen partikkelimuotoisen eloperäisen aineksen (POM) sisältämän hiilen osuus maassa vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).

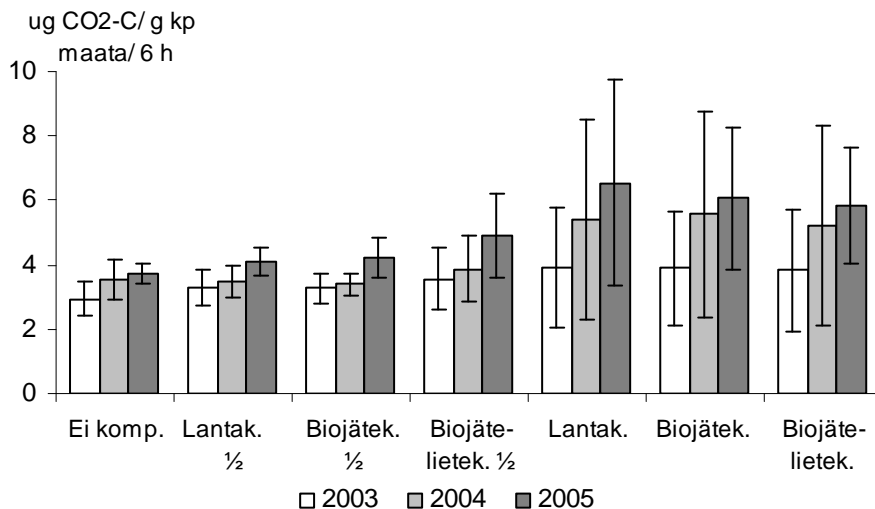
Mikrobiston kokonaismäärässä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja nollakäsittelyyn (ei kompostia) ja korkeamman kompostilisäyksen välillä (Cmic, Nmic; Kuvat 13 ja 14). Maaperän mikrobiston yleistä aktiivisuutta kuvaavassa maahengityksessä kompostilannoitetun maan ero lannoittamattomaan maahan oli melkein tilastollisesti merkitsevä ($F_{3,9}=3.33$, $p=0.0702$) (CO_2 -tuotto; Kuva 15).



Kuva 13. Maaperän mikrobibiomassan kokonaismäärä (Cmic; mikrobiston sisältämä hiili) maan kuivapainoa kohti vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).



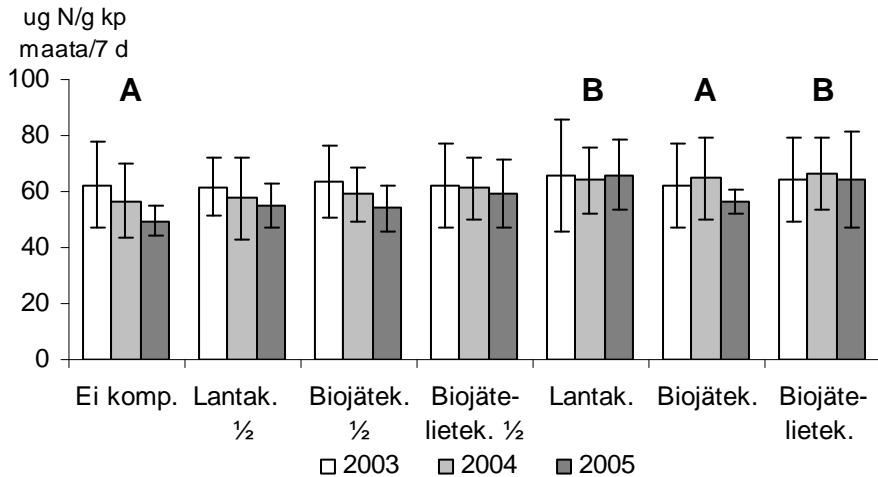
Kuva 14. Maaperän mikrobibiomassan kokonaismäärä (Nmic; mikrobiston sisältämä tyyppi) maan kuivapainoa kohti vuosina 2003-2005 (±keskihajonta).



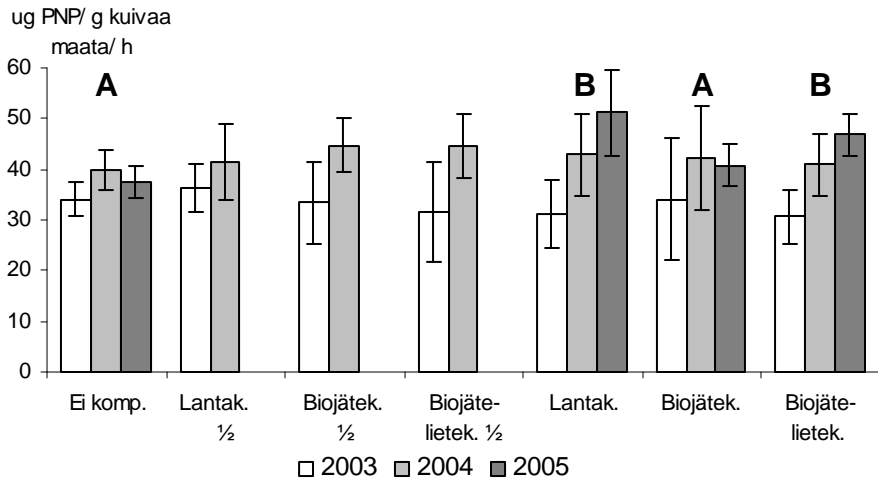
Kuva 15. Maaperän mikrobiston yleistä aktiivisuutta kuvaava maahengitys (CO₂-tuotto) maan kuivapainoa kohti vuosina 2003-2005 (±keskihajonta).

Typen nettomineralisaatio oli kasvanut kompostilannoitetussa maassa ($F_{3,9}=4.77$, $p=0.0295$). Erot lannoittamattomaan maahan olivat merkitseviä kompostikäsitellyissä, joissa oli lisätty lantakompostia ($t=3.37$, $df=9$, $p=0.0083$) tai biojäte-lietekompostia ($t=2.99$, $df=9$, $p=0.0153$); biojättekompastilla ei ollut samanlaista vaikutusta (Kuva 16). Kitiinin hajotuksesta vastaavan entsyymin aktiivisuus (N-asetyyli- β -glukosaminidaasi) reagoi vastaa-

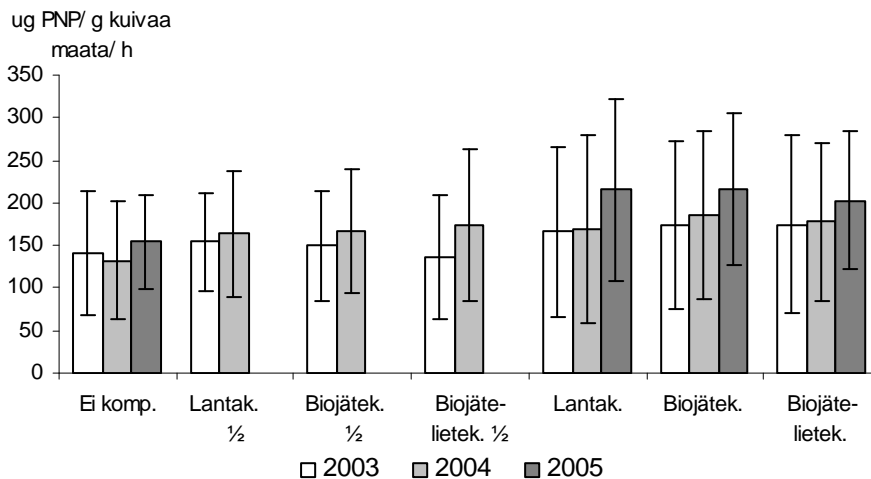
vasti (lantakomposti, $t=3.98$, $df=9$, $p=0.0032$, biojäte-lietekomposti, $t= 2.72$, $df=9$, $p=0.0236$, Kuva 17). Lisäksi kompostilisäykset nostivat melkein merkitsevästi alkaalisen fosfaatin aktiivisuutta kaikissa kompostikäsitelyissä ($F_{3,9}=3.58$, $p=0.0596$, Kuva 18). Happaman fosfaatin tai proteaasin potentiaaliseen aktiivisuuteen ei kompostilisäyksillä ollut vaikutusta (Kuvat 19 ja 20).



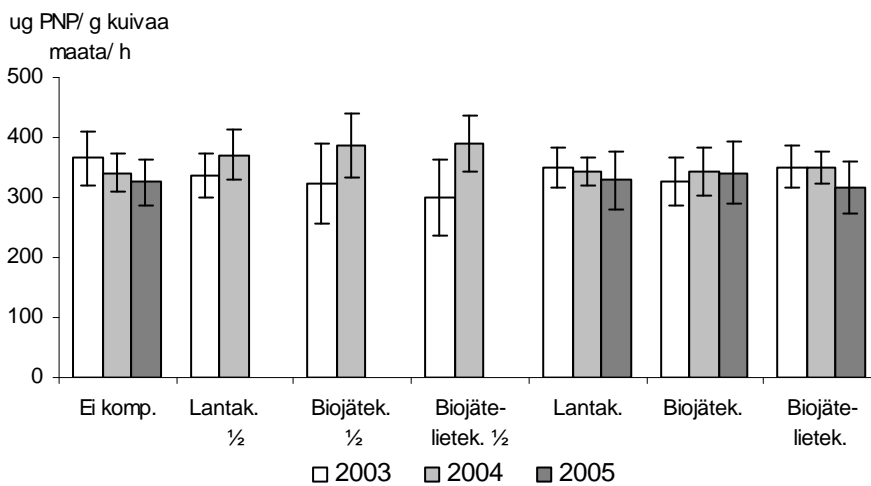
Kuva 16. Tyypin nettomineralisaatio mitattuna anaerobisena inkubaationa (7 d, 37°C) maan kuivapainoa kohti vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).



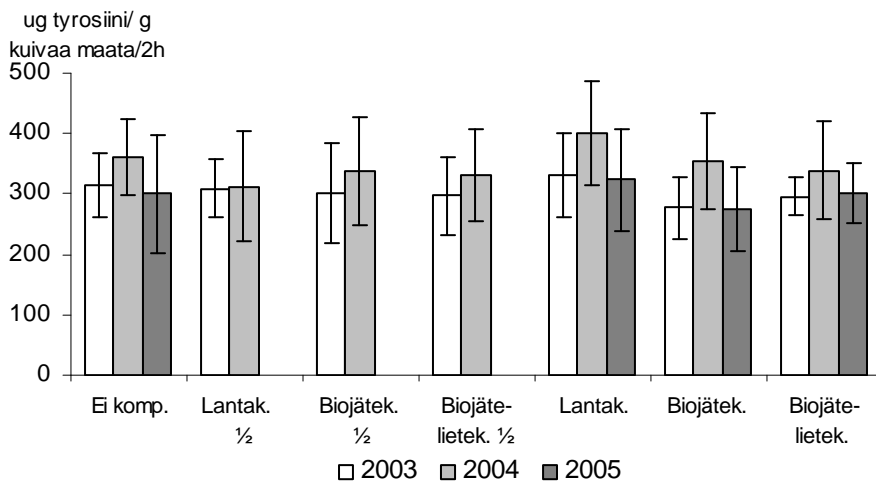
Kuva 17. N-asetyyli-β-glukosaminidaasin (kitiin hajotuksesta vastaava entsyymi) aktiivisuus vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).



Kuva 18. Alkaalisen fosfataasin aktiivisuus vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).



Kuva 19. Happaman fosfataasin aktiivisuus vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).



Kuva 20. Proteaasin aktiivisuus vuosina 2003-2005 (\pm keskihajonta).

Tulosten perusteella näyttää siltä, että kompostilisäyksillä ei ole voimakkaita vaikutuksia maaperän mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Millään kompostilaadulla ei käyttömäärästä riippumatta havaittu maamikrobiston kannalta haitallisia vaikutuksia. Toisaalta matalatkin toistuvat kompostilisäykset kerryttävät maahan sellaista typpivarastoa, joka on potentiaalisesti mikrobiston vapautettavissa. Samansuuntaisia tuloksia ovat saaneet tanskalaiset tutkijat eri yhdyskuntajäte- ja lantakomposteilla (Debosz ym. 2002, Petersen ym. 2003). Perez-Piqueres ym. (2006) totesivat, että kompostilisäysten vaikutus maaperäominaisuuksiin vaihteli kompostin ja maatyypin mukaan. Koska tutkimus toteutettiin ainoastaan yhdellä koekentällä, ei maatyypin mahdollisia vaikutuksia pystytä arvioimaan. Kompostien välillä oli kuitenkin jonkin verran eroja siten, että biojätekompostin vaikutukset maaperämikrobiologisiin ominaisuuksiin, ennen kaikkea typen kierron prosesseihin, olivat heikoimmat. Tämä selittynee vuonna 2005 käytetyn biojätekompostin laadullisilla eroilla muihin komposteihin verrattuna.

Maamikrobiologisia menetelmiä on pidetty herkkinä indikaattoreina maaperän muutoksille. Kuten tanskalaisissa tutkimuksissakin (Debosz ym. 2002, Petersen ym. 2003), kompostilisäykset eivät kuitenkaan muuttaneet maamikrobiston kokonaismäärää tai yleistä aktiivisuutta (maahengitys). POM-analyysin tulokset tukevat päätelmää, että kompostilisäykset lisäävät nimenomaan mikrobistolle potentiaalisesti käyttökelpoisen orgaanisen aineksen ja ravinnevarastojen osuutta maassa.

4.2.4 Typpilannoitusvaikutus

Typpi on tärkein kasvien sadontuoton määrään vaikuttava ravinne. Jos viljelymaassa on puutetta typestä, sadon määrä ja valkuaispitoisuus jäävät alhaisiksi. Suomalaisissa karkeissa kivennäismaissa on typpeä noin 5 t/ha, josta pääosa on tiukasti sitoutunut maaperän orgaaniseen ainekseen. Maaperästä kasvien käyttöön vapautuvan typen määrä on riippuvainen maan multavuudesta sekä orgaanisen aineksen laadusta. Periaatteena on, että maaperän orgaanisen aineksen määrän kasvaessa myös kasvien käyttöön vapautuvan typen määrä kohoaa. Vähämultaisesta maasta typpeä vapautuu kasvien käyttöön kasvukauden aikana noin 10-30 kg/ha (Rajala 2004).

Kasvien typpilannoitus perustuu kasvien ravinnetarpeisiin ja kasvualustan maalaajiin sekä tavoiteltuun (arvioituun) satotasoon. Kompostilannoituksen ongelmana on, että kompostien typpi on pääosin sitoutunut orgaaniseen ainekseen eikä siten ole suoraan kasvien käytettävissä. Kompostien käyttöä säädellessä nitraattiasetuksessa (VnA 931/2000) niiden sisältämän typen kokonaismäärän mukaan, mistä syystä kompostien sallitut käyttömäärät jäävät hyvin alhaisiksi. Tutkimuksessa käytetyissä komposteissa liukoisen typen osuus kokonaistypestä vaihteli välillä 6-13 % (Taulukot 15 ja 16).

Maan ammonium-, nitraatti-, kokonais- ja liukoisen typen pitoisuudet on esitetty kuvin liitteissä 4-7. Kuviin on merkitty myös merkitsevät erot eri käsittelyjen välillä.

VUOSI 2003. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Aikaisemmilla kompostilevityksillä ei ollut suurta vaikutusta maan kokonais- eikä liukoisen typen pitoisuuksiin Kompostilannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen välillä ei ollut eroja lukuun ottamatta ammoniumtyppeä ($F_{3,7.01}=6.23$, $p=0.0217$, Liite 7, Kuva 1), jota oli lantakompostilla lannoitetussa maassa lannoittamatonta maata ($t=4.00$, $df=7.04$, $p=0.0051$) ja jäteperäisillä komposteilla lannoitettua maata enemmän (biojätekomposti, $t=3.35$, $df=7$, $p=0.0122$, biojäte-lietekomposti, $t=2.51$, $df=6.99$, $p=0.0405$).

VUOSI 2003. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Eri kompostilajeilla ja -määrillä lannoitettujen ruutujen välillä ei ollut eroja typen määrisä.

VUOSI 2004. Käytetyt kompostimäärät olivat hyvin alhaisia, ja erityisesti liukoisen typen määrä oli vähäinen, alle 10 kg/ha. Liukoisen typen osuus kompostien kokonaistypestä oli kaikissa komposteissa hieman alle 10 % (Taulukko 15).

Taulukko 15. Peltoon lisätyn typen määrä ja liukoisen typen osuus kompostien kokonaistypestä vuonna 2004.

Kompostilaji	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Liukoi- nen tyyppi	Kokonais- typpi	Liukoisen typen osuus kokonaistypestä
	kg/ha				%
Lantak. 5 t/ha	2,7	0,5	3,2	45	7
Lantak. 9 t/ha	5,4	0,9	6,3	90	7
Biojättek. 3 t/ha	3,4	1,9	5,3	63	8
Biojättek. 6 t/ha	6,5	3,5	10	119	8
Biojäte-lietek. 3 t/ha	2,0	0,3	2,2	37	6
Biojäte-lietek. 5 t/ha	3,9	0,5	4,4	74	6

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ei ollut eroja typen määrissä (Liitteet 4-7, Kuva 1).

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Kompostilajin ja -määrän yhdysvaikutusta ei havaittu, eikä kompostilajeilla ollut merkitsevää vaikutusta. Kompostilannoituksen eri tasot poikkesivat toisistaan siten, että suurempi lannoitusmäärä aiheutti suuremman ammoniumtyppipitoisuuden ($F_{1,14,1}=14.86$, $p=0.0017$, Liite 7, Kuva 2). Samansuuntainen lannoitustason vaikutus näkyi liukoisen typen yhteismäärässä melkein merkitsevänä ($F_{1,15,2}=3.49$, $p=0.0811$, Liite 5, Kuva 2).

VUOSI 2005. Kompostit levitettiin koeruuduille tavoitellun typpilannoituksen mukaan huomioiden kompostien sisältämä liukoinen tyyppi ja maatalouden ympäristötuen typpirajat (MMMA 1207/2000). Suojaviljana käytetyille Kunnari -ohrille sallittu typpilannoitus on kivennäismailla 80 kg typpeä/ha, josta suojaviljana käytettäessä on vähennettävä 10 kg/ha. Käytettävät kompostimäärät pyrittiin laskemaan kuukautta ennen peltolevitystä otettujen ennakkonäytteiden perusteella siten, että taso A2 sisältäisi 70 kg liukoista typpeä. Lantakompostin käyttömäärää ei voitu määrittää suoraan ennakkonäytteiden perusteella, koska liukoisen typen määrä lantakompostissa oli ennakkonäytteiden ottamisen aikaan selkeästi korkeampi kuin jäteperäisissä komposteissa. Komposteissa tapahtui ennakkonäytteiden ottamisen jälkeen kuitenkin runsaasti muutoksia eloperäisen aineksen hajoamisen edetessä, ja myös kompostien liukoisen typen määrä kasvoi. Siten peltoon levitetyn typen

määrä oli lopulta suunniteltua suurempi biojäte-lietekompostilla lannoitetuissa ruuduissa (Taulukko 16).

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ei juuri ollut eroja maan tyypipitoisuuksissa. Nitraattitypen pitoisuuksissa ero oli melkein merkitsevä ($F_{3,8,14}=3.95$, $p=0.0524$ Liite 6, Kuva 1), sillä biojäte-lietekomposti pyrki nostamaan nitraatin pitoisuutta lannoittamattomaan ja lantakompostiin verrattuna.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Kompostilannoituksen määrän ja kompostilajin yhdysvaikutus maaperän nitraattitypen pitoisuuksiin oli merkitsevä ($F_{2,14}=4.85$, $p=0.0251$, Liite 6, Kuva 2). Korkeammalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa biojäte-lietekomposti nosti maan nitraattityypipitoisuutta verrattuna sekä lanta- että biojätekompostilla lannoitettujen ruutujen pitoisuuksiin ($t=2.73$, $df=14.1$, $p=0.0161$ ja $t=3.32$, $df=14$, $p=0.0051$, vastaavasti). Maan kokonais- ja liukoisen typen ja ammoniumtypen pitoisuuksien suhteen kompostilannoitusten välillä ei ollut eroja.

Taulukko 16. Peltoon lisätyn typen määrä ja liukoisen typen osuus kompostien kokonaistypestä vuonna 2005.

