

MTT RAPORTTI 59

Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä

Arja Nykänen (toim.), Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli, Kauko Koikkalainen, Maritta Kymäläinen, Hannu Känkänen, Riitta Lemola, Clara Lizarazo, Timo Sipiläinen, Fred Stoddard, Aila Vanhatalo



**Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden
lisääminen palkokasveja tehokkaasti
hyödyntämällä**

MoniPalko-hankkeen loppuraportti

Arja Nykänen (toim.), Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli, Kauko Koikkalainen, Maritta Kymäläinen, Hannu Känkänen, Riitta Lemola, Clara Lizarazo, Timo Sipiläinen, Fred Stoddard, Aila Vanhatalo

ISBN: 978-952-487-395-6

ISSN 1798-6419

<http://www.mtt.fi/mtraportti/pdf/mtraportti59.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Arja Nykänen (toim.), Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli, Kauko Koikkalainen, Maritta Kymäläinen, Hannu Känkänen, Riitta Lemola, Clara Lizarazo, Timo Sipiläinen, Fred Stoddard, Aila Vanhatalo

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: Hannu Känkänen, Fred Stoddard ja Arja Nykänen

Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä

Arja Nykänen (toim.), Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli, Kauko Koikkalainen, Maritta Kymäläinen, Hannu Känkänen, Riitta Lemola, Clara Lizarazo, Timo Sipiläinen, Fred Stoddard, Aila Vanhatalo

MTT Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, arja.nykanen@mtt.fi

Tiivistelmä

Hankkeen päätavoitteena oli parantaa maatilojen ravinneomavaraisuutta, biologisen typensidonnan hyötysuhdetta sekä maatalouden valkuaisomavaraisuutta. Tavoitteisiin pyrittiin sekä taloudellisilla laskelmilla että biologisilla kokeilla, joiden tarkoituksena oli lisätä palkoviljojen viljelyvarmuutta ja tehostaa palkokasvien sitoman typen käytön tehokkuutta. Biologisesti typpeä sitovien kasvien viljelyn laajuus on riippuvainen niiden viljelyn taloudellisista edellytyksistä. Tämän taustalla on kasvien suhteellinen kilpailukyky Suomen viljelyoloissa: niiden tuottama hehtaarisato, sadon laatu sekä viljelyvarmuus mutta myös sadontuottamiseksi edellytetty panostus ja tuotteesta saatu hinta. Nämä yhdessä tuotannon tuen kanssa määrittävät, millaisen katetuoton eri kasvit tuottavat. Katetuotto puolestaan on keskeinen mittari, jonka perusteella viljelijät tekevät kasvivalintojaan. Palkokasvien tuotannon biologisten edellytysten/kilpailuvyyn parantamista palvelivat hankkeessa tutkimukset, joissa tutkittiin palkoviljojen viljelyvarmuuden lisäämistä tukikasvien avulla, suorakylvön mahdollisuuksia ja härkäpavun kasvinsuojelua. Tämän lisäksi etsittiin uusia potentiaalisia palkokasveja ja -lajikkeita, jotka voisivat menestyä ja tuottaa parempaa satoa Suomessa.

Palkoviljojen viljelyn laajuus on sidoksissa niiden suhteelliseen kannattavuuteen, mutta viljelyä rajoittaa niiden vaateliaisuus kasvupaikan suhteen sekä viljelykiertovaatimukset. Herneen ja erityisesti härkäpavun viljelyn luotettavaa taloudellista vertailua muihin kasveihin vaikeuttavat hinta- ja satotietojen puutteellisuus. Käytettyjen, osin laskennallisten oletusten perusteella kasvikohtaisissa katetuottolaskelmissa härkäpapu ja herne osoittautuivat vähintään yhtä kannattaviksi kuin kevätiljat ja rypsi. Lannoitetyypen hinnan noustessa palkokasvien kilpailukyky paranee.

Käytetyillä hinta- ja sato-oletuksilla tuotantosuuntaakohtaisissa katetuottotarkasteluissa luomutuotanto on tavanomaista kannattavampaa. Luomuviljely perustuu biologisen typensidonnan hyödyntämiseen, mutta myös tavanomaisessa tuotannossa typensitojakasvien sisällyttäminen viljelykasvivalikoimaan pienentää typpilannoitteen hintamuutosten vaikutusta tilan katteeseen. Luomumaidontuotannossa näyttää olevan mahdollista päästä tavanomaista tuotantoa parempaan katteeseen jopa ilman maidosta saatavaa lisähintaa, vaikka tuotostaso on alempi, mutta tuki vastaavasti korkeampi. Pelkästään kasvinviljelyn osalta luomutuotantoa harjoittava maitotila tai biologista typensidontaa nurmissa hyödyntävä tavanomainen maitotila ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä tavanomaisen heinänurmiin perustuvan maidontuotannon kanssa.

