

## Kierrätyslannoitteet luomujäävuorisalaatin tuotannossa

Sari Iivonen<sup>1)</sup>, Tiina Tontti<sup>2)</sup> ja Hanna Avikainen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli, sari.iivonen@helsinki.fi, hanna.h.avikainen@helsinki.fi*

<sup>2)</sup> *MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, tiina.tontti@mtt.fi*

### Tiivistelmä

Jäävuorisalaatin tuotannossa on sadontuoton turvaamiseksi huolehdittava riittävästä typpilannoituksesta ja ravinteiden oikea-aikaisesta vapautumisesta maasta. Jäävuorisalaatin luomutuotannossa on usein tarpeen hyödyntää viherlannoituksen lisäksi luomutuotannossa hyväksyttäviä lisälannoitteita tai maanparannustuotteita. Tutkimme kahtena peräkkäisenä kasvukautena 2010-2011 biokaasulaitosten käsittelyjäännösten, liha-luujauhon ja rakeistetun kananlannan käyttöä jäävuorisalaatin lannoitteena. Tarkastelussa olivat myös erilaiset viherlannoituskäytännöt yhdistettynä kierrätyslannoitteiden käytön kanssa. Kokeet toteutettiin MTT:n Karilan tutkimusaseman pelloilla Mikkeliissä. Kesän 2010 kenttäkokeessa testasimme kahta erilaista biokaasulaitoksen käsittelyjäännöstä (A ja B) ja liha-luujauhoa (Erikoisviljo, Honkajoki Oy) ja vertasimme niitä kontrollina toimivaan NPK -lannoitukseen ja lannoittamattomiin ruutuihin. Käsittelyjäännös A oli peräisin biokaasulaitoksen pilottireaktorista, jossa prosessin syötteinä oli naudanlietelantaa, kananlantaa ja salaattijätteitä. Käsittelyjäännös B oli peräisin toiminnassa olevasta maatilamittakaavan biokaasulaitoksesta, jossa syötteinä oli käytetty naudan lietelantaa ja nurmirehua. Kesällä 2011 toteutetuissa kenttäkokeissa salaatti kasvatettiin koeruuduissa, joissa oli edellisenä kesänä kasvatettu esikasvina herne-kaura-seosta tai tuotantokasvina jäävuorisalaattia sekä molemmissa tapauksissa pyydyskasvina loppukesänä kylvettyä vehnää. Lannoitusvaihtoehtoina kesällä 2011 olivat käsittelyjäännös B, liha-luujauho ja kompostoitu kananlantarae sekä kontrollina NPK -lannoitus ja lannoittamaton käsittely. Sadonkorjuussa laskettiin salaattien kokonaisbiomassa ja kauppakelpoinen sato. Myös sadon laatua ja kasvitautien esiintymistä eri käsittelyissä arvioitiin. Ravinteiden vapautumisesta salaatin käyttöön eri lannoituskäsittelyissä arvioitiin salaattista vertaamalla typen käytön tehokkuutta eri käsittelyissä. Kesän 2010 kenttäkokeissa jäävuorisalaatin kaupakuntoinen kokonaissato eri lannoitekäsittelyissä oli keskimäärin 20 000- 24 000 kg/ha ja kesällä 2011 huomattavasti alhaisempi 7700 -14 000 kg/ha. Kasvattamalla ilmakehän tyypeä sitovaa herne-kauraseosta esikasvina saavutettiin hieman korkeammat satotasot kokonaissatotason vaihdella 11 500 -18 300 kg /ha. Kierrätyslannoitteiden kokonaistyypeen suhteutettu kaupakuntoinen salaattisato oli samankaltainen erilaisista raaka-ainepohjista huolimatta. Kierrätyslannoitteista parhaimmat typen käytön tehokkuudet saavutettiin paljon liukoista tyypeä (70 % kokonaistypestä) sisältävällä käsittelyjäännöksellä. Yhtä suuren liukoisen typen määrän omaava käsittelyjäännös voi olla lannoitusvaikutukseltaan kanalantarakeen veroinen.