Kompostilaji	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Liukoi- nen tyyppi	Koko- naistyyppi	Liukoisen typen osuus kokonaistypestä
	kg/ha				%
Lantak. 25 t/ha	24	0,4	25	194	13
Lantak. 50 t/ha	48	0,8	49	389	13
Biojätek. 26 t/ha	14	4	18	298	6
Biojätek. 52 t/ha	29	7	36	596	6
Biojäte-lietek. 23 t/ha	36	9	44	347	13
Biojäte-lietek. 46 t/ha	72	17	89	693	13

4.2.5 Vaikutus maan viljavuuteen ja hivenravinteiden pitoisuuteen

Kerranteiden välinen vaihtelu koepellon eri viljavuustekijöiden suhteen oli melko suurta. Kompostikäsitteilyillä ei näyttänyt olevan selkeää vaikutusta maan ravinnetilaaan, vaan erot etenkin koko ensimmäisen kerranteen sekä toisen kerranteen suuremmalla kompostimäärällä lannoitettujen ruutujen ja muiden koeruutujen välillä olivat olemassa jo ennen kompostikokeiden alkua (Liite 8). Orgaanisen hiilen määrä vaihteli kolmen prosentin molemmin puolin, mikä on viljavuusluokituksessa vähämultaisen ja multavan raja. Tämä vaihtelu heijastui myös muiden viljavuuden osatekijöiden vaihtelussa. Happamuus oli suurimmassa osassa koeruutuja hyvä tai korkea, toisessa kerranteessa suuremman kompostilannoituksen saaneissa ruuduissa arveluttavan korkea. Kolmannen kerranteen keskimmaisissa ruuduissa ja neljännessä kerranteessa pintamaan pH-arvo oli muita ruutuja alempi ja happamuusluokka oli tyydyttävä.

Fosforipitoisuus oli ensimmäisessä kerranteessa läpi kokeen korkea ja kolmannessa kerranteessa tyydyttävä, kerranteissa kaksi ja neljä se vaihteli tyydyttävästä arveluttavan korkeaan. Kaliumista oli puutetta kaikissa kerranteissa, luokitus vaihteli yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta välttävästä heikonlaiseen. Koekasvustot, nurmet ja peruna, ottavat kaliumia tehokkaasti maasta ja vaativat kaliumin lisäämistä lannoitteissa. Kalsiumista oli puutetta kerranteissa kolme ja neljä, joissa kalsiumtaso oli välttävä, mutta kerranteissa yksi ja kaksi kalsiumtaso vaihteli tyydyttävästä yksittäisten ruutujen arveluttavan korkeaan. Magnesiumin pitoisuus oli ensimmäisessä kerranteessa ja toisen kerranteen suuremmalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa tyydyttävä, muissa kerranteissa pääosin välttävä, joissain kolmannen kerranteen ruuduissa jopa heikonlainen.

Kuparin pitoisuus oli ensimmäisessä kerranteessa läpi kokeen korkea, muissa kerranteissa hyvä. Mangaanin pitoisuus oli pääosin hyvä lukuun ottamatta syksyä 2004 ja kevättä 2005, jolloin pitoisuus laski kerranteissa kolme ja neljä luokkaan tyydyttävä. Sinkin pitoisuus oli ensimmäisessä kerranteessa korkea, toisen kerranteen suuremmalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa korkea tai arveluttavan korkea ja muissa ruuduissa hyvä.

Maan pH, johtoluku, viljavuusravinteiden pitoisuudet sekä kokonaisfosforin pitoisuus on esitetty kuvin liitteissä 9-15 ja hivenravinteiden pitoisuudet liitteissä 16-19. Kuviin on merkitty myös merkitsevät erot eri käsitteilyjen välillä.

VUOSI 2003. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Aikaisemmilla kompostilannoituksilla ei ollut enää vuonna 2003 vaikutusta koeruutujen happamuuteen, johtolukuun

eikä viljavuusravinteiden pitoisuuksiin verrattuna lannoittamattomaan maahan. Vaihtuvan kaliumin osalta ero oli kuitenkin melkein merkitsevä ($F_{3,7,65}=3.50$, $p=0.0724$, Liite 12, Kuva 1), sillä lantakomposti ja biojätekomposti pyrkivät nostamaan vaihtuvan kaliumin pitoisuutta.

VUOSI 2003. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Vaihtuvan kalsiumin pitoisuudessa oli eroja eri tavoin kompostilannoitettujen ruutujen välillä siten, että aikaisemman kompostilannoituksen määrän ja kompostilajin yhdysvaikutus oli merkitsevä ($F_{2,12}=4.40$, $p=0.0368$, Liite 13, Kuva 2). Korkeammalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa sekä biojätekompostilla ($t=2.87$, $df=11.8$, $p=0.0143$) että biojäte-lietekompostilla ($t=3.33$, $df=12$, $p=0.0060$) lannoitettujen ruutujen vaihtuvan kalsiumin pitoisuus oli korkeampi kuin lantakompostilla lannoitettujen ruutujen. Muiden viljavuustekijöiden osalta eroja eri kompostilannoitusten välillä ei ollut.

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kompostilannoituksella ei ollut vaikutusta koeruutujen maan happamuuteen, johtolukuun eikä liukoisen fosforin, vaihtuvan magnesiumin ja vaihtuvan kalsiumin pitoisuuksiin verrattuna lannoittamattomaan maahan. Kompostilajin vaikutus maan vaihtuvan kaliumin pitoisuuteen oli merkitsevä ($F_{3,11}=4.24$, $p=0.0321$, Liite 12, Kuva 1). Lantakompostilla lannoitetussa maassa oli enemmän vaihtuvaa kaliumia kuin lannoittamattomassa ($t=2.91$, $df=11$, $p=0.0141$) ja biojätekompostilla lannoitetussa maassa ($t=2.47$, $df=11$, $p=0.0312$).

Fosforin kokonaispitoisuudessa oli myös merkitseviä eroja kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ($F_{3,7,11}=3.85$, $p=0.0417$, Liite 15, Kuva 1) Fosforipitoisuus oli sekä biojäte- että biojäte-lietekompostilla lannoitetussa maassa lannoittamatonta maata korkeampi ($t=3.10$, $df=11$, $p=0.0102$ ja $t=2.56$, $df=11$, $p=0.0265$).

Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ei ollut eroja liukoisten hivenravinteiden pitoisuuksissa.

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Kompostilannoitusten välillä ei ollut eroja maan happamuuden, liukoisen ja kokonaisfosforin, sekä vaihtuvan magnesiumin pitoisuuksissa. Kompostikäsittelety vaikutivat maan johtoluvun kehitykseen eri tavoin ($F_{2,10,8}=6.54$, $p=0.0138$, Liite 10, Kuva 2), mutta parivertailuissa ei havaittu yhdysvaikutuksia. Biojäte-lietekompostilla johtoluku laski enemmän kuin lantakompostilla ($t=3.35$, $df=10.8$, $p=0.0066$) ja biojätekompostilla ($t=2.90$, $df=10.8$, $p=0.0148$) lannoitetuissa ruuduissa. Vaihtuvan kaliumin kohdalla sekä kompostimäärän ($F=7.17$, $p=0.0387$) että kompostilajin vaikutus oli merkitsevä ($F=18.57$, $p=0.0002$), mutta yhdysvaikutusta ei esiintynyt (Liite 12, Kuva 2). Suuremmalla lannoitustasolla vaihtuvan kaliumin määrä oli suurempi kuin pienemällä kompostilannoituksen tasolla. Lantakomposti nosti kaliumin pitoisuutta

sekä biojätekompostiin ($t=4.87$, $df=13.3$, $p=0.0003$) että biojätelietekompostiin verrattuna ($t=5.74$, $df=14$, $p<0.0001$). Biojätelietekompostin pienemmällä määrällä lannoitetuilla ruuduilla vaihtuvan kalsiumin pitoisuus aleni kevään pitoisuudesta melkein merkitsevällä tasolla enemmän ($F_{2,11.5}=3.41$, $p=0.0686$, Liite 13, Kuva 2) verrattuna lantakompostiin ja biojätekompostiin.

Kompostilannoitusten välillä ei ollut eroja maan liukoisten hivenravinteiden pitoisuuksissa sinkkiä lukuun ottamatta. Suurempi kompostimäärä nosti melkein merkitsevästi liukoisen sinkin pitoisuutta pienempään lannoitustasoon verrattuna ($F_{1,17}=3.32$, $p=0.0861$, Liite 19, Kuva 2). Kompostilannoitusten mukana peltoon lisätyt kuparin ja sinkin määrät on esitetty taulukoissa 19 ja 20.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kompostilannoituksella ei ollut vaikutusta koeruutujen kokonais- eikä liukoisen fosforin eikä vaihtuvan kalsiumin pitoisuuksiin verrattuna lannoittamattomiin ruutuihin. Kompostilajin vaikutus maan happamuuteen ($F_{3,9.14}=10.63$, $p=0.0025$, Liite 9, Kuva 1), johtolukuun ($F_{3,11}=6.15$, $p=0.0104$, Liite 10, Kuva 1) ja vaihtuvan kaliumin ($F_{3,9.68}=12.22$, $p=0.0012$, Liite 12, Kuva 1) ja magnesiumin ($F_{3,9.76}=6.43$, $p=0.0111$, Liite 14, Kuva 1) pitoisuuksiin oli merkitsevä.

Maan pH oli lantakompostilla lannoitetussa maassa korkeampi kuin lannoittamattomassa ($t=4.33$, $df=9.78$, $p=0.0016$), biojätekompostilla lannoitetussa ($t=2.29$, $df=8.67$, $p=0.0491$) ja biojätelietekompostilla lannoitetussa maassa ($t=5.18$, $df=8.73$, $p=0.0006$). Maan johtoluku oli kaikilla kompostilannoituksilla lannoittamatonta maata korkeampi (lantakomposti, $t=4.27$, $df=11$, $p=0.0013$, biojätekomposti, $t=2.47$, $df=11$, $p=0.0309$, biojätelietekomposti, $t=2.60$, $df=11$, $p=0.0247$).

Vaihtuvan kaliumin pitoisuus maassa oli lantakompostilla lannoitetussa maassa korkeampi kuin lannoittamattomassa ($t=4.44$, $df=10.5$, $p=0.0011$), biojätekompostilla lannoitetussa ($t=5.88$, $df=9.65$, $p=0.0002$) ja biojätelietekompostilla lannoitetussa maassa ($t=4.60$, $df=10.9$, $p=0.0008$). Vaihtuvan magnesiumin pitoisuus oli lannoittamatonta maata korkeampi sekä lantakompostilla ($t=4.34$, $df=11$, $p=0.0012$) että biojätekompostilla lannoitetussa maassa ($t=2.73$, $df=10.8$, $p=0.0199$) ja lantakompostilla lannoitetussa maassa myös biojätelietekompostilla lannoitettua korkeampi ($t=2.94$, $df=9.91$, $p=0.0150$).

Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan liukoisten hivenravinteiden pitoisuuksissa ei ollut eroja.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Kompostilannoituksen määrän ja kompostilajin yhdysvaikutus maan happamuuteen oli

merkitsevä ($F_{2,12.5}=7.17$, $p=0.0084$, Liite 9, Kuva 2). Korkeammalla kompostimäärällä lannoitettujen ruutujen pH:ssa oli eroja kaikkien kompostilajien välillä. Lantakompostilla lannoitettujen ruutujen pH oli korkeampi kuin biojättekompstilla ($t=3.03$, $df=11.9$, $p=0.0106$) ja biojäte-lietekompostilla ($t=6.79$, $df=12.1$, $p<.0001$) lannoitettujen ruutujen. Biojättekompstilla lannoitettujen ruutujen pH puolestaan oli korkeampi kuin biojäte-lietekompostilla lannoitettujen ruutujen ($t=3.78$, $df=12.2$, $p=0.0025$).

Kompostilannoituksen määrän ja kompostilajin yhdysvaikutus maan vaihtuvan kaliumin pitoisuuteen oli merkitsevä ($F_{2,15.1}=6.82$, $p=0.0078$, Liite 12, Kuva 2). Lantakompostilla lannoitetussa maassa oli sekä pienemmällä että suuremmalla kompostimäärällä lannoitettaessa enemmän vaihtuvaa kaliumia kuin biojättekompstilla lannoitetussa maassa ($t=2.22$, $df=15.3$, $p=0.0419$ ja $t=6.72$, $df=15.7$, $p<.0001$). Suuremmalla lantakompostimäärällä lannoitetussa maassa oli myös biojäte-lietekompostilla lannoitettua maata enemmän vaihtuvaa kaliumia ($t=5.43$, $df=17$, $p<.0001$). Maan johtoluku oli suuremmalla kompostimäärällä suurempi kuin pienemmällä kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa ($F_{1,15}=10.08$, $p=0.0063$), mutta kompostilajien tai yksittäisten käsittelyjen välillä ei ollut eroja.

Eri komposteilla lannoitettujen koeruutujen välillä ei ollut eroja maan liukoisen fosforin, vaihtuvan magnesiumin, vaihtuvan kalsiumin eikä kokonaisfosforin pitoisuuksien suhteen.

Kompostilannoitusten välillä ei ollut eroja maan liukoisten hivenravinteiden pitoisuuksissa.

4.2.6 Maan kationinvaihtokapasiteetti

Kompostilannoituksilla ei ollut vuonna 2004 eikä vuonna 2005 vaikutusta maan potentiaaliseen kationinvaihtokapasiteettiin verrattuna lannoittamattomaan maahan. Eri kompostimäärillä ja -laaduilla lannoitetun maan kationinvaihtokapasiteetin arvoissa ei myöskään ollut eroja. Maan potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti on esitetty kuvin liitteessä 20.

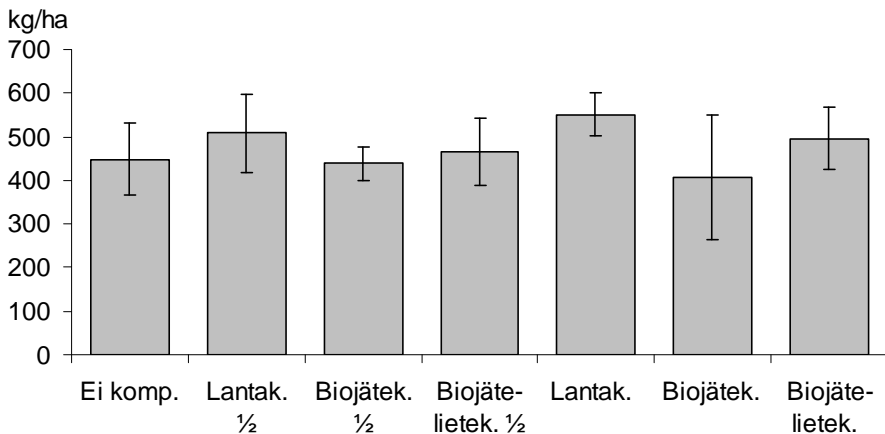
4.2.7 Sadontuotto

VUOSI 2003. Ohra on vaatelas viljalaji, joka kärsii herkästi happamuudesta, märkyydestä ja kuivuudesta. Suppean juuristonsa ja nopean kasvurytminsä vuoksi ohra on herkkä ravinteiden puutoksille. Siksi ohran luomuviljely on varsin haasteellista. Vuoden 2003 kokeessa satotasot olivat kaikilla käsitteilyillä hyvin alhaisia. Tilastollisessa tarkastelussa tutkittiin vain kompostilannoitusten välisiä eroja osaruutukokeen tilastollisen mallin mukaisesti. Kompostilannoitusten ja lannoittamattoman ohran välisiä eroja ei tarkasteltu tilastollisesti.

Ravinteiden, ilmeisimmin typen, puute ja lehtilaikkutaudit heikensivät ohrasadon määrää ja laatua. Jyväsatto vaihteli eri käsittelyillä välillä 400-550 kg/ha (Kuva 21). Aiemmat kompostilevitykset eivät merkittävästi vaikuttaneet satotasoon, mutta havaittavissa oli trendi, että karjanlantakompostilla lannoitetut ruudut tuottivat paremman sadon kuin biojättekompostilla lannoitetut. Näin pienten satomäärien kohdalla erolla ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä. Olkisato oli noin 1000 kg/ha eikä käsittelyjen välillä ollut eroja.

Kompostikäsitteilyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja jyväsadon hiili-, kokonaistyyppi-, fosfori-, kalium-, magnesium-, mangaani-, rikki-, sinkki- eikä kuparipitoisuuksissa. Jyvien kalsiumpitoisuus oli aiemmin suuremmalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa korkeampi kuin pienemmän kompostimäärän ruuduissa ($F_{1,3}=10.48$, $p=0.0479$) ja biojäte-lietekompostilla lannoitetuissa ruuduissa korkeampi kuin lantakompostilla lannoitetuissa ruuduissa ($t=2.77$, $df=12$, $p=0.0170$).

Oljen typpi- ja kaliumpitoisuuksissa (typpi, $F_{2,12}=5.37$, $p=0.0216$, kalium, $F_{2,12}=9.11$, $p=0.0039$) oli eroja eri kompostilannoitusten välillä. Oljen typpipitoisuus oli lantakompostilla lannoitetussa maassa suurempi kuin biojättekompostilla lannoitetussa maassa ($t=2.62$, $df=12$, $p=0.0224$). Oljen kaliumpitoisuus oli biojäte-lietekompostilla lannoitetuissa ruuduissa muilla komposteilla lannoitettuja ruutuja alempi (lantakomposti, $t=3.55$, $df=12$, $p=0.0040$, biojättekomposti, $t=3.83$, $df=12$, $p=0.0024$).



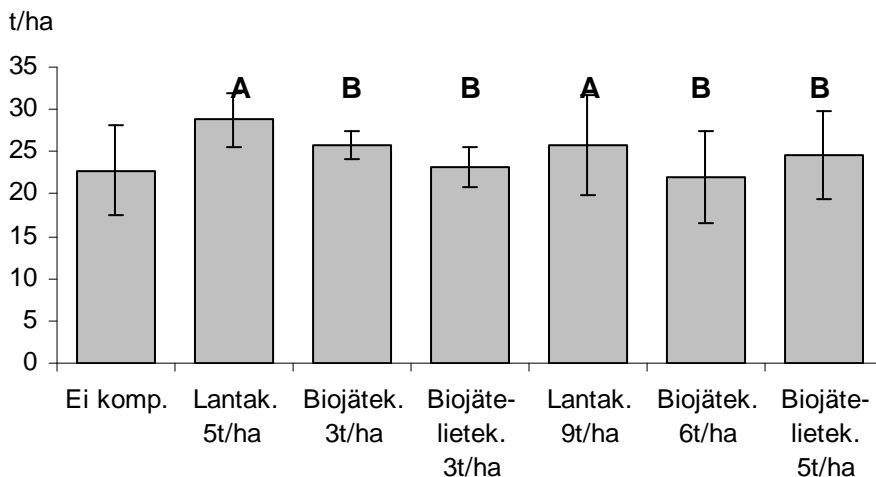
Kuva 21. Ohran jyväsatto käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat v.2003.

VUOSI 2004. Vuoden 2004 kesä oli hyvin sateinen ja olosuhteet suosivat perunaruton itämistä ja leviämistä. Kokeessa perunalajikkeena käytetyn Appellin rutonkestävyys osoittautui kuitenkin hyväksi, ja ruttoa havaittiin kasvustossa ensimmäistä kertaa vasta elokuun toisella viikolla. Elokuun lopulla rutto oli jo vallannut pääosan kasvustosta, jolloin perunanvarret niitettiin. Rutto ei ehtinyt levitä mukuloihin asti. Peruna nostettiin syyskuun puolivälissä ja sato lajiteltiin mukuloiden koon mukaan. Sadontuotto vaihteli eri käsittelyillä välillä 22-29 t/ha (Kuva 22). Vähiten satoa tuottivat käsittelemättömät nollaruudut sekä korkeammalla biojätekompostimäärällä lannoitetut ruudut, noin 22 t/ha. Paras sadontuotto, lähes 29 t/ha, saavutettiin pienemmällä määrällä lantakompostia lannoitetuissa ruuduissa.

Ruotsissa Appell on tuottanut luomulajikekokeissa satoa noin 25 t/ha, josta kauppakelpoisen sadon osuus on ollut muutaman tonnin alempi (Norgren & Ericson 2004). Kotimaisissa tavanomaisen viljelyn lajikekokeissa Appellin satotaso oli vuonna 2004 45 t/ha ja kauppakelpoisen sadon osuus 59 % (Kangas ym. 2005).