Biologisesti sidottu typpi tulee pääosin hyödynnettyä sidontavuonna korjattaessa biologisesti typpeä sitovan kasvin sato. Osa sidotusta tyypestä jää kasvustojätteisiin, mutta sen merkitys on huomattavasti pienempi, kuin suoraan typpeä sitovan kasvin sadon mukana hyödynnettävän biologisen typensidonnan merkitys. Biologisen typensidonnan potentiaalinen määrä on noin 25 kg/ha jokaista viljelyhehtaaria kohti laskettuna. Tähän päästään, jos nykyisellä nurmialalla kaikissa kasvustoissa olisi typensitojakasvi mukana, hennettä ja härkäpapua viljeltäisiin niille sopivilla lohkoilla viljelykiertovaatimukset huomioon ottaen ja viherlannoituskasvustoja käytettäisiin nykyinen määrä. Tällöin biologisen typensidonnan osuus vastaisi noin 30 % (nykyisin alle 5 %) tällä hetkellä keskimäärin käytetystä väkilannoitetyppimäärästä

Kaura sopii parhaiten herneen tukikasviksi ja se estää herneen lakoutumisen maata myöten myös vaikeissa olosuhteissa. Jalostuksen avulla melko pieneksi saatu lakoutumisriski pienenee kauraa tukikasvia käytäen oleellisesti. Tukikasvi kannattaa kylvää välittömästi herneen jälkeen. Herne kärsii herkästi maan tiiviydestä ja märkyydestä, jonka vuoksi herneen suorakylvöön liittyy erityisiä haasteita. Lisää tutkimustietoa tarvitaan herneen suorakylvön siemenmäärästä ja kylvösyvyydestä sekä seuraavan kasvin typpilannoituksen määrästä.

Kasvintuhoojien (kasvitaudit, tuhoeläimet, rikkakasvit) hallinta on tärkeä osa palkokasvien viljelyvarmuutta. Viljelykasvin viljelyn laajetessa myös kasvinsuojeluongelmat usein runsastuvat. Härkäpavun viljelyssä voidaan osittain hyödyntää muiden palkokasvien kasvinsuojelukeinoja, joista tärkein on riittävä viljelykierto. Tällä hetkellä rikkakasvien ja suklaalaikun torjunta ovat tärkeimpiä härkäpapakasvuston kasvinsuojelutoimenpiteitä. Myös tuhoeläinten torjuntatarve voi kasvaa härkäpavun viljelyn yleistyessä. Kasvintuhoojien runsaudessa voi olla suurta vaihtelua, minkä vuoksi kasvintuhoojien tarkkailu on tarpeen etenkin uuden viljelykasvin vakiinnuttaessa asemaansa.

Hitaasta alkukehityksestä johtuen härkäpapu kilpailee heikosti rikkakasvien kanssa. Härkäpavun rikkakasvien torjuntaan sopii Fenix (tehoaine aklonifeeni) ennen härkäpavun taimettumista, mutta ei viljelykasvin taimille ruiskutettuna. Juolavehnan ja hukkakauran torjumiseen soveltuu Agil 100 EC (propakvitsafoppi). Lupiinin rikkakasvien kemiallisessa torjunnassa saatiin lupaavia tuloksia Lentagran WP (pyridaatti), Basagran SG (bentatsoni), Fenix (aklonifeeni) ja Senkor (metributsiini) -valmisteilla. Myös rikkakasvien harausta kannattaa harkita. Härkäpavun kasvitautilien esiintymiseen vaikuttaa merkittävimmin kasvukauden sää. Kylvösiemenen terveys sekä viljelykierto ovat oleellisimmat kasvitautilisistä vähentävät tekijät. Suklaalaikun kasvustoruiskutuksessa on kiinnitettävä huomiota torjunnan ajoitukseen. Vaikka härkäpavulla ei viljelyn alkuvuosina ole havaittu pahoja tuhoeläinongelmia, on niiden (hernekärsäkkäät, kirvat) ilmaantumiseen kuitenkin varauduttava, jos ja kun viljely laajenee.

Suomessa viljelty härkäpapu on pääosin 'Kontu'-lajetta. Muut kokeiden lajikkeet (20 kpl) olivat vuosina 2009–2011 myöhäisempiä, mutta yleensä myös satoisampia kuin 'Kontu'. Esimerkiksi 'Babylon' oli ai-noastaan viikon Kontua myöhäisempi mutta sitä huomattavasti satoisampi. 'Tangenta'-lajike tuottaa paljon biomassaa ja on siten sopiva kokoviljasäilörehuksi tai vastaavaan käyttöön. Sinilupiinilajikkeet 'Haags Blauw' ja 'Sonet' ovat muita sinilupiineja aikaisempia ja sopivat palkoviljatuotantoon hiekkaisilla ja happamilla mailla aina Vaasan korkeudelle asti. Valkolupiinilajikkeet, kuten 'Ludic', soveltuvat ominaisuuksiltaan biomassan/kokoviljasäilörehun tuotantoon. Ne sopivat hyvin tuotettavaksi seoskasvustona esimerkiksi vehnän kanssa. Kokeita jatketaan sen selvittämiseksi, kuinka kokoviljakasvi voidaan hyödyntää rehuna parhaiten. Aikaisia linssilajikkeita voidaan tuottaa hyvin kuivatetuilla peltolohkoilla eteläisimmässä Suomessa.

Viherlannoitusnurmen mädättämisen edut suoraan maahan muokattuun nurmibiomassaan ovat lähinnä typen huuhtoutumisriskin pieneminen ja bioenergian tuotto, jonka etu riippuu taloudellisista tekijöistä. Kokeissa keskimääräinen apila-heinäseosnurmen sadontuotto kuiva-aineena mitattuna oli noin 7 000 kg/ha, mutta pellolla, jossa apilaa ei ollut viljelty pitkään aikaan, saatiin jopa 11 000 kg/ha. Hyvätuottoisen nurmen biomassalla on mahdollista lannoittaa suurempi ala, kuin miltä se on korjattu nurmen korkean sadon ja sitä kautta typpimäärän vuoksi. Nurmeista saatu mädäte toimi vehnän lannoitteena hiukan paremmin kuin maahan muokattu viherlannoitus tai jopa väkilannoitus. Erot vehnäsadoissa olivat kuitenkin pieniä. Biokaasun tuotto keskimääräisellä nurmisadolla oli noin 20 MWh/ha ja mädätteen kokonaistypettä noin puolet oli muuntunut ammoniumtyppimuotoon eli kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Viherlannoituskasvuston mädättämisen suurimmat edut maahan muokattuun viherlannoitukseen verrattuna ovatkin typen huuhtoutumisriskin vähentäminen sekä biokaasutuotto, Seosnurmi (apilaheinä) tuotti biokaasua ja metaania paremmin kuin puhdas apilannurmi.