Asiasanat: jäävuorisalaatti, biokaasulaitoksen käsittelyjäännös, liha-luujauho, kananlantarae, satotaso, typen käytön tehokkuus

## Johdanto

Kierrätyslannoitteiden käyttö on osa suljetumpien ravinnekiertojen kehittämistä ja samalla kestäväää kehitystä edistävää toimintaa. Kierrätyslannoitteiden hyödyntäminen ravinteiden saatavuuden kannalta vaateliiden avomaanvihannesten tuotannossa on käytännön kannalta tärkeää, jotta voidaan monipuolistaa vaateliiden kasvien lisälannoitusvaihtoehtoja. Viherlannoituksen, kerääjäkasvien ja perinteisten kompostien käytön lisäksi vihannesviljelyssä uusia lannoitusvaihtoehtoja ovat biokaasulaitoksista syntyvät käsittelyjäännökset. Niiden hyödyntäminen käytännössä vaatii kuitenkin vielä tutkimus- ja kehittämistoimintaa ennen kuin voidaan varmistaa niiden elintarviketurvallisuuden ja sadonmuodotuksen kannalta järkevä käyttö avomaanvihannestuotannossa. Luomulainsäädäntö asettaa vaatimuksia vihannesten lannoituskäytännöille rajaten sallittujen lannoitteiden ulkopuolelle tavanomaisesti tuotetut kemialliset lannoitteet. Luomuvihannestuotannossa on sallittua ja tarpeellista käyttää sadon tuottamiseen eloperäisiä lannoitteita kuten kompostoituja lantoja ravinteita sitovien esikasvien lisäksi.

Kierrätyslannoitteet sisältävät yleensä runsaasti orgaanista ainesta. Usein kierrätyslannoitteiden kokonaisravinnesisällöstä vain pieni osa on heti kasvien käytettävässä muodossa (esim. maanparannuskompostit), jolloin ne vaativat kasvinviljelykäytössä liukoisen typen täydennystä (Tontti ym. 2009). Toisaalta joillakin kierrätyslannoitteilla (esim. lietemäiset mädätysjäännökset) voi liukoisen typen pitoisuus olla samaa luokkaa lietelannan kanssa, jolloin levityksen jälkeisen typen haihdunnan ehkäiseminen on tärkeää. Kokeellista tutkimusta on lantapohjaisten käsittelyjäännösten lannoituskäytöstä tehty Suomessa hyvin vähän. Joitakin tutkimuksia on viime aikoina tehty käsittelyjäännösten lannoitusvaikutusten selvittämiseksi ohralla ja nurmella (Kapuinen ym. 2008a,b).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli erilaisen raaka-ainepohjan omaavien biokaasulaitosten käsittelyjäännösten lannoitusvaikutusta jäävuorisalaatilla ja verrata lannoitusvaikutusta liha-luujauhoon, kompostoituu kananlantarakeeseen ja kemialliseen NPK -lannoitteeseen. Tutkimuksessa selvitettiin myös viljelykierron vaikutusta kierrätysravinteiden hyödyntämiseen luomutuotannossa.

## Aineisto ja menetelmät

### *Kenttäkokeet ja lannoitus*

Toteutimme kesällä 2010 kenttäkokeen, jossa testasimme kahta erilaista biokaasulaitoksen käsittelyjäännöstä (A ja B) ja liha-luujauhoa (Erikoisviljo, Honkajoki Oy) ja vertasimme niitä kontrollina toimivaan NPK -lannoitukseen (Kloorivapaa Y1, N 80, P 50, K 190) ja lannoittamattomiin ruutuihin. Koejärjestely oli satunnaistettujen lohkojen koe, jossa toistojen määrä oli neljä. Koeruudun koko oli 8 m<sup>2</sup>. Käsittelyjäännös A oli peräisin biokaasulaitoksen pilottireaktorista, jossa prosessin syötteinä oli naudanelietelantaa, kananlantaa ja salaattijätteitä. Käsittelyjäännös B oli peräisin toiminnassa olevasta maatilamittakaavan biokaasulaitoksesta, jossa syötteinä oli käytetty naudanelietelantaa ja nurmirehua. Käsittelyjäännöksissä annettava liukoisen typen määrä vakioitiin kyseisestä erästä analysoidujen ennakkotietojen perusteella. Annostelulla tavoiteltiin 120 kg:n liukoisen typen annettua määrää (Taulukko 1.). Liha-luujauhon annostelu rajattiin kuitenkin nitraattisäädöksen mukaiseen kokonaistypen suurimpaan sallittuun käyttömäärään. Kaikki lannoitteet levitettiin pellon pintaan kaksi viikkoa ennen salaatin taimien istutusta, jotta orgaaniset lannoitteet saivat kypsyä maassa ja ravinteiden liukeneminen saattoi alkaa. Neljän tunnin kuluessa lannoitteiden pintalevityksestä koealue muokattiin kevyesti joustopiikkiäkeellä. Lisälannoitusta ei annettu kasvukauden aikana missään käsittelyssä. Jäävuorisalaatin lajikkeena oli Brenson ja koe toteutettiin 1.6.–23.7. välisenä ajanjaksona, jolloin kauppakelpoisen sadon saavuttamiseen tarvittiin koeolosuhteissa 53 vrk. Sadonkorjuun jälkeen kerääjäkasviksi kylvettiin vehnä, joka muokattiin maahan kesäkuussa 2011.