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan välillä ei ollut eroja perunan sadontuotossa. Sadosta noin 80 % oli kaikilla käsittelyillä kokoluokan 55-70 mm mukuloita. Tämän kokoluokan perunoiden määrässä oli pieniä eroja lannoittamattoman maan ja kompostilannoitetun maan kesken ($F_{3,24}=3.66$, $p=0.0265$). Sekä lantakompostilla ($t=2.38$, $df=24$, $p=0.0257$) että biojätekompostilla ($t=2.34$, $df=24$, $p=0.0279$) lannoitettu maa tuotti lannoittamattomaan maahan verrattuna enemmän suuria (55-70 mm) perunamukuloita. Lantakompostilannoitus tuotti enemmän suuria mukuloita kuin biojäte-lietekompostilannoitus ($t=2.34$, $df=24$, $p=0.0282$). Muissa kokoluokissa (alle 35 mm ja yli 70 mm) eroja ei ollut.

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Vertailtaessa eri kompostilannoituksia keskenään yhdysvaikutusta ei ollut, mutta kompostilajin vaikutus sadontuottoon oli tilastollisesti merkitsevä ($F_{2,12}=3.99$, $p=0.0470$) siten, että lantakompostilla lannoitettu maa tuotti enemmän satoa kuin biojätekompostilla ($t=2.43$, $df=12$, $p=0.0318$) ja biojätelietekompostilla ($t=2.46$, $df=12$, $p=0.0299$) lannoitettu maa. Pääruututekijällä eli kompostin käyttömäärällä ei ollut vaikutusta sadon määrään, oletettavasti koska kaikki käytetyt kompostimäärät olivat hyvin alhaisia (Kuva 22).



Kuva 22. Perunasato käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat v. 2004. Parivertailussa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuvaan eri kirjaimin.

Kompostilannoitusten ero luokan 55-70 mm perunamukuloiden määrässä näkyi myös osaruutuanalyysissä ($F_{2,12}=4.61$, $p=0.0328$). Sekä lanta- että biojätekompostilla lannoitetuissa ruuduissa oli molemmilla kompostimäärillä enemmän luokan 55-70 mm mukuloita kuin biojäte-lietekompostissa lannoitetuissa ruuduissa (lantakomposti, $t=2.65$, $df=12$, $p=0.0210$, biojätekomposti, $t=2.60$, $df=12$, $p=0.0231$).

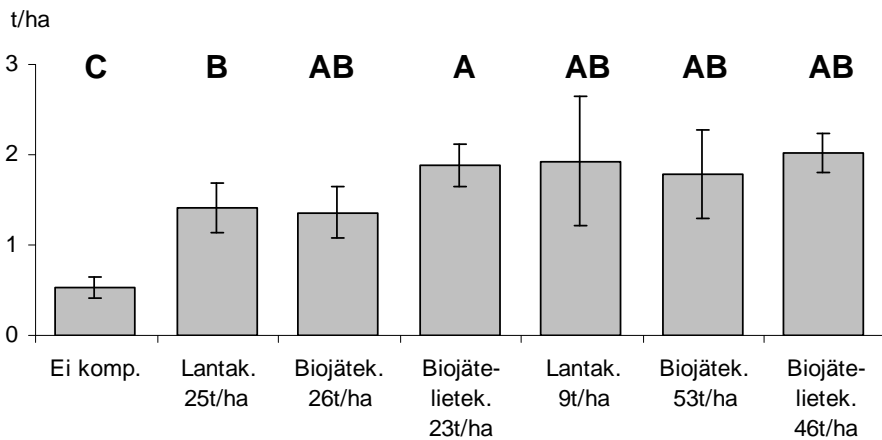
Perunamukuloiden ravinnesisällössä ei fosforin, kalsiumin, magnesiumin, kuparin, mangaanin ja sinkin osalta ollut eroja eri käsittelyjen välillä. Kaliumin ($F_{2,15}=4.99$, $p=0.0219$) ja rikin ($F_{2,15}=9.78$, $p=0.0019$) osalta eri kompostilannoituksilla kasvatetut perunat poikkesivat toisistaan. Kaliumin määrä oli suurempi lantakompostilla lannoitetuissa ruuduissa kasvaneissa perunamukuloissa kuin biojätekompostilla lannoitetuissa ($t=2.14$, $df=15$, $p=0.0490$) ja biojäte-lietekompostilla lannoitetuissa ($t=3.08$, $df=15$, $p=0.0076$) ruuduissa. Mukuloiden rikkipitoisuus oli sekä biojätekompostilla ($t=2.35$, $df=15$, $p=0.0326$) että biojäte-lietekompostilla ($t=4.42$, $df=15$, $p=0.0005$) lannoitetuissa ruuduissa lantakompostilla lannoitetun ruudun perunoita korkeampi.

Natriumia oli enemmän korkeammalla kompostimäärällä lannoitetuissa mukuloissa ($F_{1,3}=12.24$, $p=0.0395$) ja samoin kaikki kompostilajit poikkesivat toisistaan suhteessa perunamukuloiden natriumpitoisuuteen ($F_{2,12}=25.04$, $p<.0001$). Eniten natriumia oli biojäte-lietekompostilla lannoitetujen ruutujen perunoissa, jotka erosivat sekä lantakompostilla lannoitetuista perunoista ($t=2.66$, $df=12$, $p=0.0206$) että biojätekompostilla lannoitetuista perunoista ($t=7.01$, $df=12$, $p<.0001$). Myös biojätekompostilla lannoitetuissa perunoissa oli enemmän natriumia kuin lantakompostilla lannoitetuissa ($t=4.34$, $df=12$, $p=0.0010$).

Suurimmassa osassa perunamukuloista ei ollut merkkejä nitraatista. Muutamasta näytteestä löytyi nitraattia, mutta tulos jäi alle määrittäysrajan, joka oli 15 mg/kg. Eri käsittelyjen välillä ei ollut eroja mukulan nitraattipitoisuudessa.

VUOSI 2005. Ohra menestyi vuonna 2005 nurmen suojaviljana paremmin kuin vuonna 2003. Kasvitauteja ei ollut havaittavissa, mutta etenkin käsittelemättömillä nollaruuduilla ohraa vaivasi ravinteiden, erityisesti typen puute. Kasvusto oli matalaa ja väriltään vaaleaa. Pellolla oli myös runsaasti erilaisia rikkakasveja. Sadontuottoa arvioitaessa on huomioitava, että ohra oli kokeessa nurmen suojaviljana. Jyväsato oli pienemmällä kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa n. 1,3 t/ha ja suuremmalla kompostimäärällä lannoitetuissa ruuduissa lantakompostilannoituksella 1,8 t/ha ja jäteteräisillä komposteilla lannoitettuna samaa luokkaa kuin pienemmän kompostilannoituksen ruuduissa.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kaikki kompostikäsitellyt ruudut tuottivat selvästi enemmän satoa kuin käsittelemättömät nollaruudut, joissa jyväsato jäi 0,5 t/ha tasolle (Kuva 23). Kompostilannoituksen vaikutus oli merkitsevä sekä pienemmällä ($F_{3,9}=23.28, p=0.0001$) että suuremmalla kompostimäärällä ($F_{3,9}=13.19, p=0.0012$). Kaikilla kompostilannoituksilla sadontuotto oli merkitsevästi lannoittamatonta maata korkeampi. Pienemmillä kompostilannoituksilla biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa tuotti lantakompostilla lannoitettua merkitsevästi enemmän satoa (1.88 vs. 1.42 t/ha, $t=2.38, df=9, p=0.0198$).

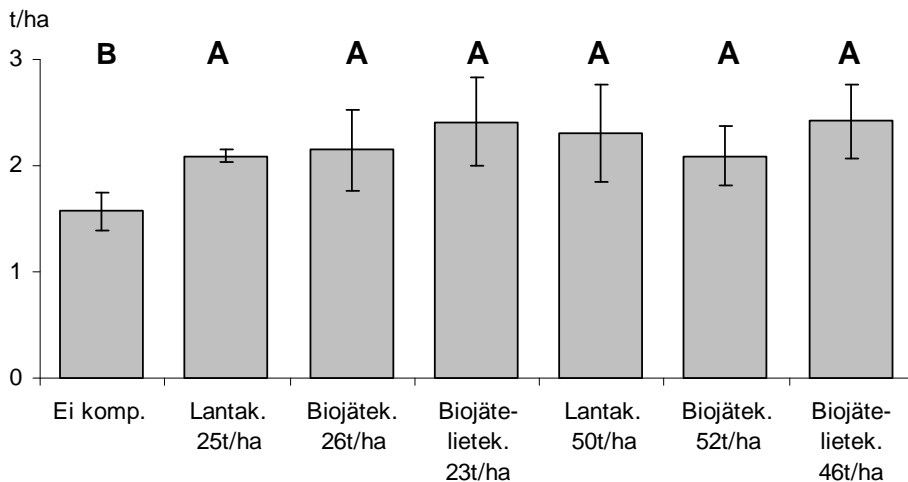


Kuva 23. Nurmen suojaviljana kasvaneen ohran jyväsato käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat vuonna 2005. Parivertailussa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuvaan eri kirjaimin.

Ohran oljen tuorepainoissa ei ollut eroja kompostilannoitetun ja lannoittamattoman ohran välillä. Oljen kuiva-ainesato oli kuitenkin käsittelemättömissä nollaruuduissa noin 1,5 t/ha ja kompostilannoitetuilla ruuduilla selkeästi suurempi (kuva 24). Lannoittamattomalla maalla kasvanut ohrakasvusto oli erittäin matalaa. Ero käsittelemättömiin nollaruutuihin oli selkeä sekä pienemmällä ($F_{3,9}=12.47$, $p=0.0015$) että suuremmalla kompostilannoitusmäärällä ($F_{3,12}=5.28$, $p=0.0150$). Pienemmällä kompostimäärällä biojätelietekompostilla lannoitetun ohran olkisato oli lantakompostilla lannoitettua korkeampi (2.42 vs. 2.09 t/ha, $t=2.30$, $df=9$, $p=0.0467$). Tulokset olki- ja jyväsadoista ovat yhtäläisiä.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Verrattaessa eri kompostilannoituksia keskenään kompostilajin vaikutus ohran jyväsatoon oli melkein merkitsevä ($F_{2,12}=3.48$, $p=0.0644$). Osaruudun ja pääruudun yhdysvaikutus ei kuitenkaan ollut merkitsevä. Oljen tuorepainoissa oli eroa eri kompostikäsitteilyjen välillä ($F_{2,12}=7.12$, $p=0.0091$) siten, että lantakompostilla lannoitetun ohran oljen tuorepaino oli korkeampi kuin biojätelietekompostilla lannoitetun ($t=3.77$, $df=12$, $p=0.0027$). Oljen kuiva-ainesadossa ei kuitenkaan ollut eroja eri käsitteilyjen välillä.

Ohran jyvien ja oljen laadussa oli useita eroavaisuuksia eri kompostikäsitteilyjen ja kompostin käyttömäärien välillä. Suhteessa käsittelemättömiin nollaruutuihin erot olivat kuitenkin pieniä, ja siksi tilastollisesti analysoitiin ja raportoidaan vain suuremmalla kompostimäärällä lannoitetun ja lannoittamat-



Kuva 24. Nurmen suojaviljana kasvaneen ohran olkisato (kuiva-aineena) käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat vuonna 2005. Parivertailussa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuvaan eri kirjaimin.

oman ohran väliset erot. Käsittelyjen välisiä eroja kuvaavien parivertailujen tuloksia on tarkasteltu lyhyesti, mutta tilastollisia tunnuslukuja ei esitetä.

Jyvien hiili-, kalsium- ja kuparipitoisuudessa ei ollut eroja käsittelyjen välillä. Kompostilannoituksella oli vaikutusta jyvien typpi-, fosfori-, kalium-, magnesium-, rikki-, kupari-, mangaani- ja sinkkipitoisuuksiin (Taulukko 17). Kadmium- ja lyijypitoisuuksissa ei ollut eroja lannoittamattoman ja kompostilla lannoitetun ohran välillä.

Jyvien typpipitoisuus oli korkein biojäte-lietekompostilla lannoitetussa ohrassa, seuraavaksi korkein lannoittamattomassa ohrassa ja alhaisin lantakompostilla lannoitettaessa. Fosforipitoisuus oli korkeampi lannoittamattomassa kuin kompostilannoitetussa ohrassa.

Kalium- ja magnesiumpitoisuus oli korkeampi lannoittamattomassa kuin kompostilannoitetussa ohrassa, rikkipitoisuus oli korkeampi lannoittamattomassa kuin lanta- ja biojätekomposteilla lannoitetussa ohrassa. Biojätelietekomposti nosti jyvien kupari-, mangaani- ja sinkkipitoisuutta verrattuna lantakompostilla lannoitettuun ohraan.

Myös ohran olkien laadussa oli eroja eri tavoin käsiteltyjen ruutujen välillä, mutta erot käsittelemättömiin nollaruutuihin olivat pieniä. Oljen hiili- ja kaliumpitoisuuksissa ei ollut eroja lannoittamattoman ja kompostilannoitetun ohran välillä. Kompostilannoituksella oli vaikutusta oljen typpi-, fosfori-, kalsium-, magnesium-, rikki-, kupari-, mangaani- ja sinkkipitoisuuksiin (Taulukko 18).

Taulukko 17. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman ohran jyvien laadun merkitseviä eroja kuvaavat tilastolliset tunnusluvut vuonna 2005.

	<i>NDF</i>	<i>DDF</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Jyvien typpi	3	9	8.58	0.0053
Jyvien fosfori	3	9	6.35	0.0133
Jyvien kalium	3	12	5.42	0.0137
Jyvien magnesium	3	9	4.84	0.0285
Jyvien rikki	3	12	35.00	<.0001
Jyvien mangaani	3	9	13.74	0.0010
Jyvien sinkki	3	9	14.56	0.0008

Taulukko 18. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman ohran oljen laadun merkitseviä eroja kuvaavat tilastolliset tunnusluvut.

	<i>NDF</i>	<i>DDF</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Olkien typpi	3	9	18.90	0.0003
Olkien fosfori	3	9	12.02	0.0017
Olkien kalsium	3	9	19.24	0.0003
Olkien magnesium	3	9	39.26	<.0001
Olkien rikki	3	9	16.78	0.0005
Olkien kupari	3	9	12.72	0.0014
Olkien mangaani	3	9	4.88	0.0278
Olkien sinkki	3	9	13.08	0.0012

Typpi- ja fosforipitoisuudet olivat korkeampia lannoittamattoman kuin kompostilannoitetun ohran oljessa. Hivenravinteiden pitoisuudet olivat alhaisempia kompostilannoitetun kuin lannoittamattoman ohran oljessa. Olkien kadmium- ja lyijypitoisuuksissa ei ollut eroja kompostilannoitetun ja lannoittamattoman ohran välillä.

4.2.8 Raskasmetallikuormitus ja raskasmetallien pitoisuus maaperässä

Koepellolla aikaisemmin toteutetussa kompostien käytön tutkimushankkeessa kompostien käytöllä ei ollut vaikutuksia maan raskasmetallipitoisuuksiin (Lehtonen ym. 2003). Siten lähtötilanne (raskasmetallien pitoisuus koeruuduissa) oletettiin samankaltaiseksi kaikissa ruuduissa. Vuonna 2003 maanäytteistä ei määritetty metallien pitoisuuksia. Vuosina 2004 ja 2005 mahdolliset pienet erot otettiin huomioon käyttämällä syksyn maanäytteiden tilastollisissa analyyseissä kyseisen vuoden kevään mittaustuloksia kovariaatteina. Näin saatiin vakioitua alkutilanteen (kevään) pitoisuuden vaikutus pois syksyn näytteistä. Maan liukoisten raskasmetallien pitoisuudet on esitetty kuvin liitteissä 21-25 ja raskasmetallien kokonaispitoisuudet liitteissä 26-34.

VUOSI 2004. Komposteista peltoon kohdistunut raskasmetallikuormitus oli vähäistä. Valmisteilla olevassa lannoitevalmisteasetuksessa on esitetty kadmiumin enimmäiskuormituksen raja-arvoksi 1,5 g/ha vuodessa tai maa- ja puutarhataloudessa 6 g/ha vuodessa neljän vuoden ajanjaksona annettaessa. Lantakompostin molemmat käyttömäärät sekä jäteperäisten kompostien pienemmät käyttömäärät olisivat olleet kadmiumkuormitusta ajatellen sallittuja

vuosittain. Biojäte-puhdistamolietekompostin korkeampi käyttömäärä olisi ollut vuositason kadmiumkuormituksen raja-arvon tasolla, mutta verrattuna neljän vuoden tasausjaksolle esitettyyn kuormitukseen määrät olisivat olleet biojätekompostilla 18 % ja biojäte-lietekompostilla 25 % sallitusta enimmäiskuormituksesta (Taulukko 19).

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Maan liukoisten metallien pitoisuuksissa ei ollut eroja käsittelemättömien nollaruutujen ja kompostilannoitettujen ruutujen välillä.

Maan elohopean, kadmiumin, nikkelin, kuparin, mangaanin, lyijyn, sinkin ja arseenin kokonaispitoisuuksissa ei ollut eroja kompostilannoitettujen ja lannoittamattomien ruutujen välillä. Kromin kohdalla lannoittamattoman ja kompostilannoitetun maan ero oli tilastollisesti melkein merkitsevä ($F_{3,11}=2.99$, $p=0.0774$, Liite 27, Kuva 1).

VUOSI 2004. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Metallien liukoiset pitoisuudet eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan eri kompostimäärillä ja -lajeilla lannoitetussa maassa. Ainoastaan lyijyn liukoinen pitoisuus maassa nousi melkein merkitsevästi ($F_{2,17}=3.54$, $p=0.0517$, Liite 24, Kuva 2) biojätekompostin suuremmalla käyttömäärällä lantakompostiin ja biojäte-lietekompostiin verrattuna. Todennäköisesti biojätekompostiruutujen muutamilla varsin poikkeavilla havainnoilla oli kuitenkin vaikutusta tähän melkein merkitsevään eroon.

Maan metallien kokonaispitoisuudet erosivat kompostilannoitusten välillä ainoastaan kromin ($F_{2,11,4}=4.26$, $p=0.0417$) ja arseenin osalta ($F_{2,17}=5.12$, $p=0.0182$). Kromin kokonaispitoisuus pysytteli biojätelietekompostikäsitte-

Taulukko 19. Peltoon lisätyt raskasmetallit vuonna 2004 (kokonaispitoisuus).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Kompostilaji	g/ha								
Lantak. 5 t/ha	1	0,2	5	29	0,1	155	8	6	148
Lantak. 9 t/ha	2	0,3	11	58	0,2	310	16	13	296
Biojätetek. 3 t/ha	4	0,6	82	115	0,3	522	32	19	286
Biojätetek. 6 t/ha	8	1,1	156	218	0,5	992	62	36	542
Biojäte-lietek. 3 t/ha	7	0,7	58	140	0,4	422	26	20	353
Biojäte-lietek. 5 t/ha	13	1,5	116	279	0,8	844	53	40	706

lyllä lähempänä kevään tasoa verrattuna biojäte- ja lantakompostikäsitteilyillä tapahtuneeseen muutokseen ($t=2.39$, $df=11.3$, $p=0.0355$ ja $t=2.62$, $df=11.3$, $p=0.0235$, vastaavasti). Arseenin kokonaispitoisuus pysyi biojätekompostin suuremmalla levitystasolla korkeammalla kuin biojäte-lietekompostin vastaavalla levitystasolla ($t=2.30$, $df=17$, $p=0.0343$).

VUOSI 2005. Raskasmetallikuormituksen määrä kohosi käytettyjen suurempien kompostimäärien johdosta vastaavasti (Taulukko 20). Kadmiumin osalta lantakompostin molemmat käyttömäärät johtivat edelleen alle 1,5 g/ha kuormitukseen, mikä valmisteilla olevan lannoitevalmisteasetuksen mukaan mahdollistaisi vastaavien lantakompostimäärien vuotuisen käytön. Molemmilla jäteperäisillä komposteilla neljän vuoden tasausjaksolla sallittu kadmiumkuormitus ylittyi suuremmilla käyttömäärillä. Käsittelemättömien nollaruutujen ja kompostilla lannoitettujen ruutujen raskasmetallipitoisuudet eivät edelleenkään poikenneet toisistaan. Yksittäisten ruutujen välillä oli havaittavissa eroja, mutta suurehkon hajonnan vuoksi erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITETUN JA LANNOITTAMATTOMAN MAAN VERTAILU. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ei ollut eroja maan liukoisten metallien pitoisuuksissa eikä myöskään metallien kokonaispitoisuuksissa.