Avainsanat:

Palkokasvit, katetuotto, mallinnus, typensidonta, herne, härkäpapu, lupiini, kasvinsuojelu, seosviljely, viherlannoitus, biokaasutus, lannoitusvaikutus

Improving self-sufficiency in nitrogen and protein by efficient utilization of legumes

Arja Nykänen (ed.), Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli, Kauko Koikkalainen, Maritta Kymäläinen, Hannu Känkänen, Riitta Lemola, Clara Lizarazo, Timo Sipiläinen, Fred Stoddard, Aila Vanhatalo

MTT Plant Production Research, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, arja.nykanen@mtt.fi

Abstract

The need for the research rose from the fact that agricultural production is heavily dependent on non-renewable energy sources. This research aimed at enhancing the competitiveness and self-sufficiency of Finnish agriculture by searching for and introducing more effective ways to utilize the potential of the biological nitrogen (N) fixation by improved farming practices and new legume species. The research approach is multidisciplinary and it is based on the collaboration between economists, crop scientists, animal scientists and plant breeders. The main objectives, in addition to the above mentioned, are related to the economic analysis of N fixation under varying energy and fertilizer prices, as well as the reduction of variability in pea and Faba bean yields.

Profit margin calculations of different crops showed that Faba bean and pea were most profitable in 2009 and 2010, when the prices of cereals were low and prices of fertilizers were high. In those years the yield of Faba bean and pea could have been 1 000 kg/ha lower than of cereals and the profit margin would have been the same as for spring cereals. On the other hand, in 2008 and 2011, the price relations were such as the margins were at the same level for all crops. In this situation over estimations of the yield and/or price can lead to lower profitability for pulse crops compared to spring cereals. It is good to notice that the fertilization effect of the legumes was not taken into account in these calculations.

Profit margin calculations for different production systems showed organic plant production to be more profitable than the conventional one. In plant production, the difference is mainly due to the subsidies because the differences in prices and yields repeal each other. Organic farming is based on the utilization of biological N fixation. If legumes are included in conventional farming, the effect of fertilizer price changes on the economic result of the farm will decrease. Organic milk production seems to be more profitable than conventional production, even without the extra price of organic milk. Farms with only organic crop production (not organic animals) and conventional farms which utilize legumes in their leys, seem to be economically competitive to conventional farms with only grasses in their leys.

At the moment, less than 5% of the N used in farming is originated from biological nitrogen fixation. Big changes in cropping practices and crops are needed, if the share is to be increased. The theoretical share of biological N fixation might be 90 kg/ha in Finland, but more realistic one would be 25 kg/ha. This could be achieved, if all leys include legumes, Faba bean and pea are cultivated as much as possible taking into account suitable fields and crop rotations; and green manuring is used as much as is at the moment. In this situation, the amount of biologically fixed N would be 30% of the mineral N used in agriculture.

The biggest problem in cropping peas might be laming. Based on our results, oats, dwarf oats and barley would be the best crops in mixtures to prevent laming. Seeding of oats can be done at the same time with peas. Companion crop can decrease the yield of pea, but on the other hand, the yield of mixed crop is higher the yield of sole pea. Direct drilling of peas is more demanding than direct drilling of spring cereals. Success depends greatly on properties of the field, especially the soil structure. Rainy spring seasons are especially difficult, since pea is easily suffering from the lack of oxygen. In addition, the plant diseases might become more evident in direct drilling compared to ploughed soil. On the other hand, peas in spring cereal crop rotation decrease plant diseases of cereals. At least on clay soils the amount of seeds needs to be increased to be able to achieve high enough density on plants.

Plant protection is an essential part of Faba bean cultivation. Suitable herbicide for Faba bean in Finland is Fenix (a.i. acifluorfen), which is recommended to apply before the plant germinates. Agil 100 EC

(propaquizafop) is suitable to terminate couch grass and wild oats. Results showed Lentagran WP (pyridate), Basagran SG (bentazone), Fenix (aclonifen) ja Senkor (metribuzin) to be possible herbicides to prevent weeds from lupins. Plant disease risks on Faba beans are mostly affected by the weather of growing season. Healthy seed and crop rotation are the most important control methods to decrease the risk of plant diseases, because the most common diseases (chocolate spot and stem and root diseases) are spread via plant residues and seeds. At the moment, there are few suitable fungicides available for seed dressing. Timing of fungicide application against chocolate spot is critical, and therefore monitoring during growing season is essential. Although there has been no problems with pests in Faba bean cropping, expansion of cropping may increase pest risk. Use of pesticides e.g. pyrethroids could be needed to control *Sitona* and *Acyrtosiphon*, but at the moment, they are not approved for pest control in Faba bean in Finland.

The most potential narrow-leafed lupin variety in Finland for seed production seems to be 'Haags Blaue', which has the shortest growing time. The best Faba bean variety is 'Kontu' although there are several other varieties which are promising for the future. For lentils there are four possible varieties: Milestone Redbow and Rosebud. Our results show that Faba beans and white lupins with long growing time are very well suitable for whole crop silage with spring wheat.