Kesällä 2011 toistettiin salaatin lannoituskoe samoilla koeruuduilla lannoituskäsittelyinä käsittelyjäännös B, liha-luujauho, kompostoitu kananlantarae (Biolan 4-1-2) käsittelyjäännös A:n sijaan ja kontrolleina olivat NPK ja lannoittamaton ruutu. Vastaava lannoituskäsittely toteutettiin myös ruuduilla, joissa oli edellisenä kesänä kasvatettu esikasvina herne-kauraseosta ilman lisälannoitusta. Luonnonmukaisesti kasvatetut salaatin taimet (lajike Diamantinas) istutettiin 29.-30.6. ja sato korjattiin 17.-18.8. Vuonna 2011 liukoisen typen tavoitetasoksi asetettiin orgaanisilla lannoitteilla 70 kg liukoista N ja NPK:lla 120 kg liukoista N. NPK annosteltiin kahdessa erässä, 80 kg N kokeen alussa ja 40 kg N kastelulannoituksena salaattien kerimisen alussa. Tällä simuloitiin lannoituskäsittelyä tavanomaisesti

sa salaattituotannossa. Niihin ruutuihin, joissa oli vuonna 2010 kasvatettu tyypeä sitovaa herne-kaura-esikasviseosta, annosteltiin 30 kg vähemmän kokonaistyypeä kuin ruutuihin, joissa kasvatettiin toista peräkkäistä salaattisatoa.

Taulukko 1. Kokeessa käytetyt ravinne määrät (kg/ha) eriteltyinä annetun typen (N), fosforin (P) ja kaliumin (K) suhteen eri lannoituskäsittelyissä. Lannoitteiden ravinneanalyytit on tehty levityksen yhteydessä otetuista näytteistä.

Lannoituskäsittely	Liukoinen N (kg/ha)	Kokonais-N (kg/ha)	Liukoisen typen osuus kokonaistypestä, %	Kokonais-P (kg/ha)	Kokonais-K (kg/ha)
<b>Salaattikoe 2010</b>					
Kontrolli	0	0	0	0	0
Käsittelyjäännös A	104	148	70	34	80
Käsittelyjäännös B	109	200	55	41	227
Liha-luu jauho	73	235	31	118	235
NPK	80	80	100	50	190
<b>Salaattikoe 2011</b>					
<b>2. salaattisato</b>					
Kontrolli	0	0	0	0	0
Rakeistettu kananlanta	70	140	50	42	70
Käsittelyjäännös B	69	138	50	27	147
Liha-luu jauho	38	120	32	60	120
NPK	120	120	100	50	190
<b>Salaattikoe 2011</b>					
<b>esikasvina herne-kaura</b>					
Kontrolli	0	0	0	0	0
Rakeistettu kananlanta	55	110	50	33	55
Käsittelyjäännös B	55	110	50	21	116
Liha-luu jauho	28	90	31	45	90
NPK	90	90	100	44	166

### Satotaso ja typen käytön tehokkuus

Jokaiselle koeruudulle istutettiin 63 salaatin tainta 3 riviin. Sadonkorjuu ajoittui hetkeen, jolloin taimien arvioitiin saavuttaneen kauppakelpoisen koon. Sadonkorjuussa ruudun keskimmäisen rivin taimista (n=21 v. 2010 ja n=16 v. 2011) arvioitiin kerien laatu, punnittiin kauppakunnostetun kerän paino ja taimet luokiteltiin alle 300 g painaviin keriin ja yli 300 g painaviin keriin. Tautien ja tuholaisten vioittamat ja muusta syystä laatuviolliset kerät hylättiin kokonaan.