VUOSI 2005. KOMPOSTILANNOITUSTEN VERTAILU. Kompostilannoitetun ja lannoittamattoman maan välillä ei ollut eroja maan liukoisten metallien pitoisuuksissa. Eri kompostilaaduilla ja -määrillä lannoitetun maan raskasmetallien kokonaispitoisuuksissa ei myöskään ollut juuri eroja. Nikkelin kokonaispitoisuus oli korkeampi suuremmilla kuin pienemmällä kompostimäärillä lannoitetussa maassa ($F_{1,3}=2.12$, $p=0.0400$, Liite 30, Kuva 2).

Taulukko 20. Peltoon lisätyt raskasmetallit vuonna 2005 (kokonaispitoisuus).

Kompostilaji	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	g/ha								
Lantak. 25 t/ha	6	0,3	29	139	0,6	860	19	30	705
Lantak. 50 t/ha	13	0,5	59	279	1,2	1720	38	59	1409
Biojätetek. 26 t/ha	14	3,4	388	990	3	2450	147	161	1853
Biojätetek. 52 t/ha	27	6,9	775	1979	6	4900	293	321	3706
Biojäte-lietek. 23 t/ha	21	4,7	401	1186	4	3094	123	146	2499
Biojäte-lietek. 46 t/ha	43	9,3	803	2371	9	6187	247	293	4999

5 Yhteenveto

Peltoviljelyssä lannoitteina käytetyillä biojäte-, biojätepuhdistamoliete- ja karjanlantakomposteilla ei havaittu olevan välittömiä haitallisia vaikutuksia maan raskasmetallien pitoisuuteen, maan mikrobiologiseen toimintaan eikä viljelymaan ja sadon hygieeniseen laatuun. Kompostien sisältämät ravinteet ovat pääsääntöisesti erittäin hidasliukoisia, joten niiden käytöstä ei oletettavasti aiheudu merkittävää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Toisaalta myös kompostien lannoitusvaikutus jäi melko alhaiseksi liukoisten ravinteiden niukkuuden vuoksi ja myös kasvin tarpeisiin nähden väärin ravinnesuhteiden vuoksi. Kompostilannoituksilla ei ollut havaittavia biologisia maanparannusvaikutuksia, mikä osaltaan aiheutui ensimmäisen vuoden kompostilannoituksen alhaisista määristä.

Molempina koevuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostit olivat laadultaan hyvin ”puhtaita”. Biojäte-puhdistamolietekomposti ylitti kuparin ja sinkin osalta luomutuotannossa kompostoidulle kotitalousjätteelle asetetut raja-arvot ja lisäksi biojätekomposti ylitti kuparin raja-arvon. Kompostien pitempiäaikaisella käytöllä saattaakin olla vaikutusta siihen, että hivenravinteiden pitoisuudet maassa olivat koepellolla korkeita. Eroja kompostikäsiteltyjen ja nollaruutujen välillä ei kuitenkaan ollut. Haitallisten metallien osalta kompostikäsiteltyt ruudut eivät poikenneet nollaruuduista ja kaikki raskasmetallipitoisuudet olivat tavanomaisia verrattuna viljavuustutkimuksista kerätyistä tuloksista laadittuun peltomaiden raskasmetallipitoisuusluokitteluun. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että kompostien raskasmetallipitoisuudet olivat noin kymmenesosan luokkaa verrattuna puhdistamolietteelle asetettuihin raja-arvoihin (Vnp 282/1994), ja koeruudut myös alittivat selvästi raja-arvot, jotka kyseisessä päätöksessä asetetaan peltomaalle, jolle puhdistamolietteitä voidaan käyttää. Kokeessa käytettiin mahdollisimman hyvälaatuisia komposteja, joita oli kypsytetty vähintään 3 kuukautta.

Vuonna 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät olivat huomattavasti suurempia kuin edellisenä vuonna, viisi-kahdeksankertaisia verrattuna vuoteen 2004. Tästä huolimatta kompostilannoitetut ruudut eivät merkittävästi eronneet käsittelemättömistä nollaruuduista. Kompostilannoituksilla ei siis havaittu olevan merkittäviä välittömiä vaikutuksia sen enempää maan ravinnetilaan kuin haitallisten metallien pitoisuuksiin maaperässä. Komposti on hidas- ja pitkävaikutteinen lannoite, jonka vaikutus maahan voi tulla esiin vasta useiden vuosien kuluessa käytöstä ja useiden käyttökertojen jälkeen. Sen vuoksi kompostin käytön hyötyjen ja haittojen arviointi lyhytkestoisien tutkimushankkeen puitteissa ei välttämättä anna yksiselitteisiä vastauksia. Nyt toteutettu tutkimushanke on kuitenkin toteutettu jatkona aiemmalle hankkeelle, jossa myös selvitettiin kompostien käytön vaikutuksia kasvintuotantoon samalla koepellolla kuin nykyinen hanke. Myös koeruutujen saamat käsittelyt olivat vastaavia molemmissa hankkeissa. Siten on mahdollista arvioida myös

kompostien pitempiäaikaisia vaikutuksia maaperään esimerkiksi maan ravinnetilan, mikrobiologisen toiminnan sekä raskasmetallikuormituksen osalta.

Viljavuusravinteiden osalta fosforin määrä maassa oli korkea, mutta vaihtuvista kaliumista, kalsiumista ja magnesiumista oli paikoin puutetta. Myös kompostien typpilannoitusvaikutus on hyvin alhainen, sillä kompostien typpi on pääosin erittäin tiukasti orgaaniseen ainekseen sitoutuneena. Kompostien ravinnesisältö ei yleensä vastaa suoraan viljelykasvien tarpeita, joten kompostien käyttö lannoitteena edellyttää täydennyslannoitusta joko mineraalitailla muilla eloperäisillä lannoitteilla. Maan laatu ja viljelykasvin ravinnetarve tulee ottaa huomioon valittaessa komposteille soveltuvia käyttökohteita, jotta kompostien käytöstä voitaisiin saada hyötyjä.

Aikaisemmilla kompostikäsitteilyillä ei ollut havaittavaa vaikutusta maan biologista laatua kuvaaviin maamikrobiologisiin muuttujiin. Aikaisemmat kompostilisäykset eivät siten olleet pitkäaikaisesti tuoneet mikrobistolle käyttökelpoista eloperäistä ainesta koeruuduille. Vasta kompostilisäysmäärien nostaminen yli viisinkertaiseksi toi esille joitakin eroja. Viimeisenä tutkimusvuonna korkeampi kompostilisäysmäärä lisäsi mikrobistolle käyttökelpoisen eloperäisen aineksen (POM) määrää maassa. Mikrobiston kokonaismäärään lisäyksillä ei ollut vaikutusta, mutta joissakin potentiaalisissa aktiivisuuksissa havaittiin eroja. Yleisemminkin on havaittu, että nimenomaan mikrobiston aktiivisuudessa havaitaan ensimmäisenä vaste erilaisiin käsitteilyihin. Nimenomaan typen kierron prosesseihin kompostikäsitteilyillä oli lisäävä vaikutus. Kompostien laadussa näyttäisi olevan eroa, sillä biojättekomposti ei lanta- ja biojäte-puhdistamoliete –kompostien tapaan kuitenkaan nostanut typen kierron aktiivisuutta.

Maamikrobiologiset muuttujat eivät reagoineet herkästi eroihin kompostilisäysten määrissä. Kummallakaan lisäyskerralla matalamman ja korkeamman lisäystason välillä ei havaittu eroja; ainoastaan lisäysmäärän kasvattaminen yli viisinkertaiseksi toi esille vaikutuksia. Ilmeisesti aikaisemmassa kokeessa ja tämän kokeen alussa käytetyt lisäysmäärät olivat liian matalia vaikutusten esille saamiseen ja viimeisellä lisäyskerralla taas jo alemmikin taso oli niin runsas, ettei korkeampi taso enää muuttanut tilannetta.

Yhdyskuntajättekompastien käytön riskinä on pidetty niiden mahdollisesti sisältämiä raskasmetalleja tai muita haitta-aineita. Ne voivat olla haitallisia maaperän mikrobistolle ja häiritä maaperäeliöstön toimintaa. Millään kompostikäsitteilyllä ei kuitenkaan havaittu pitkäaikaista negatiivista vaikutusta maan toiminnallisuuteen: hiilen, typen ja fosforin ravinnekiertojen potentiaaliin aktiivisuuksiin. Yleisesti ottaen mikrobibiomassan määrä ja mikrobiologinen aktiivisuus olivat tasoltaan suomalaiselle peltomaalle tyypillisiä, mutta vaihtelurajan alapäässä (vrt. Palojärvi ym. 2002).

Kenttäkokeen toteutus osoittautui onnistuneeksi, sillä kerranteiden sisäinen hajonta oli vähäistä, vaikka kerranteiden välillä havaittiin tasoeroja eri muuttujien välillä. Edellisessä kompostikokeessa ja tämän kokeen ensimmäisessä kompostilevytyksessä käytettiin pieniä kompostimääriä. Vasta kun kompostimäärät nostettiin yli viisinkertaisiksi, havaittiin joitakin vaikutuksia maaperän mikrobiologisissa ominaisuuksissa. Päätös kompostimäärien nostamiseksi osoittautui siten oikeaksi. Kuten tutkimussuunnitelmassa ennakoitiin, alemman kompostimäärän (A1 –ruudut) näytteistä ei tehty kaikkia analyyseja, vaan vuoden 2005 näytteistä jätettiin analysoimatta entsyymiaktiivisuudet ja POM. Syynä olivat aikaisempina vuosina havaitut vähäiset erot ja resurssien niukkuus: entsyymiaktiivisuudet pitää tehdä välittömästi näytteenoton jälkeen tuoreista näytteistä ja POM-analyysi on analyyseista kallein. Päätös osoittautui sikäli oikeutetuksi, että eroja havaittiin edelleenkin hyvin vähän eikä maamikrobiologisista muuttujista eniten eroja osoittaneessa muuttujassakaan, typen nettomineralisaatiossa, havaittu eroja levitysmäärien välillä. Entsyymiaktiivisuuksien ja POM:n tulokset olisivat kuitenkin saattaneet olla kiinnostavia, sillä ne reagoivat typen nettomineralisaation ohella herkimmin kompostilisäyksiin.

Tutkittujen hygieenisyyden indikaattorimikrobien analyyseissä oli vähän löydöksiä. Fekaalisia koliformeja löytyi pieniä määriä kaikista komposteista sekä useimmista komposteilla lannoitetuista koeruuduista. Osa näistä koliformeista oli *E. colia*. Näytteiden vähäisestä suolistoperäisestä saastumisesta kertovat myös enterokokkien kohtuullisen pienet lukumäärät. Osa enterokokeista voi olla peräisin kasvillisuudesta. Nämä myös säilyvät paremmin kuin eläinperäiset enterokokit. Myös kolifaagien ja fekaalisten klostridien määrät näytteissä olivat alhaisia. Hygieniaindikaattorien perusteella hygienisointi oli ollut tehokkaampaa kaikkien kompostien prosessoinnissa vuonna 2005 kuin vuonna 2004. Selvä parannus oli tapahtunut etenkin koliformien ja salmonellojen suhteen vuosien 2004 ja 2005 välillä. Enterokokkien määrä oli kuitenkin pysynyt lähes ennallaan, mikä indikoi, ettei kompostoitumisprosessi ollut vielääkään täydellinen. Koska enterokokit ovat koliformeja paremmin lämpöä kestäviä, indikoivat ne ulostesaastumista tapahtuneen ja lämpötilan olleen korkealla vain vähän aikaa.

Ehdotuksessa lannoitevalmisteasetukseksi *E. colin* raja-arvoksi on esitetty 100 PMY/g, tai 1000 PMY/g mikäli tuotteesta ei voida määrittää alle tämän. Kokeessa käytetyt kompostit olisivat osin ylittäneet nämä esitetyt raja-arvot. On siis mahdollista, että kompostimassa ei kuitenkaan ole hygienisoitunut riittävästi kompostoinnin aikana, tai komposti on mahdollisesti saastunut uudelleen hygienisointivaiheen jo päätyttyä. Myös peltomaasta voidaan satunnaisesti osoittaa pieniä määriä *E. colia*, sillä pellolla elää lintuja ja muita tasalämpöisiä eläimiä, joiden ulosteista bakteerit voivat siirtyä maaperään.

Hygieniaindikaattorien analyyseistä ilmenee, että enterokokkien käyttäminen indikaattorina on hankalaa. Selkeämpiä indikaattoreita ovat esim. koliformit,

kuten *E. coli*. Vaikka tutkimuksessa käytettyjen kompostien kompostointi oli tehty huolella ja käsittelylämpötilat olivat korkeita, löytyi osasta komposteja silti merkittäviä määriä suolistobakteereita. Tulosten perusteella kahden eri raja-arvon määrittäminen komposteille voisi olla järkevää: raakana syötävillä kasveille käytettävässä kompostissa suolistobakteerien raja-arvon tulisi olla matala, muille kasveille voitaisiin soveltaa korkeampia raja-arvoja. Mahdollista olisi myös, että kompostin käyttöä ei lainkaan sallittaisi tietyille raakana syötävillä kasveille.

Tässä tutkimuksessa kompostien korkeista mikrobipitoisuuksista ei havaittu aiheutuvan ongelmia perunan laadulle, koska jo raakakin peruna osoittautui hygieenisesti moitteettomaksi. Mikrobit voivat kuitenkin todistettavasti siirtyä maaperästä joihinkin kasviksiin, ja siksi raja-arvojen määrittäminen ja noudattaminen on elintarviketurvallisuuden kannalta tärkeää.

Maan biologiseen laatuun ja toiminnallisuuteen liittyviä määrittämyksiä on tehty hyvin vähän kompostilannoituksen riskien ja mahdollisuuksien arviointien yhteydessä. Nyt päättyneen hankkeen tulokset antavat tärkeän lisän maan laadun määrittämisen tieteelliseen merkitykseen. Tämä oli ensimmäinen tutkimus Suomessa, missä määritettiin POM-analyysin avulla maasta mikrobistolle käyttökelpoisen eloperäisen aineksen osuutta. POM-analyysi osoittautui suhteellisen herkäksi menetelmäksi kompostilannoituksen vaikutusten arviointiin. Ennako-odotuksista poiketen maahengitys ei osoittautunut kovin herkäksi menetelmäksi osoittamaan maamikrobiston tilaa kompostilannoituksen yhteydessä. Samanlainen tulos on saatu tanskalaisissa tutkimuksissa (Debosz ym. 2002, Petersen ym. 2003).

Tuloksia voidaan hyödyntää, kun arvioidaan erilaisten yhdyskuntajätekompostien käyttökelpoisuutta ja riskejä peltoviljelyssä. Tulosten perusteella voidaan valita kompostilannoitukseen herkimmin reagoivat muuttujat maan laadun seurantaan ja muokata kompostien maatalouskäytön kriteerejä huomioiden nykyaikaisen jätteiden erilliskeräyksen ja tarkentuneen biojätehuollon tuottamien kompostien laatu. Mikrobimittauksia voitaisiin soveltaa myös kompostien sisältämien ravinteiden käyttökelpoisuuden arviointiin. Tuloksissa tärkeää on se, että minkään kompostilaadun ei havaittu vaikuttavan negatiivisesti maaperän mikrobiston määrään tai aktiivisuuteen, maan ja sadon hygieeniseen laatuun eikä maan kemiallisiin ominaisuuksiin. Lisäysten positiivisten vaikutusten voidaan olettaa olevan pitkälti riippuvaisia maaperän tilasta ennen lisäyksiä: niukkahumusisessa köyhässä maassa eloperäisten aineiden lisäykset todennäköisesti aiheuttaisivat voimakkaamman vasteen maamikrobistossa. Myös kompostin varsinainen lannoitusvaikutus (vaikutus maan ravinteiden pitoisuuksiin) riippuu lannoitettavan maan ominaisuuksista sekä viljelykasvista.

6 Kirjallisuus

- 1999/31/EY.Neuvoston direktiivi 1999/31/EY kaatopaikoista. 19 s. –
Saataavana internetistä: <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:FI:HTML>. Viitattu: 16.3.2006.
- Abbott, L.K. & Murphy, D.V. (toim.) 2003. Soil biological fertility - A key to sustainable land use in agriculture. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers. 280 s.
- Agricultural Research Centre 1986. Soil and Plant Analysis. Agricultural Research Centre. Department of Soil Science. Jokioinen, Finland: MTT. 45 s.
- Bloem, J., Hopkins, D.W. & Benedetti, A. (toim.) 2006. Microbiological methods for assessing soil quality. UK: CAB International. 320 s.
- Bowman, R.A. 1988. A rapid method to determine total phosphorus in soils. Soil Science Society of America Journal 52: 1301-1304.
- Camberdella, C.A. & Elliott, E.T. 1992. Particulate organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal 56:777-783.
- Canali, S. & Benedetti, A. 2006. Soil nitrogen mineralization. Teoksessa: Bloem, J., Hopkins, D.W. & Benedetti, A. (toim.) Microbiological methods for assessing soil quality. CAB International, UK. s. 127-135.
- Codex Alimentarius 2005: Organically produced foods. 63 s. –Saataavana internetistä:
ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Organics/organic_2005e.pdf. Viitattu: 16.3.2006.
- Debosz, K., Petersen, S.O., Kure, L.K. & Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology 19: 237-248.
- EN 13039. Soil improvers and growing media. Determination of organic matter content and ash. –Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 9 s.
- EN 13040. Soil improvers and growing media. Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density. –Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 15 s.
- EN 13652. Soil improvers and growing media. Extraction of water soluble nutrients and elements. –Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 16 s.

- HE 71/2005 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle lannoitevalmistelaiksi. 48 s.
- Huang, C-Y. & Schulte, E. 1985. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Communications In Soil Science and Plant Analysis* 10 (9): 949-958.
- IFOAM 2005. Principles of Organic Agriculture. 3 s. –Saattavana internetistä: http://www.ifoam.org/organic_facts/principles/pdfs/Principles_Organic_Agriculture.pdf. Viitattu: 16.3.2006.
- ISO 10390. Soil quality. Determination of pH. –Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 2. painos. 2002-01-21. 7 s.
- ISO 11265. Soil quality. Determination of the specific electrical conductivity. – Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 1. painos. 1994-09-22. 4 s.
- ISO 11466. Soil quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia. – Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 1. painos 1995-03-01. 5 s.
- ISO 6579:2002. Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 4. painos. 27 s.
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L. ja Nikander, H. 2005. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1997-2004. MTT:n selvityksiä 83. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 193 s.
- KTTK 2006: Luonnonmukainen tuotanto. Lainsäädäntökooste Euroopan yhteisöjen neuvoston asetuksesta 2092/91. 27 s, 8 liitettä. –Saattavana internetistä: http://www.kttk.fi/data/sto/uusi_nettiluomu_ohjeet/luomu_lainsaadanto/2002-06_helmi.pdf. Viitattu: 16.3.2006.
- LAGA M10. Qualitätskriterien und Anwendungsempfehlungen für Kompost, Laga Merkblatt M 10 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. Teoksessa: Müllhandbuch Lfg. 5/95, Kennziffer 6856, Erich Schmidt Verlag, München.
- Lakanen, E. & Erviö, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Suomen Maataloustieteellisen seuran julkaisuja* 123: 223-232.
- Lawless, H. & Heymann, H. 1999. Sensory evaluation of food: principles & practices. New York, USA: Aspen Publishers, Inc. 827 s.
- Leco Corporation 1998. Instrumentation for characterization of organic/inorganic materials and microstructural analysis. CN-2000 instruction manual. Version 4.0. St. Joseph, MI, USA: Leco Corporation.