The benefit from anaerobic digestion of the green manure leys seem to be based more on bioenergy production and lower N leaching risk than for higher cereal yields after anaerobic digestion. The results from anaerobic digestion show that clover-grass biomass produces more biogas than pure clover biomass. In this study clover-grass leys produced about 20 MWh energy per hectare. After digestion, half of the N was in form of ammonium N.

Keywords:

Legumes, profit margin, modelling, biological nitrogen fixation, pea (*Pisum sativum*), Faba bean (*Vicia faba*), lupin (*Lupinus* ssp.) plant protection, mixtures, green manuring, biogas, fertilization effect

Sisällysluettelo

Kirjoittajien tiedot	9
Esipuhe	10
1 Taloudellinen näkökulma palkokasvien viljelyyn	11
1.1 Johdanto	11
1.1.1 Tausta	11
1.1.2 Tavoite	11
1.2 Materiaalit ja menetelmät	12
1.3 Kevätviljojen, rypsin ja palkoviljojen simuloitu sato- ja katevaihtelu	12
1.3.1 Aineisto ja menetelmät	14
1.3.2 Simuloinnin tulokset	16
1.3.3 Johtopäätökset	20
1.4 Palkokasvit maito- ja kasvinviljelytilan viljelykierrossa	21
1.4.1 Kasvinviljelytila – palkokasvit osana tilan viljelyjärjestelmää	22
1.4.2 Maitotila - palkokasvit osana tilan viljelyjärjestelmää	26
1.4.3 Johtopäätökset	28
1.5 Arvio palkokasvien biologisesta typensidontapotentiaalista koko Suomen tasolla	29
1.5.1 Perusteet	29
1.5.2 Nykyinen typensidonta	29
1.5.3 Typensidontapotentiaali	30
1.5.4 Johtopäätökset	30
1.6 Kirjallisuus	31
2 Herneen tukikasvit seoksissa	32
2.1 Taustaa	32
2.2 Aineisto ja menetelmät	33
2.2.1 Tukikasvikokeet	33
2.2.2 MTT:n herneaineisto	34
2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	35
2.3.1 Tukikasvikokeet 2009–2011	35
2.3.2 Pitkäaikainen herneaineisto	40
2.4 Johtopäätökset	41
2.5 Kirjallisuus	41
3 Herne muokatussa ja muokkaamattomassa maassa, herne esikasvina	43
3.1 Taustaa	43
3.2 Aineisto ja menetelmät	44
3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	45
3.3.1 Siemensato	45
3.3.2 Esikasviarvo	46
3.3.3 Katetuotto	47
3.4 Johtopäätökset	48
3.5 Kirjallisuus	48
4 Härkäpavun ja lupiinin kasvinsuojelu	49
4.1 Härkäpavun ja lupiinin rikkakasvien torjunta	49
4.1.1 Taustaa	49
4.1.2 Aineisto ja menetelmät	49
4.1.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	50
4.1.4 Johtopäätökset	54
4.1.5 Kirjallisuus	54
4.2 Härkäpavun kasvitaudit ja niiden hallinta	55
4.2.1 Taustaa	55
4.2.2 Aineisto ja menetelmät	56
4.2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	56
4.2.4 Johtopäätökset	57

4.2.5 Kirjallisuus	57
4.3 Härkäpavun tuhoeläimet	58
4.3.1 Taustaa	58
4.3.2 Aineisto ja menetelmät.....	58
4.3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	58
4.3.4 Kirjallisuus	60
5 Palkoviljojen lajikkeet siemeneksi ja säilörehuksi	61
5.1 Tausta ja tavoitteet	61
5.2 Aineisto ja menetelmät.....	61
5.3 Tulokset.....	61
5.3.1 Härkäpavun, sinilupiinin ja linssin siemensadot	61
5.3.2 Herne, härkäpapu ja valkolupiini kokoviljaseoksissa	63
5.4 Johtopäätökset.....	65
5.5 Kirjallisuus	65
6 Viherlannoituksen tehostaminen biokaasutuksella.....	66
6.1 Johdanto	66
6.2 Aineisto ja menetelmät.....	66
6.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	67
6.3.1 Nurmisadot.....	67
6.3.2 Nurmimassojen sisältämät typpimäärät	68
6.3.3 Viljasadot	68
6.3.4 Maan liukoinen typpi	69
6.4 Johtopäätökset.....	70
6.5 Kirjallisuus	71
7 Peltobiomassan mädätys eli biokaasutus lannoitekäyttöön	72
7.1 Johdanto	72
7.2 Aineisto ja menetelmät.....	72
7.2.1 Peltobiomassat – säilöntä, esikäsittely ja analyysituloksia	72
7.2.2 Reaktorisyöttö ja -kuormitustiedot.....	73
7.3 Tulokset ja niiden tarkastelu	74
7.3.1 Prosessin tila	75
7.3.2 Biokaasu- ja metaanituotto.....	76
7.3.3 Panoskoetulokset.....	77
7.3.4 Lopputuote eli mädäte.....	78
7.4 Johtopäätökset.....	79
7.5 Kirjallisuus	79
8 Koko hankkeen tulosten yhteenveto.....	80

Kirjoittajien tiedot

Arja Nykänen, Erikoistutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, arja.nykanen@mtt.fi

Erja Huusela-Veistola, Vanhempi tutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Heikki Jalli, Tutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, heikki.jalli@mtt.fi

Marja Jalli, Erikoistutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, marja.jalli@mtt.fi