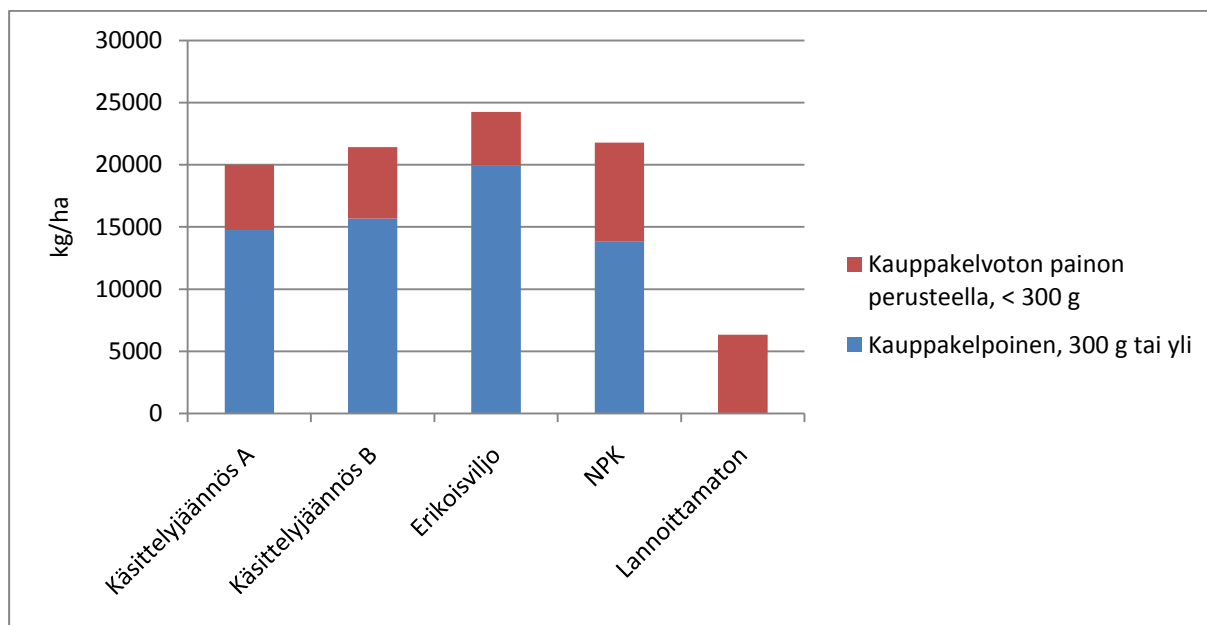
Kokonaisbiomassan määritykset tehtiin systemaattisesti kuudesta taimesta/ruutu valitsemalla taimet ruutujen keskimmäisistä riveistä. Kerät, joiden kokonaisbiomassa oli määritetty, pilkottiin ja pilkottua salaattia kuivattiin 48 h 60 °C:ssa. Taimien kuiva-aine määritettiin, jonka jälkeen kuivattu näyte jauhettiin ja yhdistettiin yhdeksi näytteeksi niistä tehtävää kokonaistyyppianalyysiä varten. Ty-pen käytön tehokkuutta eri käsittelyissä laskettiin kaavalla:

$$\text{Typen käytön tehokkuus \%} = 100 \times ((X_f - X_0) / X_r),$$

jossa  $X_f$  = salaattibiomassan N saanto (kg/ha) lannoitetussa ruudussa,  
 $X_0$  = salaattibiomassan N saanto lannoittamattomassa ruudussa (kg/ha) ja  
 $X_r$  = kasvukauden aikana annettu kokonaistypen määrä (kg/ha).