- Lehtonen, K., Tontti, T. & Kuisma, M. 2003. Biojäte- ja lietekompostien käytömahdollisuudet kasvintuotannossa. Maa- ja elintarviketalous 28. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 120 s., 5 liitettä.
- Lyons, D., McCallum, L., Osborne, W. & Nobbs, P. 1991. Assessment of procedures for the determination of nitrate and nitrite in vegetable extracts. *The Analyst* 116: 153-157.
- MMMA 21.12.2000/1207. Maa- ja metsätalousministeriön asetus ympäristötuen perus- ja lisätöimenpiteistä annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta. Annettu Helsingissä 21.12.2000. Saatavana internetistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20001207>. Viitattu: 11.4.2006.
- MTT 2006. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet. Saatavana internetistä http://www.mtt.fi/tutkimus/alueellinen_tutkimus/koeohje.html. Päivitetty: 7.5.2002. Viitattu: 2.2.2006.
- Mulvaney, R.L. 1996: Extraction of exchangeable ammonium and nitrate. Teoksessa: Sparks, D.L. (toim.). *Methods of soil analysis: Part 3. Soil Science Society of America Book Series 5*. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. s. 1129-1131.
- Norgren, M. & Ericson, L. 2004. Ekologisk sortprovning 2003 – potatis. Nytt från Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap. Ekologisk odling. Nr. 2 2004. 4 s. –Saatavana internetistä: <http://www.vaxteko.nu>. Viitattu: 15.3.2006.
- Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K. & Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. Maa- ja elintarviketalous 2. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. ISBN 951-729-648-7 (painettu). ISBN 951-729-649-5 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5073 (painettu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu). 88 p. + 2 app.
- Pérez-Piqueres, A., Edel-Hermann, V., Alabouvette, C. & Steinberg, C. 2006. Response of soil microbial communities to compost amendments. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 460-470.
- Petersen, S.O., Henriksen, K., Mortensen, G.K., Krogh, P.H., Brandt, K.K., Sørensen, J., Madsen, T., Petersen, J. & Grøn, C. 2003. Recycling of sewage sludge and household compost to arable land: fate and effects of organic contaminants, and impact on soil fertility. *Soil & Tillage Research* 72: 139-152.
- Rajala, J. 2004. Luonnonmukainen maatalous. 2. painos. Mikkeli: Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Julkaisuja 80. 490 s.

- Roessler, E.B, Pangborn, R.M., Sidel, J.L. & Stone, H. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo.trio and triangle tests. *Journal of Food Science* 43:941.
- SFS-EN ISO 9308-1. Veden laatu. *Escherichia colin* ja koliformisten bakteerien toteaminen ja laskeminen. Osa 1: Kalvosuodatusmenetelmä 2001. 1. painos. –Teoksessa: Suomen Standardisoimisliitto 2003. SFS-Käsikirja 94. Mikrobiologiset vesitutkimusmenetelmät. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 415 s.
- SFS-EN ISO 10705-2. Veden laatu. Bakteriofaagien havaitseminen ja laskeminen. Osa 2: Somaattisten kolifaagien laskeminen 2001. 1. painos. – Teoksessa: Suomen Standardisoimisliitto 2003. SFS-Käsikirja 94. Mikrobiologiset vesitutkimusmenetelmät. 3. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 415 s.
- SFS 3008/1990. Veden, lietteen ja sedimentin kuiva-aineen ja hehkutusjännöksen määrittäminen. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 3 s.
- SFS 3014. Veden fekaalisten streptokokkien määrittäminen pesäkemenetelmällä. 1984. 2. painos. –Korvattu standardilla: SFS-EN ISO 7899-2. Veden laatu. Suolistoperäisten enterokokkien havaitseminen ja laskeminen. Osa 2: Kalvosuodatusmenetelmä. 2000. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- STMA 19.5.2000/461. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Annettu Helsingissä 19.5.2000. Saatavana internetistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>. Viitattu: 16.3.2006.
- STTV 2004: Talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun asetuksen 461/2000 mukaisessa talousveden viranomaisvalvonnassa sovellettavat koliformisten bakteerien ja *Escherichia coli* –bakteerin määrittämismenetelmät. Helsinki: Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus. Yleinen osasto, ympäristöterveydenhuollon yksikkö. Dnro 240/72/04. 5 s. Saatavana internetistä: http://www.sttv.fi/ylo/tiedotteet_frameset.htm. Viitattu: 16.3.2006.
- Suomen Siemenperunakeskus 2006: Tuotannossa olevat lajikkeet – Appell. – Saatavana internetistä: <http://www.spk.fi>, viitattu 15.3.2006.
- Vanhala, P. & Ahtiainen, J. 1994. Soil respiration, ATP content and Photobacterium tpxicity test as indicators of metal pollution in soil. *Environmental Toxicology and Water Quality* 9:115-121.
- Venelampi, O., Vikman, M., Kapanen, A. ja Itävaara, M. 2002: Pikatestit kompostin kypsytyksen määrittämiseksi. Loppuraportti. Espoo: VTT Biotekniikka. Raportti nro 145/2/02. 31 s., 1 liite.
- VnA 9.11.2000/931. Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 9.11.2000. –

Saatavana internetistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000931>.
Viitattu: 16.3.2006.

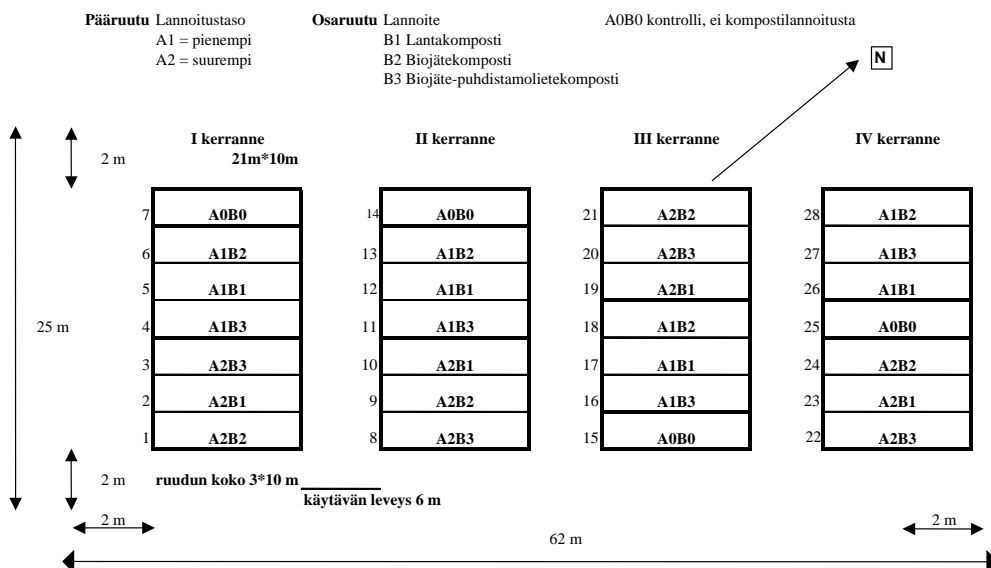
Vnp 14.4.1994/282: Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä. Annettu Helsingissä 14.4.1994. –Saatavana internetistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940282>. Viitattu: 20.3.2006.

Ympäristöministeriö 1992: Kompostityöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto. Työryhmän mietintö 67/1992. Helsinki: Ympäristöministeriö. 89 s.

7 Liitteet

- Liite 1. Kenttäkoekartta.
- Liite 2. Analyysimenetelmät.
- Liite 3. Maan orgaaninen hiili.
- Liite 4. Maan kokonaistyyppi.
- Liite 5. Maan liukoinen typpi.
- Liite 6. Maan nitraattityppi.
- Liite 7. Maan ammoniumtyppi.
- Liite 8. Koeruutujen viljavuus kokeen alussa.
- Liite 9. Maan pH.
- Liite 10. Maan johtoluku.
- Liite 11. Maan liukoinen fosfori.
- Liite 12. Maan vaihtuva kalium.
- Liite 13. Maan vaihtuva kalsium.
- Liite 14. Maan vaihtuva magnesium.
- Liite 15. Maan kokonaisfosfori.
- Liite 16. Maan liukoinen kupari.
- Liite 17. Maan liukoinen rauta.
- Liite 18. Maan liukoinen mangaani.
- Liite 19. Maan liukoinen sinkki.
- Liite 20. Maan potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti.
- Liite 21. Maan liukoinen kadmium.
- Liite 22. Maan liukoinen kromi.
- Liite 23. Maan liukoinen nikkeli.
- Liite 24. Maan liukoinen lyijy.
- Liite 25. Maan liukoinen alumiini.
- Liite 26. Maan kadmium, kokonaispitoisuus.
- Liite 27. Maan kromi, kokonaispitoisuus.
- Liite 28. Maan kupari, kokonaispitoisuus.
- Liite 29. Maan mangaani, kokonaispitoisuus.
- Liite 30. Maan nikkeli, kokonaispitoisuus.
- Liite 31. Maan lyijy, kokonaispitoisuus.
- Liite 32. Maan sinkki, kokonaispitoisuus.
- Liite 33. Maan arseeni, kokonaispitoisuus.
- Liite 34. Maan elohopea, kokonaispitoisuus.

Liite 1. Kenttäkoekartta.



Käsittelyjen koodit:

A0B0 = kontrolli, käsittelemätön (lannoittamaton) maa

A1B1 = lantakomposti, pienempi määrä ($\frac{1}{2}$ suuremmasta määrästä)

A1B2 = biojätekomposti, pienempi määrä ($\frac{1}{2}$ suuremmasta määrästä)

A1B3 = biojäte-lietekomposti, pienempi määrä ($\frac{1}{2}$ suuremmasta määrästä)

A2B1 = lantakomposti, suurempi määrä

A2B2 = biojätekomposti, suurempi määrä

A2B3 = biojäte-lietekomposti suurempi määrä

Liite 2. Analyysimenetelmät.

Kompostianalyysit

Tuoreesta tai pakastetusta, sulatetusta näytteestä määritettiin tilavuuspaino, liukoinen tyyppi ja kuiva-ainepitoisuus. Loppuosa näytteestä kuivattiin mahdollisimman nopeasti 37 °C –asteisessa ilmvirrassa, jauhettiin, seulottiin 2 mm:n seulalla ja säilytettiin muita määrittämiä varten huoneenlämmössä kuivassa paikassa pahirasioissa (Agricultural Research Centre 1986).

Kompostianalyysi 1: tilavuuspaino

Tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla 40 ml tuoretta tai pakasteesta sulatettua kompostia, joka tiivistettiin kevyesti mittaustastiaan. Ilmakuivan kompostin tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla 25 ml ilmakuivaa, jauhettua kompostia, joka tiivistettiin kevyesti kopauttamalla (Agricultural Research Centre 1986).

Kompostianalyysi 2: liukoinen tyyppi

Liukoinen tyyppi eli nitraattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$) ja ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$) uutettiin tuoreesta tai pakasteesta sulatetusta näytteestä 2 M kaliumkloridilla tilavuussuhteessa 1:2,5 16 tuntia. Suodoksesta mitattiin $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $\text{NH}_4\text{-N}$ spektrofotometrisesti Skalar –autoanalysaattorilla (Mulvaney 1996).

Kompostianalyysi 3: kuiva-ainepitoisuus

Kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi pieni määrä (n. 2,5 g) ilmakuivaa jauhettua näytettä punnittiin ja kuivattiin 105 °C:ssa neljä tuntia, jäädytettiin eksikaattorissa ja punnittiin. Tuoreen näytteen kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi näyte punnittiin ennen ja jälkeen ilmakuivauksen 35 °C:ssa (SFS 3008).

Kompostianalyysi 4: liukoiset ravinteet

Viljavuusravinteet fosfori, kalium, kalsium ja magnesium uutettiin ilma-kuivasta jauhetusta näytteestä tilavuussuhteessa 1:10 happamalla ammoniumasetaatilla (HAc-uutto, 1 M ammoniumasetaatti + 1 M etikkahappo, pH 4,65; uuttoaika yksi tunti). Uuttonesteestä mitattiin fosfori fotometrisesti molybdeenisini-menetelmällä ja kalium, kalsium ja magnesium plasmaemissiospektrometrilla (ICP-AES) (Agricultural Research Centre 1986).

Kompostianalyysi 5: johtoluku ja pH

Johtoluku mitattiin ilmakuivan jauhetun näytteen ja veden 1:2,5 suspensiosta, jonka oli annettu selkeytyä yön yli. Samasta suspensiosta määritettiin pH(H_2O) sekoittamisen jälkeen (Agricultural Research Centre 1986).

Kompostianalyysi 6: tuhkapitoisuus ja orgaanisen aineksen määrä

Tuhkapitoisuus määritettiin kuiva-aineanalyysin (kompostianalyysi 3) kuivasta näytteestä hehkuttamalla sitä 550 °C:ssa neljä tuntia, jäädyttämällä näyte eksikaattorissa ja punnitsemalla se.

Kompostianalyysi 7: kokonaistyyppi

Kokonaistyyppi määritettiin Leco CN-2000 –hiilityypianalyysaattorilla automatisoidulla Dumas –menetelmällä, joka perustuu näytteen polttoon puhtaassa hapessa korkeassa lämpötilassa. Poltossa syntyvät typen oksidit pelkistetään katalyyttisesti typeksi ja analysoidaan, kun taas muut poltossa syntyvät kaasut poistetaan selektiivisen adsorption avulla. Detektointi N₂/He –kaasuseoksesta perustuu kaasujen erilaiseen lämmönjohtavuuteen, joka mitataan lämmönjohtavuuskennon avulla (Leco Corporation 1998).

Kompostianalyysi 8: orgaaninen hiili

Orgaaninen hiili määritettiin automatisoidulla kuivapolttomenetelmällä Leco CN 2000 –hiilityypianalyysaattorilla, jossa näyte poltetaan happi-ilmavirrassa ja vapautuva hiilidioksidi mitataan infrapunadetektorilla (Leco Corporation 1998).

Kompostianalyysi 9: liukoiset hivenravinteet ja metallit

Liukoiset hivenravinteet ja metallit uutettiin ilmakeivasta jauhetusta maasta tilavuussuhteessa 1:10 happamen ammoniumasetaatilla (1 M ammoniumasetaatti + 1 M etikkahappo, pH 4,65; uuttoaika yksi tunti), joka oli 0,02 M EDTA:n suhteen. Uutteesta määritettiin kupari, rauta, mangaani, sinkki, kadmium, kromi, nikkeli, lyijy ja alumiini ICP-AES:llä (Lakanen & Erviö 1971).

Kompostianalyysi 10: metallien kokonaispitoisuudet

Metallien kokonaispitoisuudet uutettiin ilmakeivasta jauhetusta näytteestä kuningasvedellä ISO 11466 –standardin mukaisesti. Suodoksesta mitattiin kadmium ja lyijy grafiittiuni-atomiabsorptiospektrometrillä (GFAAS), nikkeli, kupari, kromi, sinkki ja arseeni ICP-AES:llä sekä elohopea elohopea-analyysaattorilla (CETAC).

Maa-analyysit

Tuoreesta tai pakastetusta, sulatetusta näytteestä määritettiin tilavuuspaino, liukoinen tyyppi ja kuiva-ainepitoisuus. Loppuosa näytteestä kuivattiin mahdollisimman nopeasti 37 °C –asteisessa ilmavirrassa, jauhettiin, seulottiin 2 mm:n seulalla ja säilytettiin muita määrittäviä varten huoneenlämmössä kuivassa paikassa pahvirasioissa (Agricultural Research Centre 1986).

Maa-analyysi 1: tilavuuspaino

Tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla 40 ml tuoretta tai pakasteesta sulatettua maata, joka tiivistettiin kevyesti mittaustastiaan. Ilmakeivän maan tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla 25 ml ilmakeivää, jauhettua maata, joka tiivistettiin kevyesti kopauttamalla (Agricultural Research Centre 1986).

Maa-analyysi 2: liukoinen typpi

Liukoinen typpi eli nitraattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$) ja ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$) uutettiin tuoreesta tai pakasteesta sulatetusta näytteestä 2 M kaliumkloridilla tilavuussuhteessa 1:2,5 16 tuntia. Suodoksesta mitattiin $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $\text{NH}_4\text{-N}$ spektrofotometrisesti Skalar –autoanalysointilaitteella (Mulvaney 1996).

Maa-analyysi 3: kuiva-ainepitoisuus

Kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi pieni määrä (n. 2,5 g) ilmakeivää jauhetta näytettä punnittiin ja kuivattiin $105\text{ }^\circ\text{C}$:ssa neljä tuntia, jäädytettiin eksikaattorissa ja punnittiin. Tuoreen näytteen kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi näyte punnittiin ennen ja jälkeen ilmakeivauksen $35\text{ }^\circ\text{C}$:ssa (SFS 3008).

Maa-analyysi 4: viljavuusravinteet

Viljavuusravinteet fosfori, kalium, kalsium ja magnesium uutettiin ilma-kuivasta jauhetusta näytteestä tilavuussuhteessa 1:10 happamalla ammoniumasetaatilla (HAc -uutto, 1 M ammoniumasetatti + 1 M etikkahappo, pH 4,65; uuttoaika yksi tunti). Uuttonesteestä mitattiin fosfori fotometrisesti molybdeenisini-menetelmällä ja kalium, kalsium ja magnesium plasmaemissiospektrometrillä (ICP-AES) (Agricultural Research Centre 1986).

Maa-analyysi 5: johtoluku ja pH

Johtoluku mitattiin ilmakeivän jauhetun näytteen ja veden 1:2,5 suspensiosta, jonka oli annettu selkeytyä yön yli. Samasta suspensiosta määritettiin $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ sekoittamisen jälkeen (Agricultural Research Centre 1986).

Maa-analyysi 6: kokonaistyyppi

Kokonaistyyppi määritettiin Leco CN-2000 –hiilityypianalysointilaitteella automatisoidulla Dumas –menetelmällä, joka perustuu näytteen polttoon puhtaassa hapessa korkeassa lämpötilassa. Poltossa syntyvät tyypin oksidit pelkistetään katalyyttisesti tyypeksi ja analysoidaan, kun taas muut poltossa syntyvät kaasut poistetaan selektiivisen adsorption avulla. Detektointi N_2/He –kaasuseoksesta perustuu kaasujen erilaiseen lämmönjohtavuuteen, joka mitataan lämmönjohtavuuskennon avulla (Leco Corporation 1998).

Maa-analyysi 7: orgaaninen hiili

Orgaaninen hiili määritettiin automatisoidulla kuivapolttomenetelmällä Leco CN 2000 –hiilityypianalysointilaitteella, jossa näyte poltetaan happi-ilmavirrassa ja vapautuva hiilidioksidi mitataan infrapunadetektorilla (Leco Corporation 1998).

Maa-analyysi 8: liukoiset hivenravinteet ja metallit

Liukoiset hivenravinteet ja metallit uutettiin ilmakeivasta jauhetusta maasta tilavuussuhteessa 1:10 happaman ammoniumasetaatilla (1 M ammoniumasetatti + 1 M etikkahappo, pH 4,65; uuttoaika yksi tunti), joka oli 0,02 M ED-

TA:n suhteen. Uutteesta määritettiin kupari, rauta, mangaani, sinkki, kadmi-
um, kromi, nikkeli, lyijy ja alumiini ICP-AES:llä (Lakanen & Erviö 1971).

Maa-analyysi 9: metallien kokonaispitoisuudet

Metallien kokonaispitoisuudet uutettiin ilmakeivasta jauhetusta näytteestä
kuningasvedellä ISO 11466 –standardin mukaisesti. Suodoksesta mitattiin
kadmium ja lyijy grafiittiuni-atomiabsorptiospektrometrillä (GFAAS), nik-
keli, kupari, kromi, sinkki ja arseeni ICP-AES:llä sekä elohopea elohopea-
analyysaattorilla (CETAC).

Maa-analyysi 10: potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti

Potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti määritettiin ilmakeivasta jauhetusta
maasta 1 M ammoniumasetattiutolla pH:ssa 7. Kalsiumin, magnesiumin,
kaliumin ja natriumin pitoisuudet määritettiin uuttoluoksesta plasmaemissio-
spektrometrillä (ICP-AES) ja niistä laskettiin potentiaalinen kationinvaihto-
kapasiteetti kuiva-ainetta kohti (Agricultural Research Centre 1986).

Kasvianalyysit

Ilmakeivat kasvinäytteet jauhettiin ja säilytettiin kuivassa paikassa paperi-
pusseissa.

Kasvianalyysi 1: kuiva-ainepitoisuus

Pieni määrä (n. 5 g) ilmakeivaa jauhettua näytettä kuivattiin 105 °C:ssa neljä
tuntia, jäädytettiin eksikaattorissa ja punnittiin (Agricultural Research Cen-
tre 1986).