Kauko Koikkalainen, Tutkija, MTT Talous- ja yhteiskuntatieteiden tutkimus, kauko.koikkalainen@mtt.fi

Maritta Kymäläinen, Hämeen ammattikorkeakoulu, Bio- ja elintarviketekniikka, maritta.kymalainen@hanmk.fi

Hannu Känkänen, Vanhempi tutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, hannu.kankanen@mtt.fi

Riitta Lemola, Tutkija, MTT kasvintuotannon tutkimus, riitta.lemola@mtt.fi

Clara Lizarazo, Tohtoriopiskelija, Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos Kasvinviljelytiede, clara.lizarazotorres@helsinki.fi

Timo Sipiläinen, Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos Maatalousekonomia, timo.sipilainen@helsinki.fi

Fred Stoddard, Yliopistonlehtori, Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos Kasvinviljelytiede, Frederick.stoddard@helsinki.fi

Aila Vanhatalo, Professori, Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Kotieläinten ravitsemustiede, aila.vanhatalo@helsinki.fi

Tämä raportti on tutkimushankkeen Typpi- ja valkuaisomavaraisuuden lisääminen palkokasveja tehokkaasti hyödyntämällä loppuraportti. Hankkeen päätavoitteena oli parantaa maatalojen ravinneomavaraisuutta, biologisen typensidonnan hyötysuhdetta sekä maatalouden valkuaisomavaraisuutta. Omavaraisuuden kasvattamisen tavoitteena on, että toimenpiteet voidaan suorittaa taloudellisesti kannattavasti ja suomalaisen kasvi- ja kotieläintuotannon kilpailukykyä kehittäen. Hankkeessa keskityttiin typen ja erityisesti biologisen typensidonnan hyödyntämiseen karkea- ja valkuaisrehun tuotannossa. Näkökulma on uusi, sillä aiemmin vaihtoehtoina ovat yleensä olleet joko luomu- tai tavanomainen tuotanto, mutta tässä tutkimuksessa myös typensidontaa hyödyntävät tavanomaiset viljelyjärjestelmät ovat kiinnostuksen kohteena.

Tavoitetta lähestyttiin neljän osatavoitteen kautta, joista ensimmäinen on taloudellinen, toinen sekä kolmas biologisia ja viljelytekniisiä ja neljäs tiedonsiirtoa palveleva:

1. Kehitetään mallinnuksen avulla uusimpaan tutkimustietoon perustuvia viljelymenetelmiä ja –järjestelmiä, joissa palkokasvit ovat osa taloudellista ja ravinteiden käytön kannalta tehokasta tuotantoa. Tavoitteena on kehittää taloudellisesti ja ekologisesti nykyistä kestävämpiä viljelyjärjestelmiä Suomen olosuhteisiin.

2. Etsitään keinoja, joilla parannetaan palkoviljojen sadontuottoa ja lisätään niiden viljelyvarmuutta sekä laajennetaan kasvilajivalikoimaa. Tämä tapahtuu mm. ekologisten ja kemiallisten kasvinsuojelun kehittämisen, geenivarojen hyödyntämisen sekä seosviljelyn ja korjuuajan täsmentämisen avulla.

3. Kehitetään keinoja biologisen typensidonnan hyväksikäytön tehostamiseksi kasvinviljelyssä. Osiossa selvitetään yksivuotisten puna-apilapitoisten nurmien viherlannoitusvaihtoehtoja luomu- ja tavanomaisessa tuotannossa yhdistettynä biokaasun tuotantoon.

4. Siirretään olemassa olevaa ja hankkeessa tuotettavaa tutkimustietoa käytännön toimijoille heidän omaan toimintaansa sovellettavaksi. Tämä on tapahtunut hankeyhteistyön avulla alueellisten ja valtakunnallisten kehittämishankkeiden kautta. Aiheina ovat olleet mm. luomuvalkuaisrehun tuotannon lisääminen (Luomuvalkuaisrehuketju, Luomutietoa uudella toimintamallilla) ja viherlannoituksen ympäristöystävällinen hyödyntäminen luomu- ja tavanomaisilla kasvinviljelytiloilla (RaHa-hanke).

Hanketta rahoittivat MMMn Maaseudun Kehittämisrahasto (Makera), Rehuraisio Oy ja Huoltovarmuuskeskus sekä MTT ja HY omalla rahoituksellaan. Esitämme tässä lämpimät kiitokset kaikille rahoittajille taloudellisesta tuesta hankkeen toteuttamiseksi.

Lisäksi kiitämme ohjausryhmäämme arvokkaista kommentteista matkanvarrella. Ohjausryhmässä olivat mukana Tero Tolonen (MMM, pj.), Ilmo Aronen (Rehuraisio Oy), Sari Peltonen ja Reijo Käki (ProAgria ry), Juha Mantila (Huoltovarmuuskeskus), Jukka Markkanen (MTK), Mika Hyövelä (Borel kasvinjalostus Oy) ja Mervi Seppänen (Helsingin yliopisto) ja Risto Uusitalo (Hankkija Maatalous Oy).