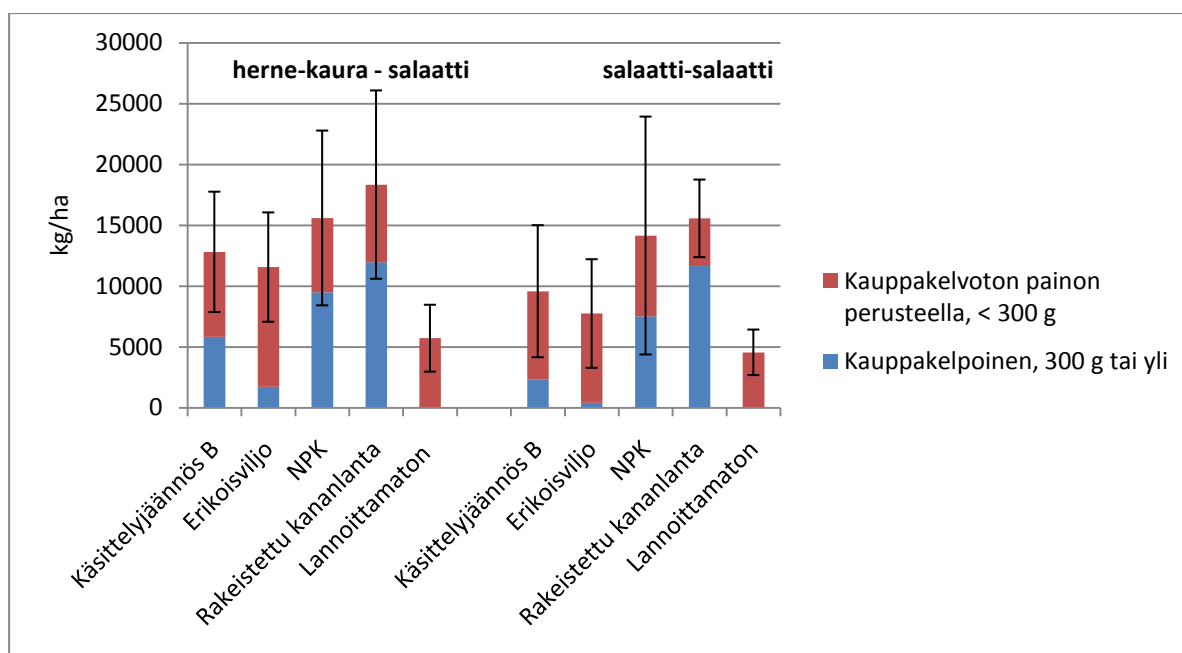
### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Jäävuorisalaatin kokonaissato eri lannoitekäsittelyissä oli keskimäärin 20 000 - 24 000 kg/ha vuonna 2010 (Kuva 1). Koon perusteella kauppakelpoiseksi luokitellun sadon osuus oli käsittelyjäännöksillä lannoitettaessa keskimäärin 74 %, liha-luujauholla 82 % ja NPK -ruuduissa keskimäärin 64 %. NPK -lannoitetun salaatin pieni kauppakelpoisen sadon osuus johtui niukasta lannoitetypen määrästä. Selkeästi suuremman kokonaistyyppimäärän kierrätyslannoitteista (148-235 kg kok N/ha) saaneet salaattisadot olivat kuitenkin vain samalla tasolla kuin NPK -lannoitteella (80 kg N/ha) tuotettu sato.



Kuva 1. Kauppakuntoisen salaattisadon määrä (kg/ha) kasvukaudella 2010. Kauppakuntoiseksi luokiteltu sato on jaoteltuna koon perusteella kauppakelpoiseen ja kauppakelvottomaan luokkaan.

Vuonna 2011 kauppakuntoiset satotasot jäivät selkeästi alhaisemmiksi vaihdellen 7 700 - 14 000 kg/ha niissä lisälannoitetuissa ruuduissa, joissa edellisenä kesänä kasvoi jäävuorisalaattia (Kuva 2). Ruuduissa, joissa oli edellisenä kesänä kasvatettu ilmakehän tyyppä sitovaa herne-kauraseosta saavutettiin hieman korkeammat satotasot kokonaissatotason vaihdellessa 11 500 -18 300 kg /ha. Ruutujen välinen hajonta oli kuitenkin niin suurta, että esikasvivaikutus ei ole tilastollisesti merkitsevä. Alhaista satotaso voi selittää lajikevalinta. Samana kasvukautena toteutetuissa tilakokeissa Diamantinas -lajike osoittautui satotasoltaan heikoimmaksi testatuista luomujäävuorisalaattilajikkeista.