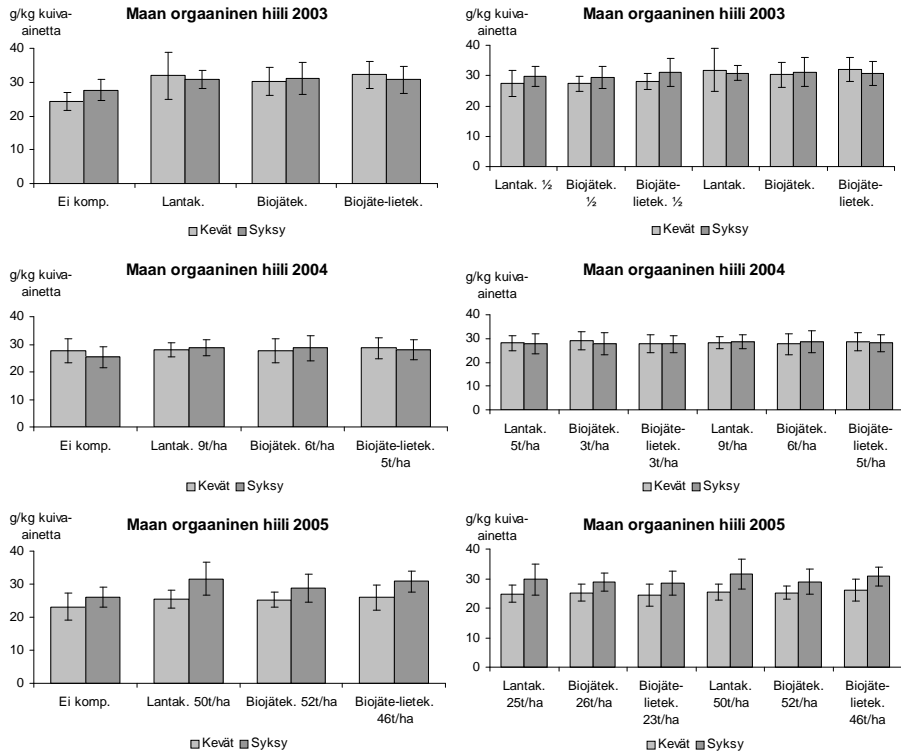
Kasvianalyysi 2: typen pitoisuus

Typipitoisuus määritettiin Leco CN-2000 –hiilityppianalyysaattorilla automa-
tisoidulla Dumas –menetelmällä, joka perustuu näytteen polttoon puhtaassa
hapessa korkeassa lämpötilassa. Poltossa syntyvät typen oksidit pelkistetään
katalyyttisesti typeksi ja analysoidaan, kun taas muut poltossa syntyvät kaa-
sut poistetaan selektiivisen adsorption avulla. Detektointi N₂/He –
kaasuseoksesta perustuu kaasujen erilaiseen lämmönjohtavuuteen, joka mita-
taan lämmönjohtavuuskennon avulla.

Kasvianalyysi 3: Ravinteiden ja metallien pitoisuudet

Fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, kuparin, mangaanin, kad-
miumin, kromin, nikkelin, lyijyn ja sinkin kokonaispitoisuudet määritettiin
märkäpolttamalla näytettä väkevässä typpihapossa yli yön 60 °C/120 °C:ssa.
Suodoksen alkuaineiden pitoisuudet määritettiin ICP-AES:llä (Huang &
Schulte 1985).

Liite 3. Maan orgaanisen hiilen määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

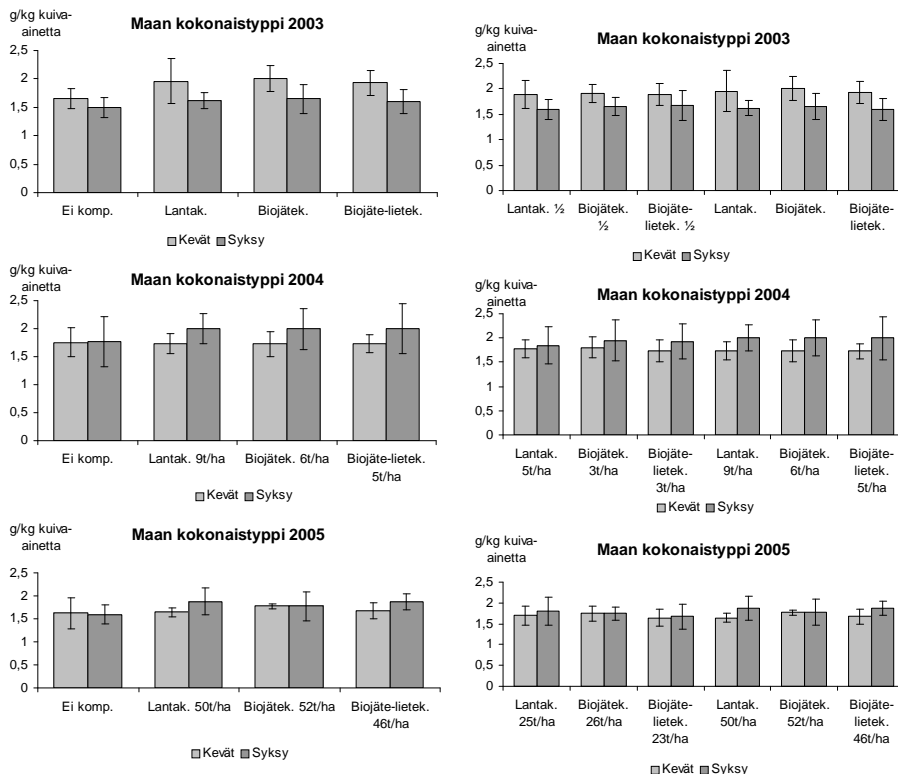
Biojäte. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäte., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäte. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 4. Maan kokonaistypen määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskiha-
jonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-
remmilla kompostimäärillä lannoite-
tun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten
vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

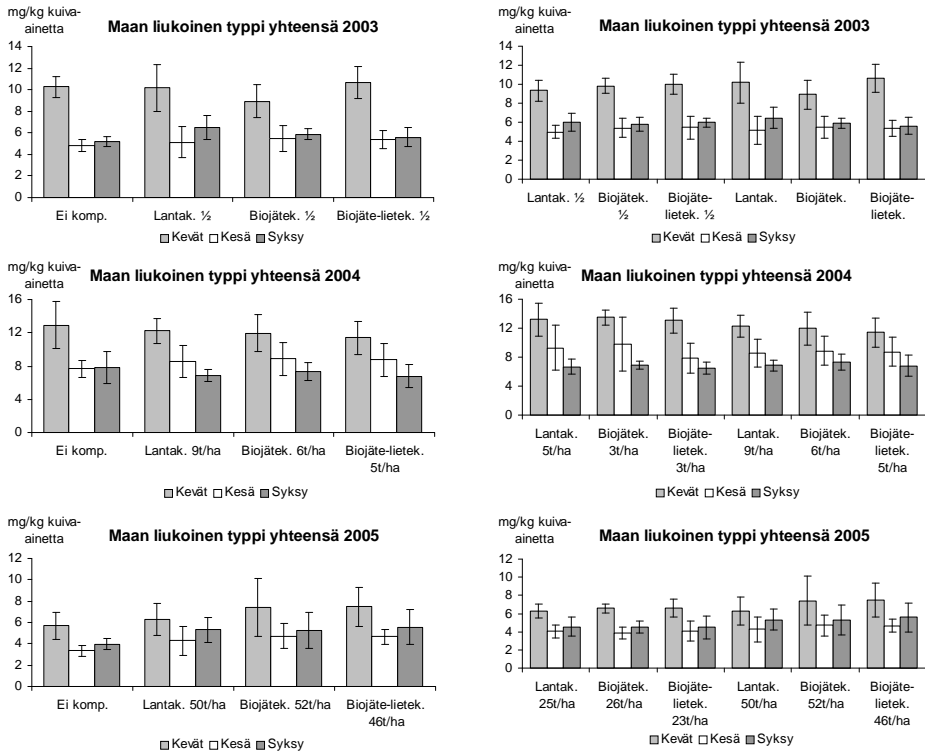
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 5. Maan liukoisen typhen määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskiha-
jonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurem-
millä kompostimäärillä lannoitetun maan
vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten ver-
tailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

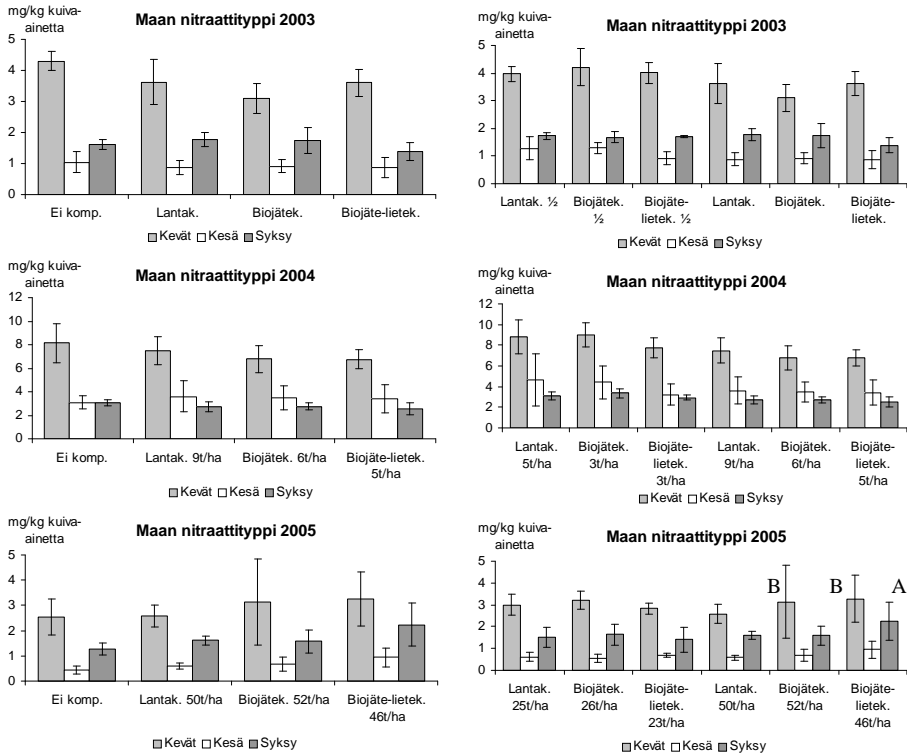
Biojätetek. = biojätetekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seurantavuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojätetek., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojätetek. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 6. Maan nitraattityypen määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

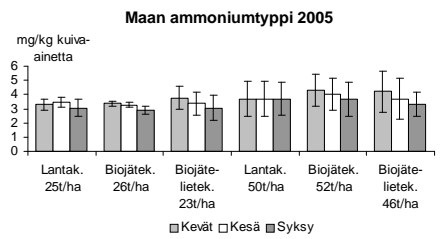
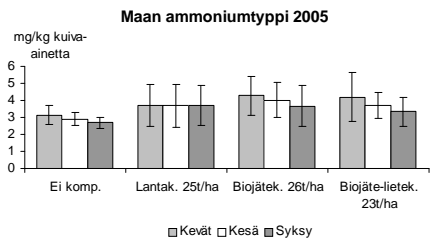
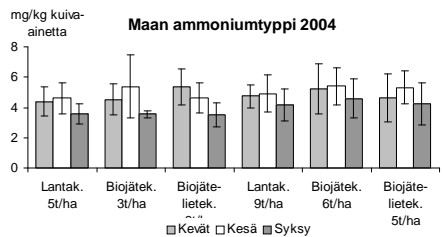
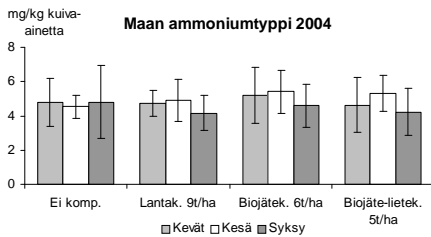
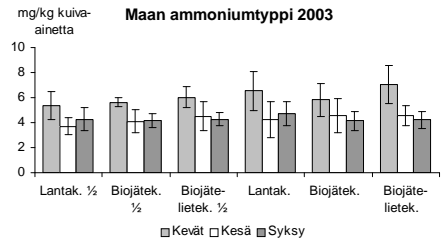
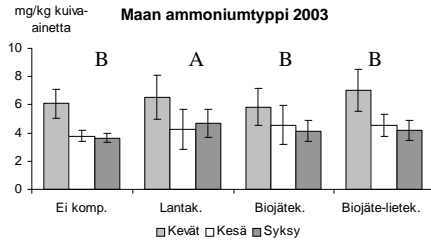
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 7. Maan ammoniumtypen määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

Biojätäk. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojätäk., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. 1/2, Biojätäk. 1/2, Biojäte-lietek. 1/2). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 8. Koeruutujen viljavuusluokat ennen kokeen alkua keväällä 2003.

Viljavuusravinteet, tilanne kokeen alussa

Liukoinen fosfori, kevät 2003

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojäte.	28	Biojäte. ½
6	Biojäte. ½	13	Biojäte. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojäte. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojäte.
2	Lantak.	9	Biojäte.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojäte.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

Selitykset:

huononlainen
välttävä
tydyttävä
hyvä
korkea
arveluttavan korkea

Vaihtuva kalium, kevät 2003

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojäte.	28	Biojäte. ½
6	Biojäte. ½	13	Biojäte. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojäte. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojäte.
2	Lantak.	9	Biojäte.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojäte.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

Selitykset:

huononlainen
välttävä
tydyttävä
hyvä
korkea
arveluttavan korkea

Vaihtuva kalsium, kevät 2003

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojäte.	28	Biojäte. ½
6	Biojäte. ½	13	Biojäte. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojäte. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojäte.
2	Lantak.	9	Biojäte.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojäte.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

Selitykset:

huononlainen
välttävä
tydyttävä
hyvä
korkea
arveluttavan korkea

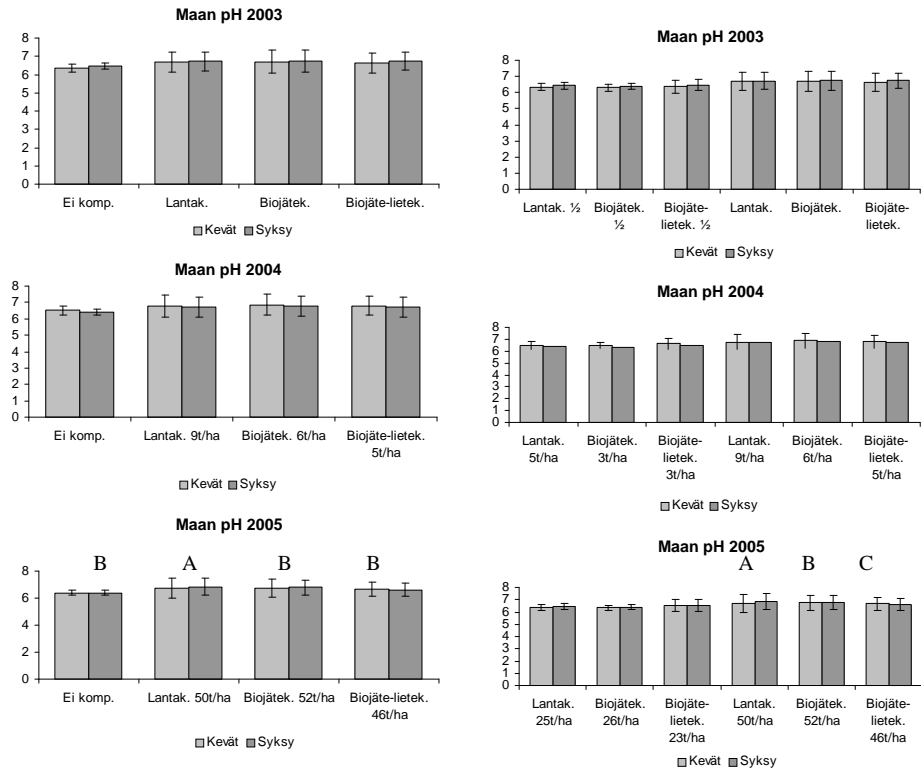
Vaihtuva magnesium, kevät 2003

I kerranne		II kerranne		III kerranne		IV kerranne	
7	Ei komp.	14	Ei komp.	21	Biojäte.	28	Biojäte. ½
6	Biojäte. ½	13	Biojäte. ½	20	Biojäte-lietek.	27	Biojäte-lietek. ½
5	Lantak. ½	12	Lantak. ½	19	Lantak.	26	Lantak. ½
4	Biojäte-lietek. ½	11	Biojäte-lietek. ½	18	Biojäte. ½	25	Ei komp.
3	Biojäte-lietek.	10	Lantak.	17	Lantak. ½	24	Biojäte.
2	Lantak.	9	Biojäte.	16	Biojäte-lietek. ½	23	Lantak.
1	Biojäte.	8	Biojäte-lietek.	15	Ei komp.	22	Biojäte-lietek.

Selitykset:

huononlainen
välttävä
tydyttävä
hyvä
korkea
arveluttavan korkea

Liite 9. Maan pH käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

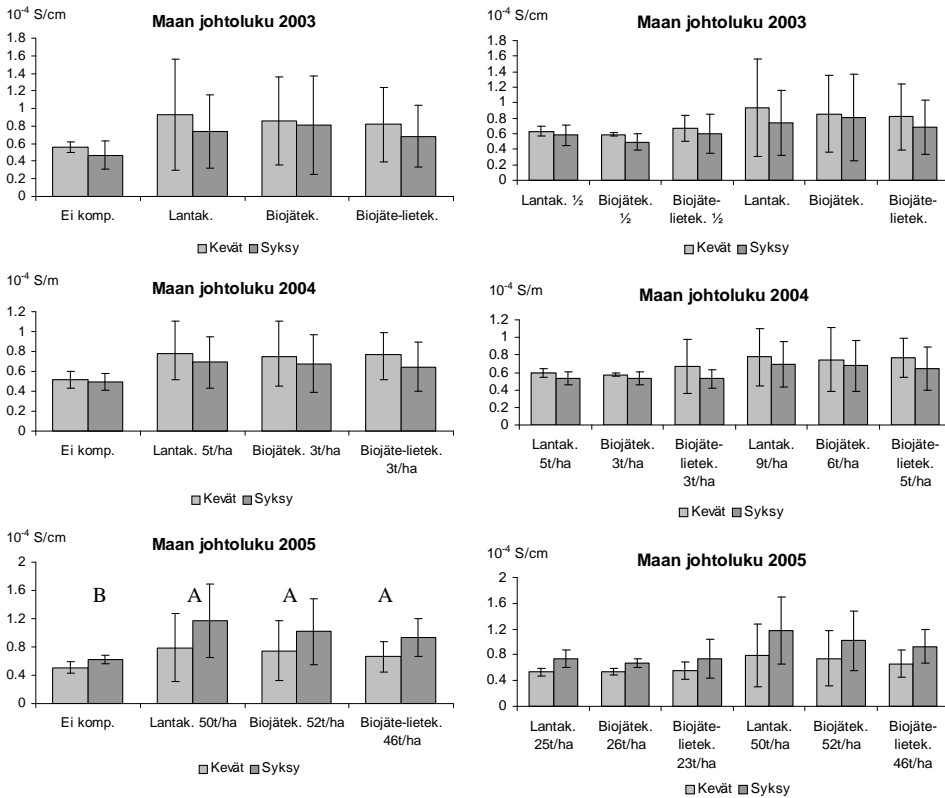
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittauksia analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 10. Maan johtoluku käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

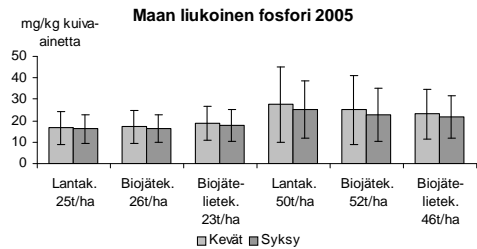
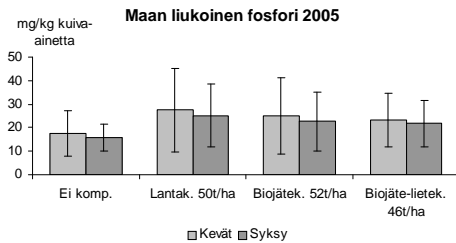
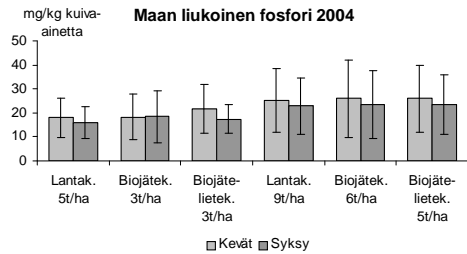
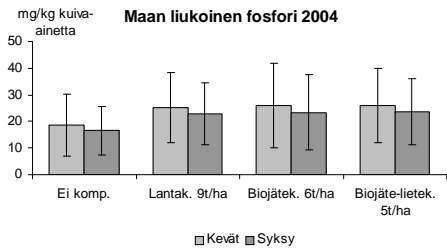
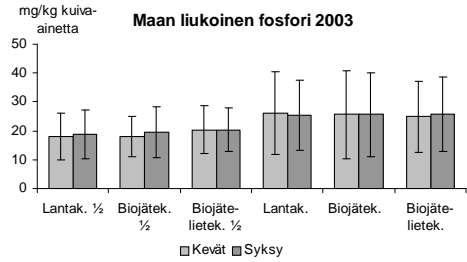
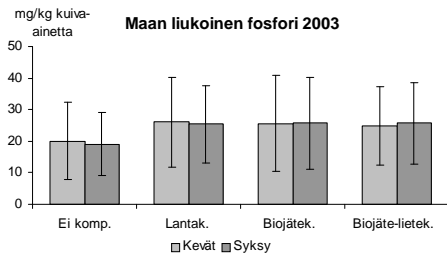
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 11. Maan liukoisen fosforin määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