Tutkimusryhmän puolesta

Arja Nykänen

1 Taloudellinen näkökulma palkokasvien viljelyyn

Timo Sipiläinen, Kauko Koikkalainen, Aila Vanhatalo

Asiasanat: herne, härkäpapu, satovaihtelu, hintavaihtelu, mallintaminen, katetuotto, lineaarinen ohjelmointi, tilamalli, typensidonta

1.1 Johdanto

1.1.1 Tausta

Fossiilisen energian avulla valmistetun typen hinnan noustessa ilmasta typpeä sitovien kasvien suhteellinen kilpailukyky viljelykierrossa paranee. Tällöin biologisella typensidonnalla kannattaa korvata yhä enemmän väkilannoitteiden muodossa kasveille annettavaa typpeä. Yksittäisten typpeä sitovien kasvien suhteellinen kilpailukyky paranee, mutta myös sellaisten viljelykiertojen asema vahvistuu, joissa typensitojakasvien maahan jättämää typpeä voidaan käyttää seuraavien kasvien sadonmuodostuksessa hyväksi. Mikäli typen hinta on korkea, mutta viljan hinta matala, myös palkoviljojen suhteellinen asema paranee, mikä vaikuttaisi myönteisesti valkuaisväkirehujen omavaraisuuden lisäämismahdollisuuksiin. Jos fossiilisella energialla valmistettuja väkilannoitteita onnistutaan korvaamaan typensidonnalla lisäämättä muutoin energian tarvetta, myös huoltovarmuus energian suhteen paranee.

Luomutuotannossa kasvien käyttöön saatava typpi perustuu pääasiassa biologisen typensidonnan ja karjanlannan hyväksikäyttöön sekä viljelykierron avulla maaperästä saatavaan typpeen. Tavanomaisilla kasvinviljelytiloilla viljelykierrat ovat usein varsin yksipuolisia. Ainoa laajasti viljelyssä oleva muu kuin viljakasvi on lähinnä kevätrypsi. Tavanomaiset viljelyjärjestelmät perustuvat keskeisesti uusiutumattomista energialähteistä peräisin olevan typen hyödyntämiseen, ja ne ovat siten erittäin riippuvaisia fossiilisen energian saatavuudesta. Toisaalta tavanomaisessa viljelyssä kemiallisesti valmistettujen lannoitteiden kasvinravinteet on helpompi kohdentaa ja ajoittaa kasvatettaville kasveille niiden ravinnetarpeen mukaan kuin biologista typensidontaa hyödyntävissä viljelyjärjestelmissä. Biologisesti sidotun typen hyödyntämisen parantaminen seuraavien kasvien osalta onkin yksi tärkeä kehitettävä viljelytekniinen toimenpide.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin biologisen typensidonnan vaihtoehtoja ja arvioitiin myös, missä määrin biologista typensidontaa hyödyntämällä voitaisiin parantaa koko maataloustuotannon typpi- ja valkuaisomavaraisuutta. Samalla selvitettiin, millaiset olisivat typensidonnan taloudelliset edellytykset ja reunaehdot tässä suhteessa. Tarkastelujen avulla selvitettiin, miten ja missä määrin väkilannoitetypppeä voitaisiin korvata muilla typen lähteillä energian ja väkilannoitteen hinnan muuttuessa.

Tuotantojärjestelmien mallintamisen avulla etsittiin taloudellisesti ja ympäristön/energiatalouden kannalta parhaita tilatason vaihtoehtoja typen lähteiden hyödyntämiseksi sekä valkuaismuotannon kehittämiseksi.

1.1.2 Tavoite

Konkreettisenä tavoitteena oli:

1) Etsiä kustannustehokkaimpia viljelytekniikoita biologisesti sidotun typen hyväksikäytön lisäämiseksi ja valkuaisomavaraisuuden kasvattamiseksi.

2) Verrata viljelyjärjestelmien taloudellista tulosta sekä etsiä parhaan taloudellisen tuloksen tuottavat viljelyjärjestelmät kasvintuotanto- ja nautakarjatilaille eri hintasuhteiden vallitessa. Tarkastelussa otettiin huomioon myös tuotantojärjestelmien erilaiset riskit.

3) Arvioida millainen olisi typensidonnan potentiaali väkilannoitetypen korvaajana koko Suomen maataloustuotannon tasolla. Samalla pohdittiin käytettävissä olevia ohjauskeinoja, joilla potentiaalin hyödyntämistä voitaisiin lisätä.

1.2 Materiaalit ja menetelmät

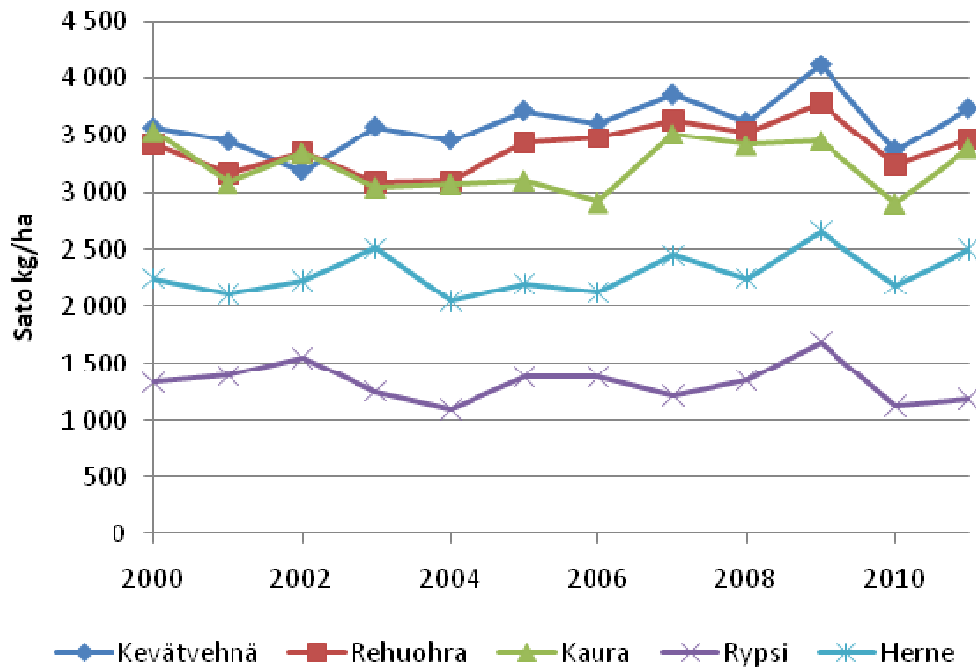
Tiettyjä viljelytekniikkavaihtoehtoja ja niiden tuottamaa hyötyä (mm. seosviljely, viherlannoitus) arvoitettiin yksittäisten koeasetelmien perusteella. Näiden kokeiden perusteella määritettiin palkokasvien arvo viljelykierrossa (esikasvivaikutus, seuraavan kasvin lannoitus, ilmasta sidotun typen osuus) sekä kasvin oman typensidonnan hyödyntämisen arvo. Palkoviljojen viljelyvarmuutta (riskiä) arvioitiin suhteessa viljakasveihin ja kevätrypsiin. Odotettuun tuottoon ja sen varianssiin vaikuttavat satovaihtelun lisäksi myös hinnat ja niiden vaihtelu sekä seuraavalle kasville käyttökelpoisen typen arvo.