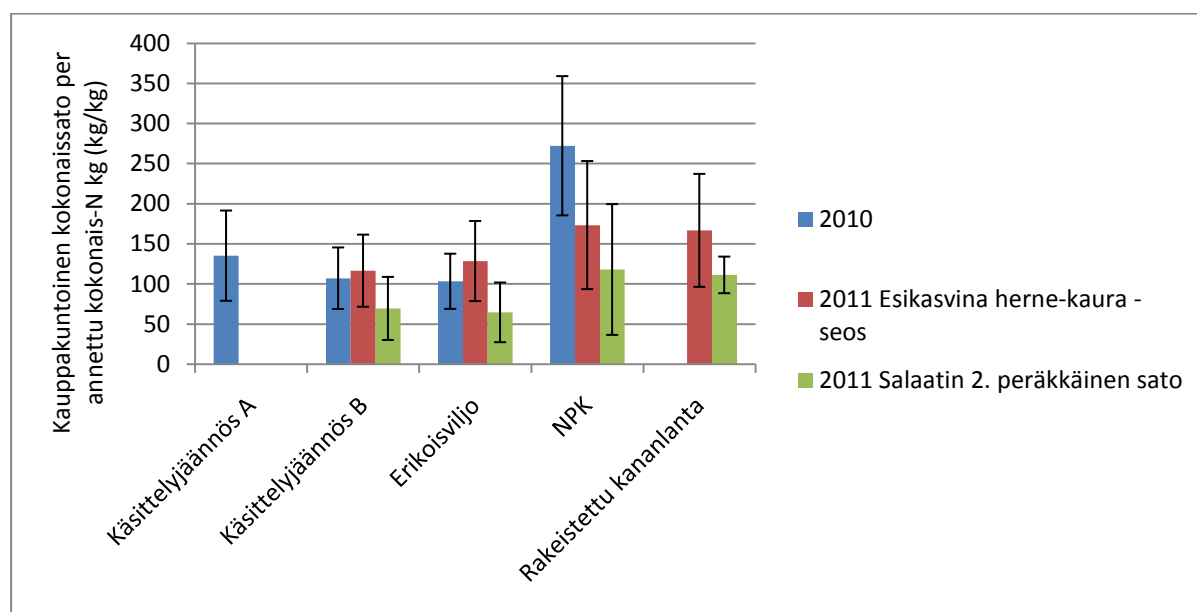


Kuva 2. Kauppakuntoisen salaatin sato (kg/ha) kasvukaudella 2011 esikasvi-lannoituskäsittelyissä ja lannoituskäsittelyissä, joissa kasvatettiin toinen salaattisato peräkkäin. Pylväs kuvaa neljän ruudun keskiarvoa ja jana koko kauppakuntoisen sadon keskihajontaa.