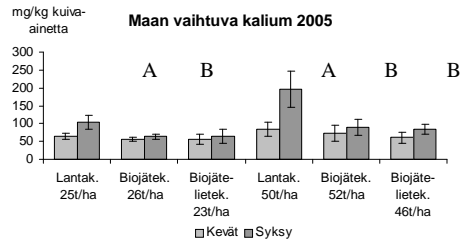
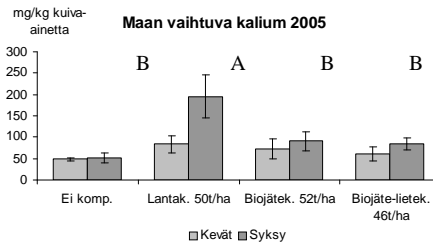
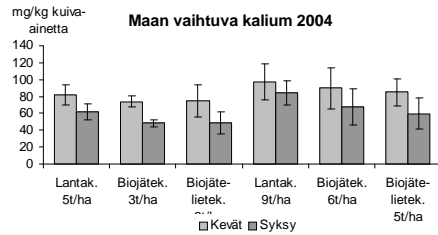
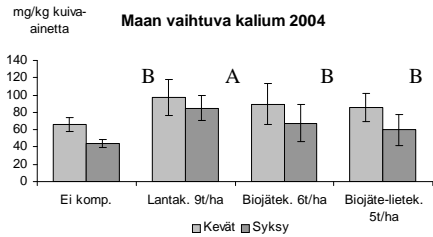
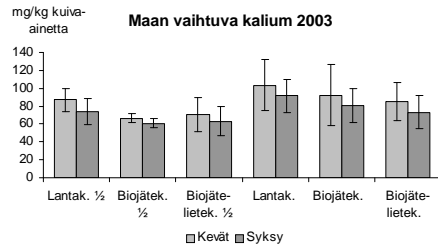
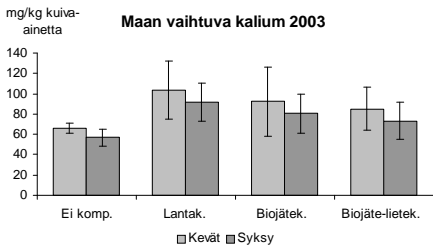
Biojättek. = biojättekopostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekopostilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojättek., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. 1/2, Biojättek. 1/2, Biojäte-lietek. 1/2). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittauksia analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 12. Maan vaihtuvan kaliumin määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

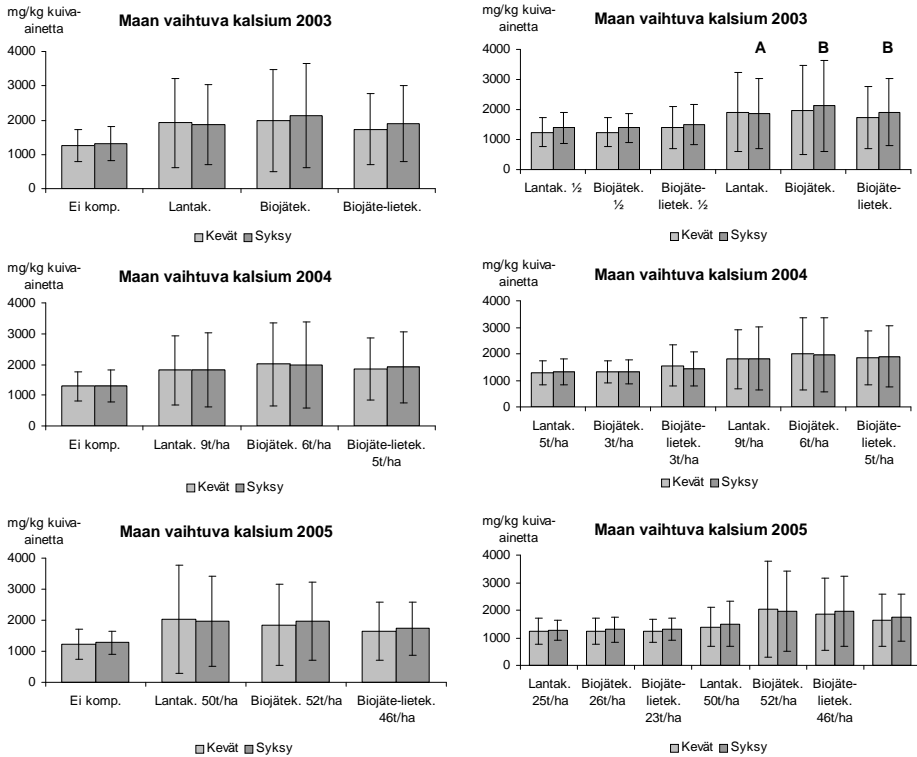
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seuranta vuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. 1/2, Biojäték. 1/2, Biojäte-lietek. 1/2). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat syksyn tulokset on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 13. Maan vaihtuvan kalsiumin määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

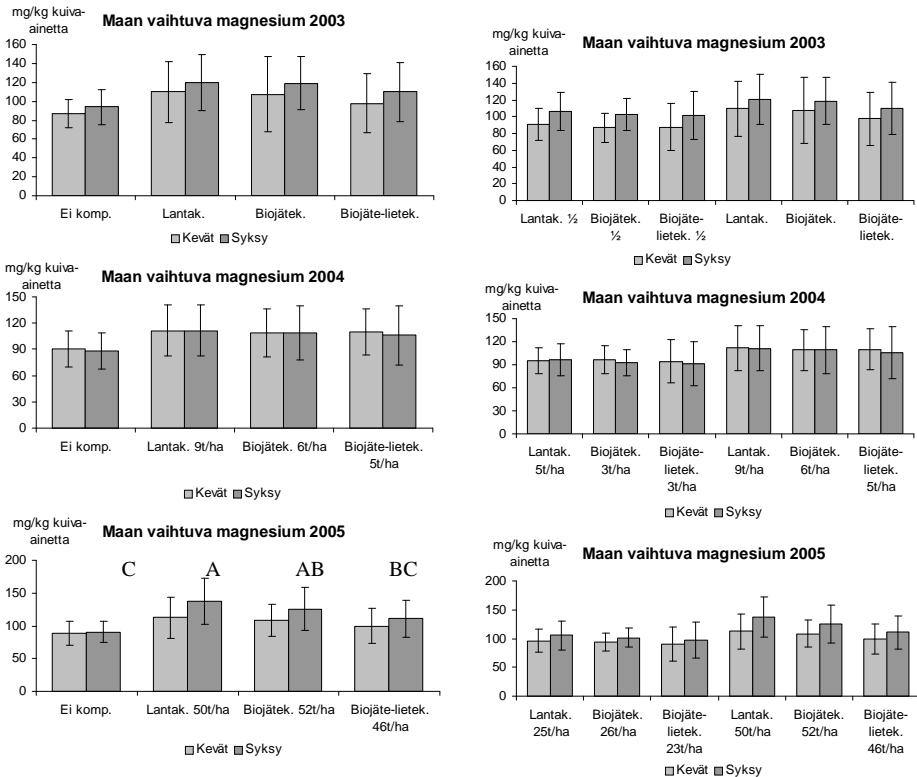
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seurantavuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 14. Maan vaihtuvan magnesiumin määrä käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

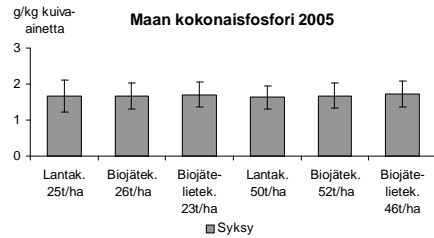
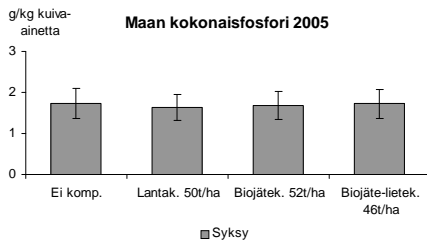
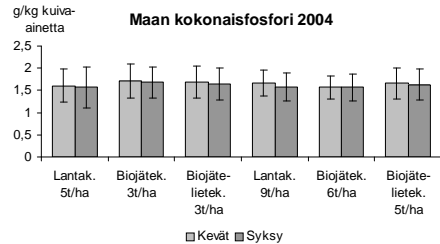
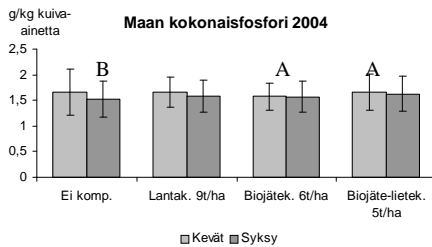
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosi 2003 oli edellisen kompostikokeen jälkivaikutusten seurantavuosi, jolloin käsittelyinä olivat edellisen kokeen kompostit (Lantak., Biojäték., Biojäte-lietek.) sekä samat kompostit puolta pienemmällä annostuksella (Lantak. ½, Biojäték. ½, Biojäte-lietek. ½). Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaattina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 15. Maan kokonaisfosforin määrä käsittelyjen keskiarvona ja keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

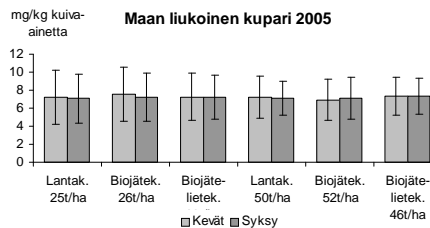
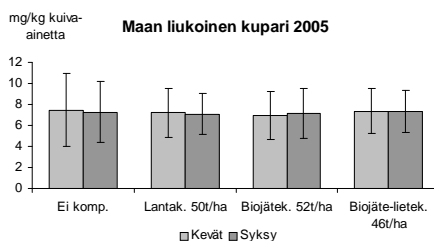
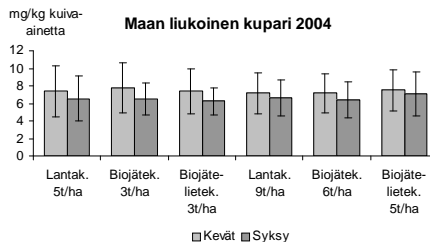
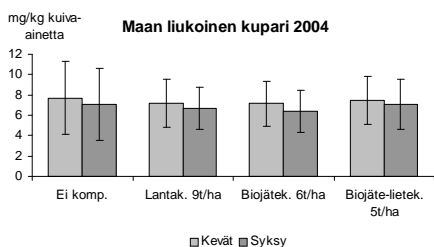
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 16. Maan liukoisen kuparin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

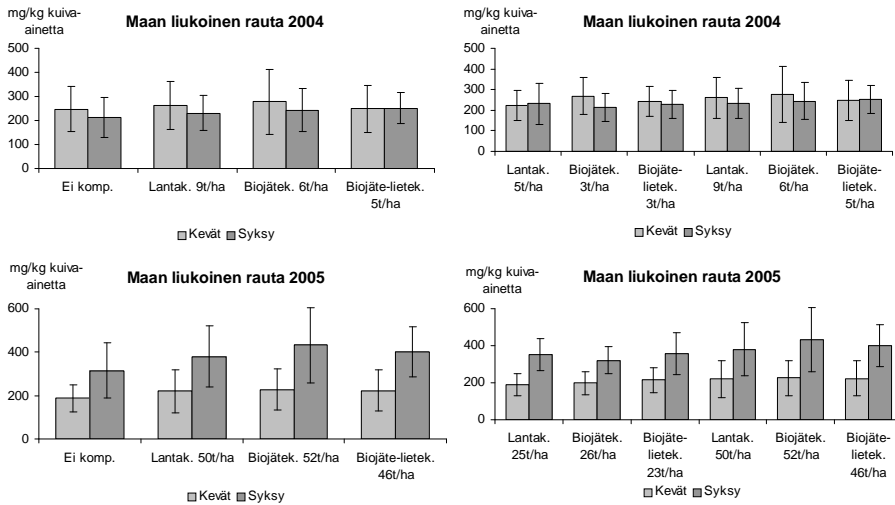
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 17. Maan liukoisen raudan pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

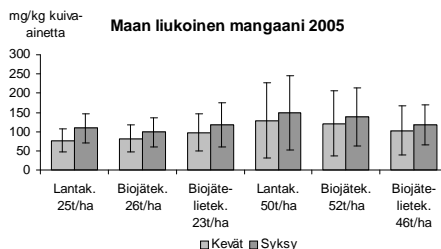
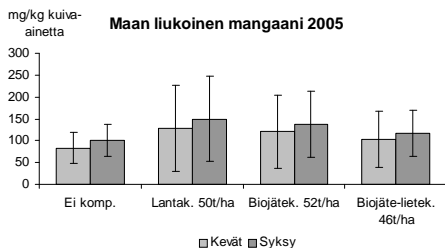
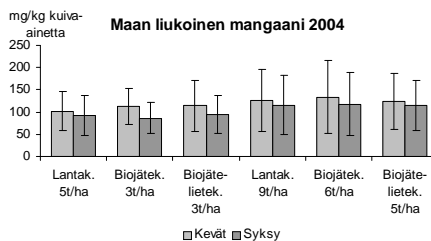
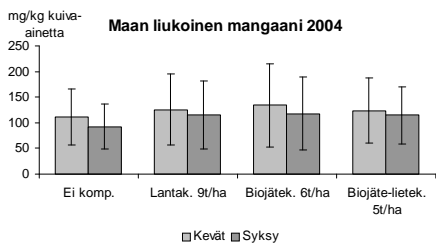
Biojätäk. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 18. Maan liukoisen mangaanin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

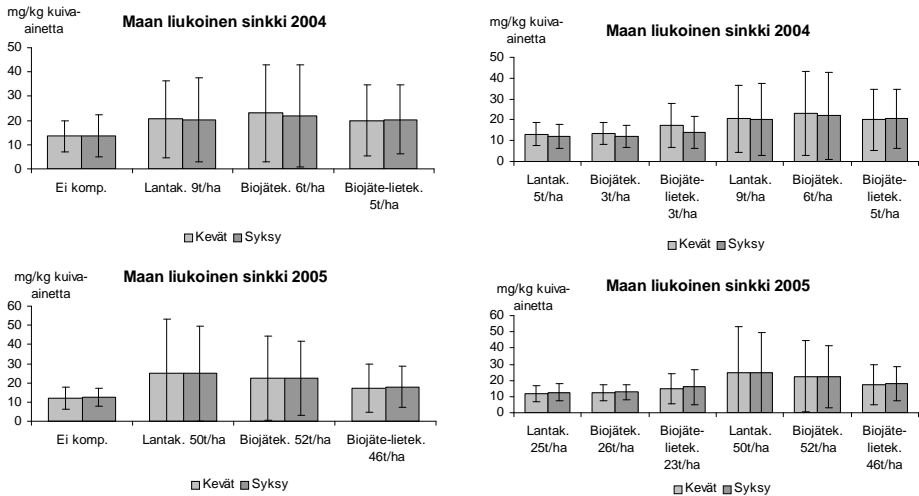
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 19. Maan liukoisen sinkin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

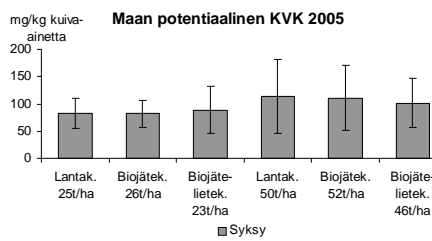
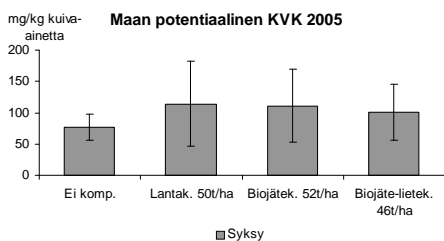
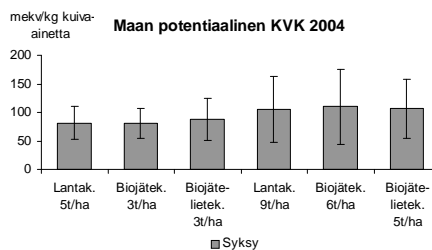
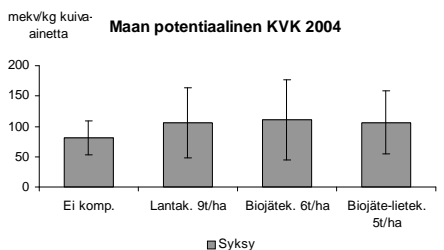
Biojäte. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 20. Maan potentiaalinen kationinvaihtokapasiteetti käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

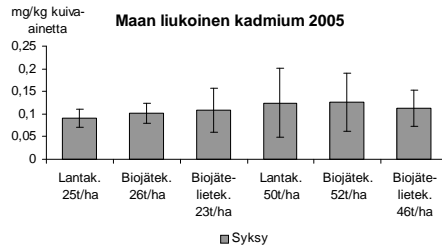
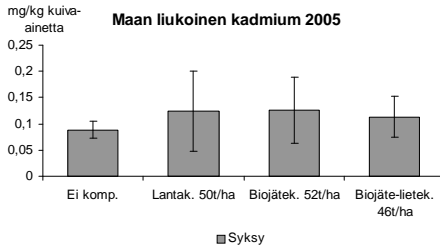
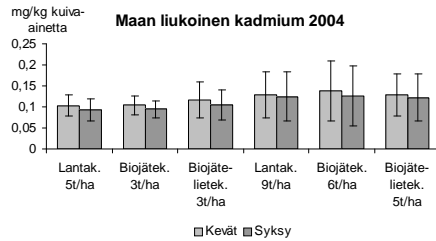
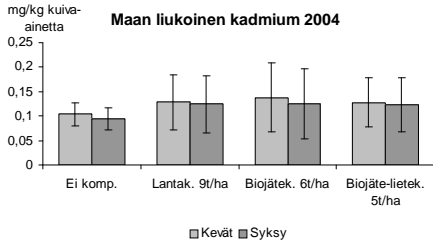
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 21. Maan liukoisen kadmiumin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

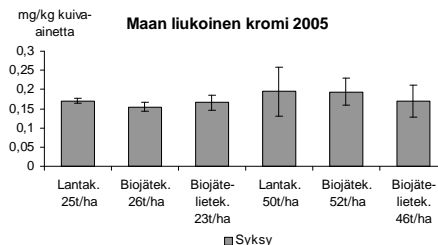
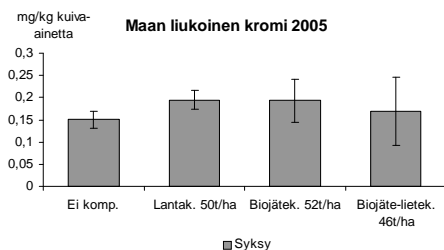
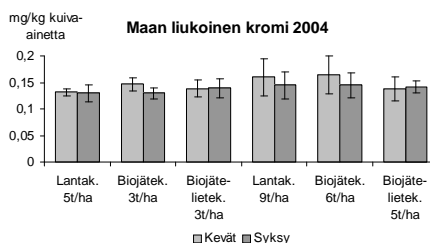
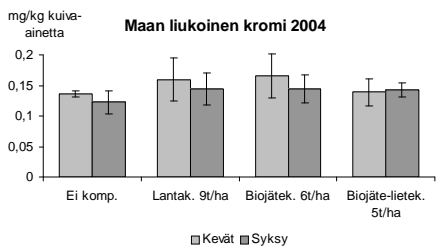
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 22. Maan liukoisen kromin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