Tilatason tuotantojärjestelmien mallinnus toteutettiin tilakohtaisten lineaaristen ohjelmointimallien (LP-mallien) avulla. Mallien vaatimat biologis-tekniset suhteet määritettiin aiempien ja hankkeen tutkimusten perusteella sekä asiantuntija-arvioiden avulla. Tilatason taloudellisissa laskelmissa huomioitiin tuotantojärjestelmien erilaiset viljelykierrot. Tarkastelussa erotettiin kasvinviljely- ja nautakarjatilat toisistaan. Vertailtavia tuotantovaihtoehtoja olivat luomu- ja tavanomainen tuotanto sekä niiden välimaastoon kuuluva laajasti biologista typensidontaa hyödyntävä, mutta myös tavanomaisen viljelyn keinoja käyttävä viljelyjärjestelmä. Muun muassa maalaji ja maan rakenne sekä peltolohkon sijainti vaikuttavat merkittävästi palkoviljojen viljelyedellytyksiin.

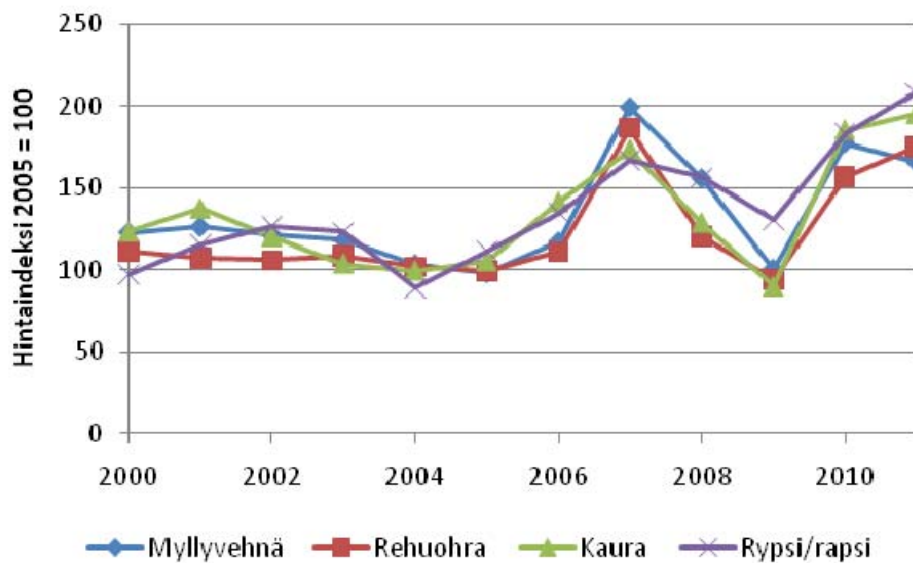
Vaikutuksia tarkasteltiin myös laajemmin yhteiskunnan näkökulmasta. Laskelmat aggregoitiin koko maan tasolle, jotta voitiin arvioida, millainen potentiaali palkokasvien typensidonnalla on koko maan tasolla. Samalla tuotettiin arvioita siitä, millaiset olisivat viljelyjärjestelmien muuttamisen kokonaisvaikutukset maataloustuotannon kannalta.

1.3 Kevätviljojen, rypsin ja palkoviljojen simuloitu sato- ja katevaihtelu

Viljelykasvien sadot vaihtelevat vuodesta toiseen sääolosuhteiden mukaan. Toisaalta tuotteiden hinnat vaihtelevat markkinatilanteen mukaan. Ensin mainittu vaihtelu kuvaa tuotantoriskiä ja jälkimmäinen hintariskiä, jotka saattavat toteutua toistensa kanssa eriasteisesti korreloiden. Viljojen satovaihtelu voidaan havaita mm. Maatalouden tietopalvelukeskuksen Tiken (2011) ylläpitämistä satotilastoista. Koko maan tasolla lasketut hehtaarisadot vaihtelevat vuodesta toiseen. Kevätvehnän, ohran ja herneen hehtaarisato on kasvanut trendinomaisesti, mutta kauran satotasoa on pysynyt jokseenkin samana ja rypsin keskisato on jopa laskenut (Kuva 1.1).