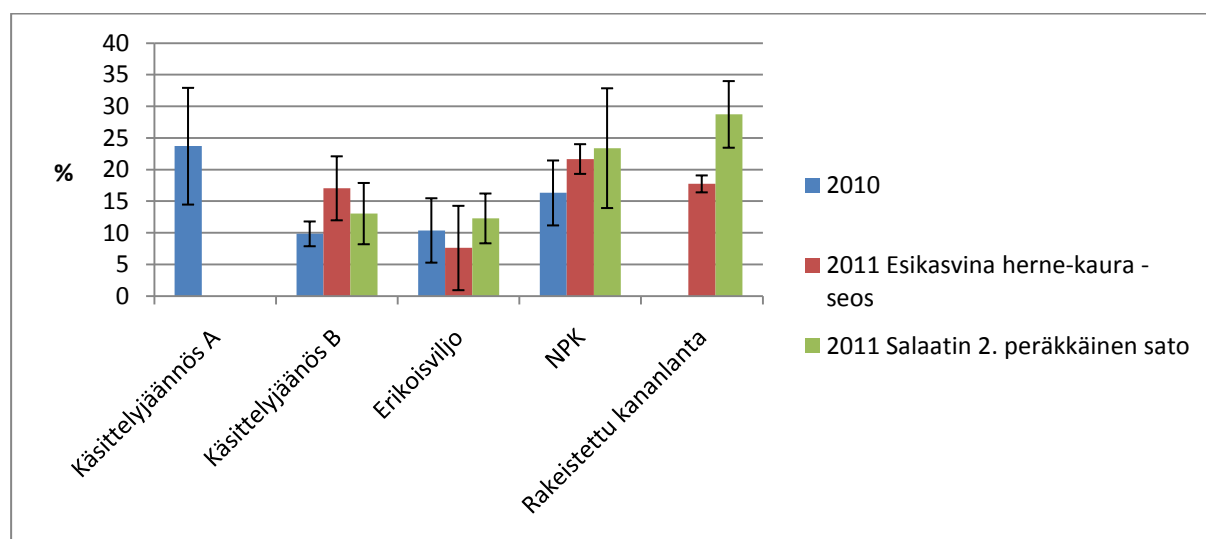
Vuonna 2011 kasvukausi oli Etelä-Savossa olosuhteiltaan haastava jäävuorisalaatin viljelyn kannalta ja huomattava osa sadosta menetettiin salaatin piilomädän (*Pseudomonas cichorii*) aiheuttamien vaurioiden ja muiden laatuviokojen takia. Tarkasteltaessa koon ja muun ulkoisen laadun perusteella kaupakelpoista satoa (300 g tai yli), saatiin vuonna 2011 rakeistetulla kananlannalla suurin sato, joka oli merkittävästi suurempi kuin lannoittamattomissa ruuduissa (Kuva 2). Tulos viittaa siihen, että alhaisesta vesiliukoisien typen määrästä huolimatta, kananlantarakeesta irtoaa hyvin ravinteita kasvukauden aikana salaatin käyttöön. Orgaanisista lannoitteista heikoin lannoitusvaikutukseltaan oli liha-luujauho. Liha-luujauholla lannoitetuissa ruuduissa suuri pienten kerien (< 300g) osuus kauppakuntoisesta sadosta viittaa siihen, että ravinteita ei ole vapautunut riittävän nopeasti salaatin käyttöön kerimisvaiheessa. Vuonna 2011 liha-luujauhon sisältämä kokonaistypen määrä oli vain 38 % edellisestä vuonna annostelusta liha-luujauhon kokonaistypestä. Vuoden 2011 lannoitustaso 1100-1600 kg Erikoisviljoa hehtaarille on jäävuorisalaatille liian alhainen lisälannoitustaso, sillä kaupakelpoisen sadon määrä jäi hyvin alhaiseksi. Liha-luujauhon heikko lannoitusvaikutus kokeessa voi johtua rakeistetun Erikoisviljon käytöstä. Tähän viittaa se, että samana kesänä toteutetussa saman Diamantinas -salaatilajikkeen lannoituskokeessa hienojakoisella Aitoviljolla lannoitettaessa (1500 kg/ha eli 120 kg Kok.N/ha) saatiin kaupakelpoista satoa noin 13000 kg/ha. Huomattavaa on myös se, että ilman lisälannoitusta kaupakelpoista satoa ei saatu lainkaan, vaikka koe toteutettiin luomukierrossa olevalla pellolla.