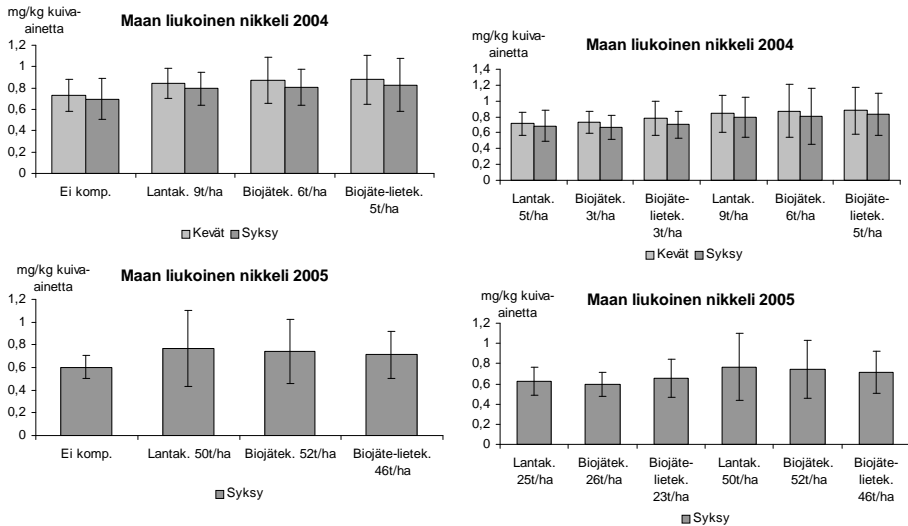
Biojäték. = biojätékompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 23. Maan liukoisen nikkelin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

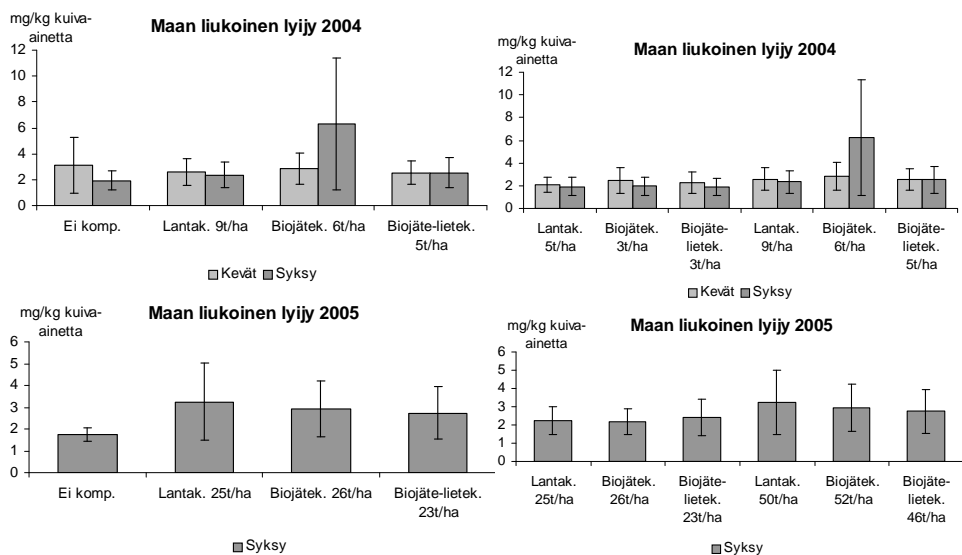
Biojäte. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 24. Maan liukoisien lyijyn pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

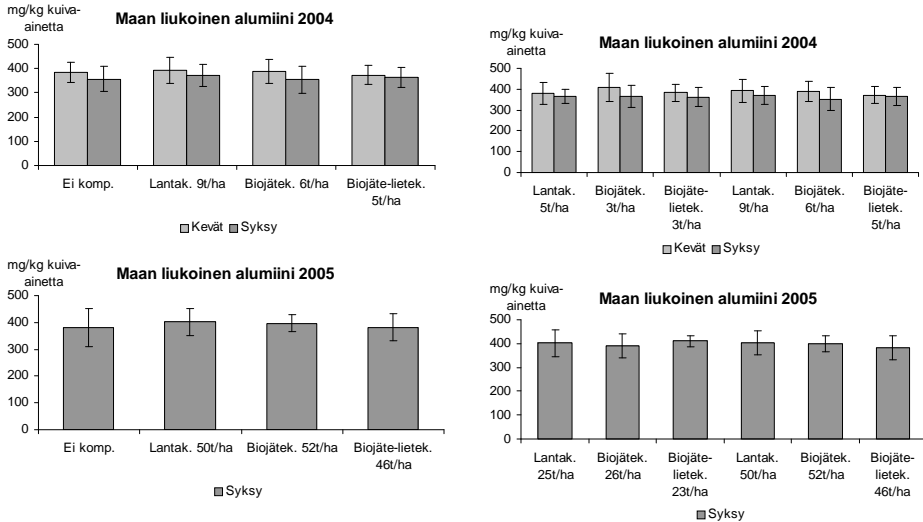
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 25. Maan liukoisen alumiinin pitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

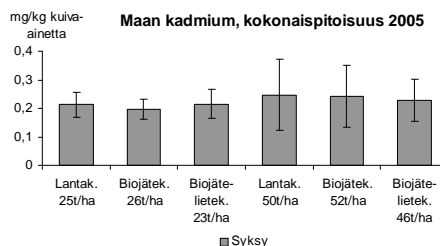
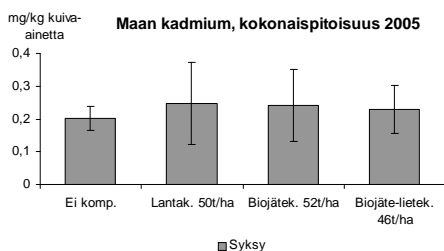
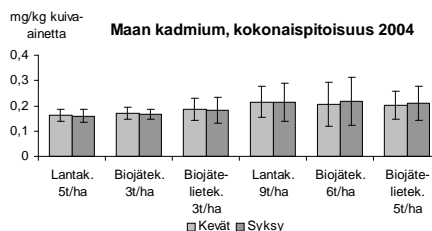
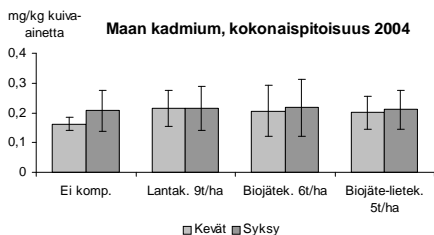
Biojäte. = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 26. Maan kadmiumin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

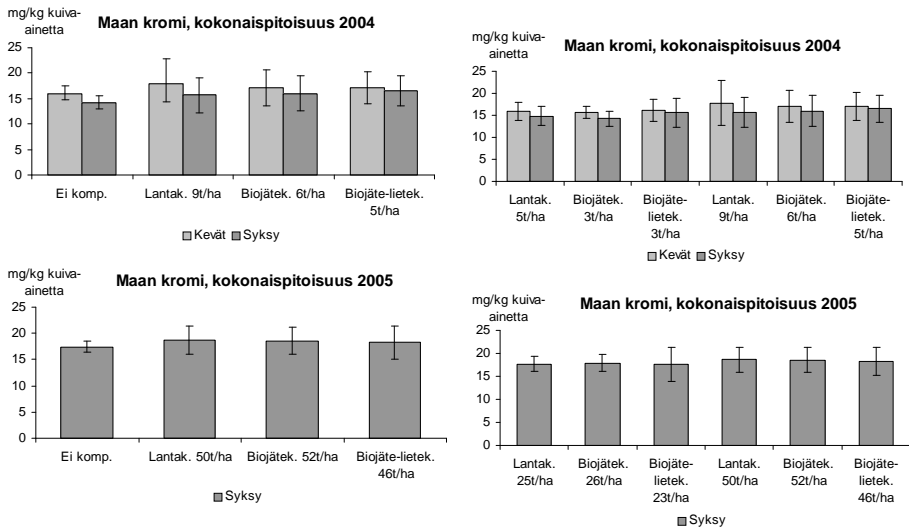
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksen mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 27. Maan kromin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

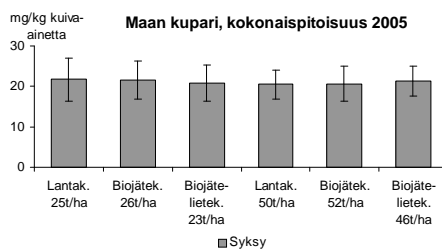
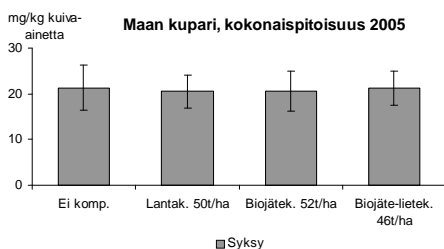
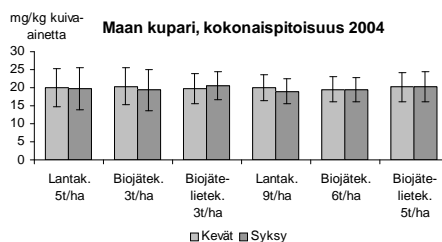
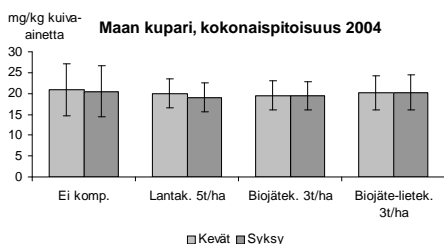
Biojätetek. = biojätetekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 28. Maan kuparin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

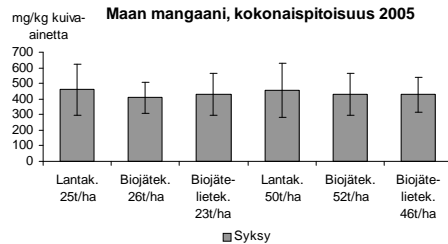
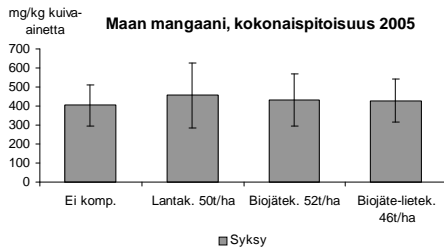
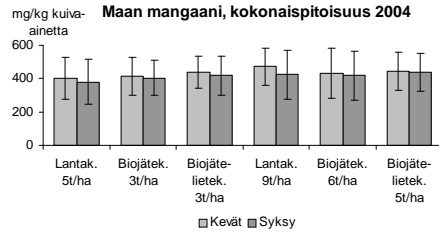
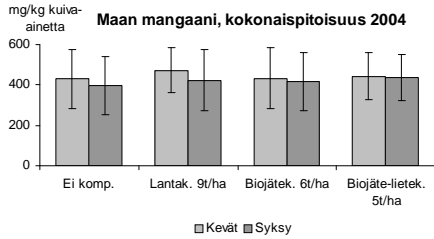
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 29. Maan mangaanin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suurimmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

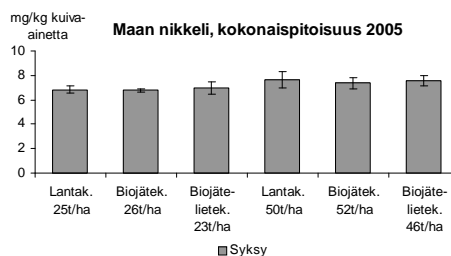
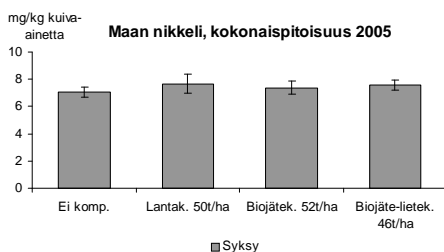
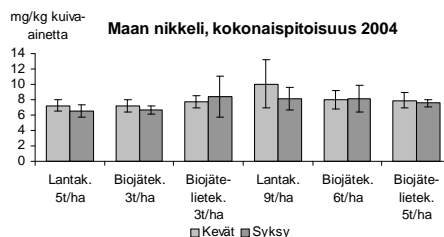
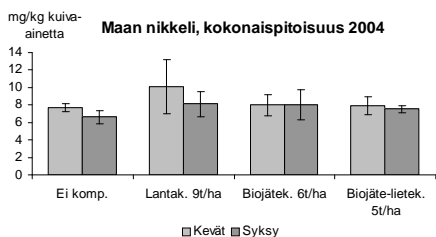
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 30. Maan nikkelin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

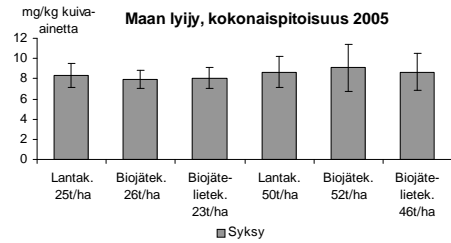
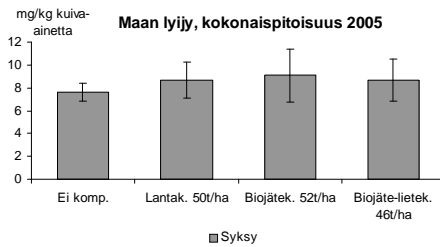
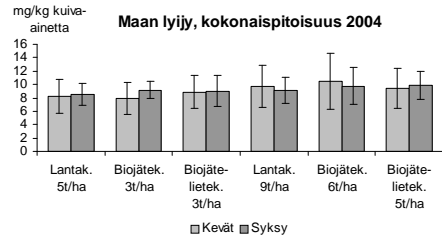
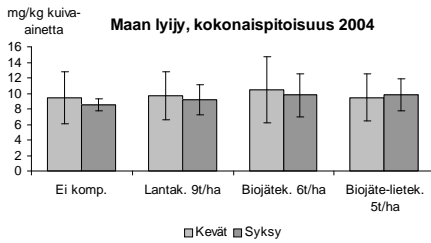
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 31. Maan lyijyn kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

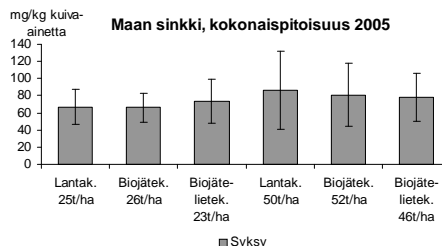
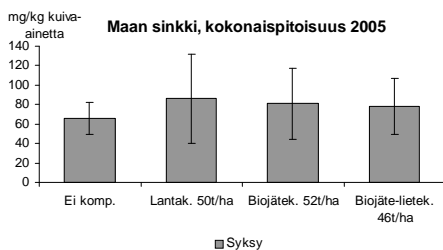
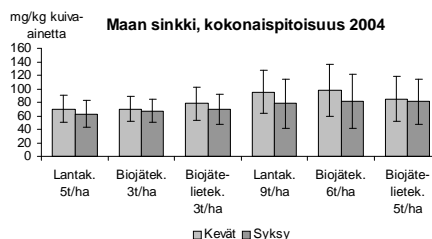
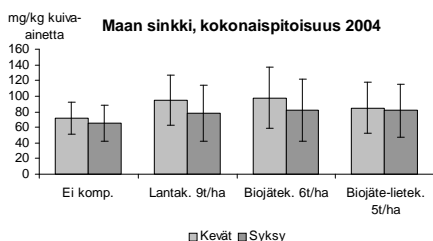
Biojätekompostilla = biojätekompostilla lannoitettu maa

Biojäte-lietekompostilla = biojäte-lietekompostilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 32. Maan sinkin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

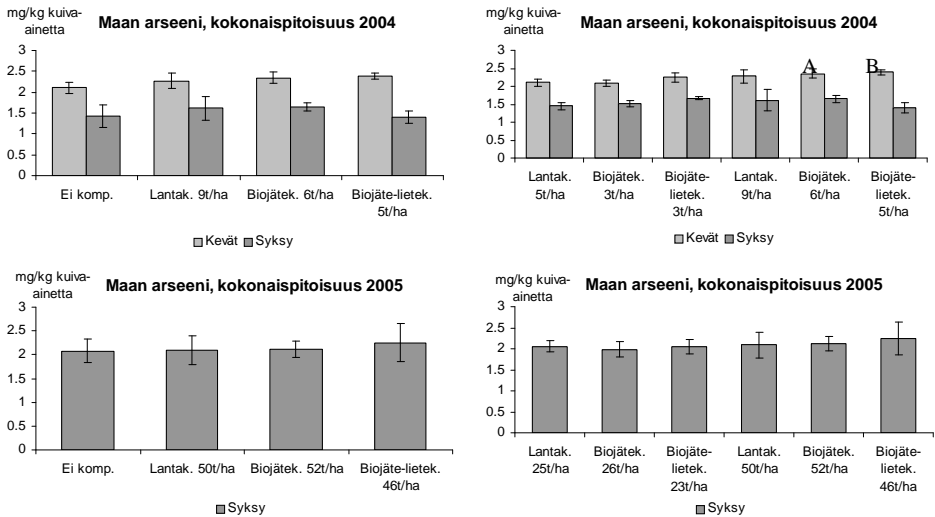
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 33. Maan arseenin kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suu-remmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

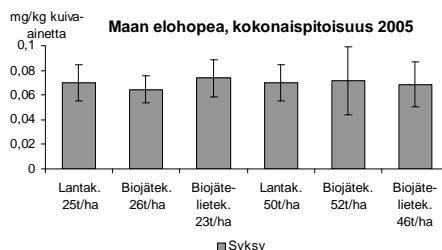
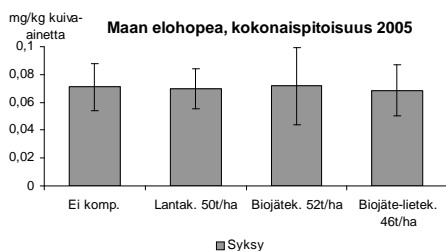
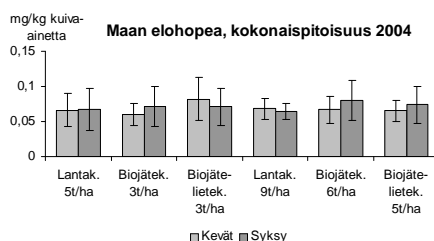
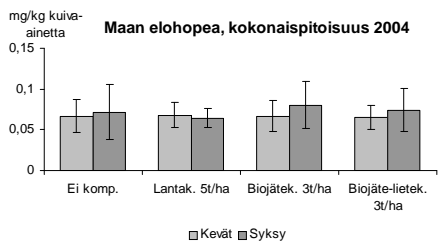
Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Liite 34. Maan elohopean kokonaispitoisuus käsittelyjen keskiarvona sekä keskihajonnat.



Kuva 1. Lannoittamattoman ja suuremmilla kompostimäärillä lannoitetun maan vertailu.

Kuva 2. Eri kompostilannoitusten vertailu.

Ei komp. = lannoittamaton maa

Lantak. = lantakompostilla lannoitettu maa

Biojättek. = biojättekompastilla lannoitettu maa

Biojäte-lietek. = biojäte-lietekompastilla lannoitettu maa

Vuosina 2004 ja 2005 käytetyt kompostilannoitusmäärät on ilmoitettu t/ha.

Syksyn mittaustulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen kevään mittauksia kovariaatteina. Parivertailuissa toisistaan eroavat käsittelyt on merkitty kuviin eri kirjaimin.

Maa- ja elintarviketalous -sarjan ympäristöteemassa ilmentyneitä julkaisuja

2007

- 81 Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset. *Halinen, A.* ym.2. korjattu painos. 105 s.(verkkojulkaisu: www.mtt.fi/met/pdf/met81a.pdf)
- 96 Maatalous Itämeren rehevöittäjänä. *Uusitalo, R.* ym. 34 s. Hinta 15 euroa.
- 90 Broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. *Katajajuuri, J.-M.* ym. 118 s. Hinta 25 euroa.
- 87 Ammonia emissions from pig and cattle slurry in the field and utilization of slurry nitrogen in crop production. *Mattila, Pasi K,*

2006

- 81 Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset. *Halinen, A.* ym. 105 s. Hinta 25 euroa.
- 76 Laitumien ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. *Virkajärvi, P. & Uusi-Kämpä, J. (toim.).* 208 s. Hinta 25 euroa.

2005

- 66 Lyijy ja kadmium rohdos- ja yrttikasveissa. Kirjallisuuskatsaus. *Roitto, M. & Galambosi, B.* 103 s. Hinta 25 euroa.
- 65 Recept ur marknadsförarens kokbok: ingredienser och tillredningsanvisningar för en inbjudande lägerskola. Miljölägerskola Eco Learn. *Miemois, A.* 53 s. (webbpublikation: www.mtt.fi/met/pdf/met65.pdf)

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta
www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html.