Koska eloperäisten tuotteiden mukana annetut ravinnemäärät vaihtelivat tasaisesta annostelutavoitteesta huolimatta, on lannoitekäsittelyjen vertailtavuuden kannalta järkevää verrata satoja annetun kokonaistypen suhteen (Kuva 3). Tämä tunnus luku kuvaa myös sitä kuinka paljon kaupakelpoista satoa saadaan annettua kokonaistyyppipannosta kohden. Tässä vertailussa jäävuorisalaatin kokonaissato oli vuonna 2010 annettua kokonaistyyppikiloa kohden selvästi suurin NPK -lannoitetuissa käsittelyissä, mikä kuvaa lannoitteen sisältämän typen hyvää käyttökelpoisuutta kasvien sadonmuodostuksen kannalta. Kierrätyslannoitteiden kokonaistyyppien suhteutettu salaattisato oli samankaltainen erilaisista raaka-ainepohjista huolimatta vuonna 2010. Vuonna 2011 rakeistettu kananlanta, käsittelyjäännös B ja liha-luujauho eivät eronneet merkittävästi toisistaan, vaikka kananlantakäsittelyssä keskimääräinen satotaso oli hieman suurempi. Typen käytön tehokkuutta tarkasteltiin myös salaatin maanpäälliseen kuivamassan sisältämän typen määrän avulla. Typen käytön tehokkuus oli vuonna 2010 suurin, noin 23 % käsittelyjäännös A:lla (Kuva 4). Käsittelyjäännöksellä B typen käytön tehokkuus oli huomattavasti alhaisempi, vain noin 10 %, mikä johtuu sen selvästi alhaisemmasta liukoisien typen osuudesta

(55%) verrattuna käsittelyjäänös A:han (70%). Vuonna 2011 toteutetussa kokeessa kananlantarakeessa ja käsittelyjäänös B:ssä olivat kokonaistypen määrät ja kokonaistypen ja liukoisen typen suhteet samanlaisia. Kun verrattiin samanlaisen esikasvikäsittelyn tilannetta, saatiin käsittelyjäänös B:llä ja kananlantarakeella samankaltaiset typen käytön tehokkuudet, 17-18 %. Verrattaessa 2. peräkkäisen salaattisadon tilannetta, typen käytön tehokkuus kananlantarakeella lannoitettaessa oli selvästi suurempi kuin esikasviruuduissa. Tämä viittaa siihen, että edellisenä kesänä kananlantaruuduille annettun käsittelyjäänös A:n sisältämiä ravinteita oli vielä kasvien käytettävissä seuraavana kasvukautena.



Kuva 3. Jäätövuorisalaatin kaupunkuntainen kokonaissato annettua kokonaistyyppikiloa kohden. Pylväs kuvaa neljän ruudun keskiarvoa ja jana keskihajontaa.



Kuva 4. Typen käytön tehokkuus eri lannoituskäsittelyissä. Pylväs kuvaa neljän ruudun keskiarvoa ja jana keskihajontaa.

### **Johtopäätökset**

Kierrätyslannoitteilla saavutetaan korkeita satotasoja, mutta vain selvästi korkeammilla kokonaistypipinanoksilla kuin kemiallisilla lannoitteilla. Kokeessa on nähtävissä viitteitä siitä, että satotasoon voidaan vaikuttaa positiivisesti esikasvilla. Käsittelyjäännösten lannoitusvaikutukseen vaikuttaa selvästi niiden sisältämän typen liukoisuus. Kun liukoisen typen osuus oli 70 % kokonaistypestä, saavutettiin selvästi korkeampi typen käytön tehokkuus kuin 55 %:n liukoisen typen osuudella. Käsittelyjäännösten raaka-ainepohjalla onkin vaikutusta niiden lannoitustehoon. Jäävuorisalaatin lannoitteena käsittelyjäännökset ovat samanveroisia kuin kananlantarae ja raaka-ainepohjasta riippuen parempia kuin raakeistettu liha-luujauho.

### **Kirjallisuus**

**Kapainen, P., Perälä, P., Regina, K.** 2008a. Mädätyksen vaikutus naudan liemelannan lannoitusominaisuuksiin nurmella. Teoksessa: Leena Rantamäki-Lahtinen (toim.) Maataloustieteen Päivät 2008 10.-11.1.2008, Viikki, Helsinki: esitelmä- ja posteritiivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 24: 65.

**Kapainen, P., Perälä, P., Regina, K.** 2008b. Mädätyksen vaikutus sian liemelannan lannoitusominaisuuksiin ohralla. Teoksessa: Leena Rantamäki-Lahtinen (toim.) Maataloustieteen Päivät 2008 10.-11.1.2008, Viikki, Helsinki: esitelmä- ja posteritiivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 24: 243.

**Tontti, T., Nykänen, A. & Kuisma, M.** 2009. Waste composts as nitrogen fertilizers for forage leys. *Agricultural and Food Science* 18: 57-75.