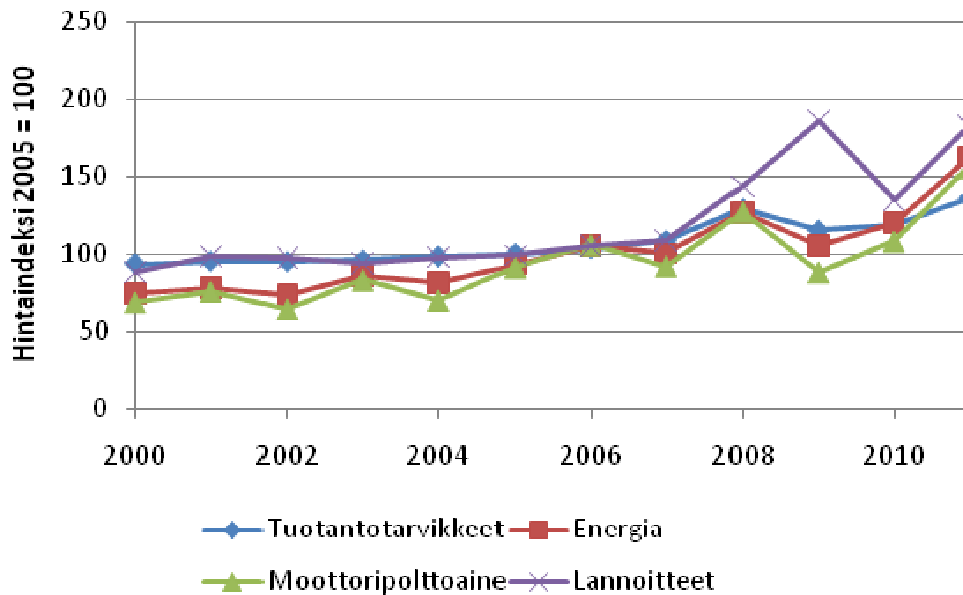
Kuva 1.1. Kevätviljojen, rypsin ja herneen keskimääräiset hehtaarisadot vuosina 2000 – 2011 (Tike 2011)



Kuva 1.2. Kevätviljojen ja öljykasvien hintaindeksit vuosina 2000 – 2011 / 4. neljännes (Tike 2011)

Vastaavana ajanjaksona tuotteiden hintavaihtelut ovat nähtävissä tilastoiduista hinta-/hintaindeksisarjoista (Tike 2011). Hintojen vaihtelu on vuoteen 2005 saakka ollut vähäistä, mutta sen jälkeen vaihtelu on ollut varsin voimakasta (Kuva 1.2). Kuvio osoittaa myös, että kasvinviljelytuotteiden hinnat ovat vaihdelleet vuositasonalla varsin samansuuntaisesti. Tämän vuoksi pelkällä kasvivalikoiman monipuolistamisella hintavaihtelulta ei voida suojautua, vaan tarvitaan muita keinoja.

Tuotantopanosten hinnat ovat vaihdelleet viime vuosina voimakkaasti kuten tuotteiden hinnat. Tämä voidaan todeta keskeisten tuotantopanosten osalta Kuvasta 1.3. Tässäkin sarjassa hintavaihtelut kasvavat vuosikymmenen puolivälin jälkeen kuten tuotteiden hintojen vaihtelu.



Kuva 1.3. Tuotantotarvikkeiden, energian, polttoaineen ja lannoitteiden hintaindeksi vuosina 2000 – 2011 / 1. neljännes (Tike 2011).

Kasvintuotannon kate (ilman tukia) määräytyy panosten ja tuotosten määrien ja hintojen perusteella. Esimerkiksi vuonna 2010 hehtaarisadot olivat alhaiset, mutta tuotteiden hinnat olivat melko korkeita vuoden lopulla, jolloin myyntituotto oli kohtuullinen. Saman vuoden ensimmäisellä neljänneksellä panoshinnat olivat laskeneet huipustaan, mikä helpotti kustannuspaineita edellisvuoteen verrattuna. Kasvintuotannon kannattavuus on riippuvainen myös kasveille maksettavan tuen suuruudesta. Jos tuki on kaikille kasveille samansuuruinen, se ei vaikuta niiden absoluuttiseen kannattavuuseroon. Tarkasteltavista kasveista öljy- ja valkuaiskasvien tuki oli vuonna 2011 A-tukialueella kuitenkin 46 euroa korkeampi kuin kevätiljoilla.

Vuotuisissa koko maan keskisatotilastoissa eri lohkojen ja alueiden satovaihtelut tasoittuvat, joten vaihtelu keskisadon ympärillä jää tilastojen mukaan melko pieneksi. Kevätviljoilla variaatiokerroin (keskihajonta jaettuna keskiarvolla) on 6–7 %, herneellä hieman korkeampi (8 %) ja rypsilä korkein, mutta sekin on vain noin 13 %. Alueellisten keskisatojen tarkastelussa vaihtelu on edellistä suurempaa. Vielä suurempaa vaihtelua on, jos käytetään tila- tai lohko-kohtaisia tietoja. Satotilastoja ei ole myöskään saatavissa kaikista kasveista. Esimerkiksi härkäpavusta tällaista tietoa ei ole käytettävissä. Tuloksia on niukasti koeaineistoissakin. Tämän vuoksi kevätiljojen, rypsin, herneen ja härkäpavun sato ja tuottovaihtelua tarkastellaan myös simuloidun aineiston avulla.

1.3.1 Aineisto ja menetelmät

Simulointi perustuu Tiken tilastoihin keskisatoihin, ja tarkastelu tehdään ainoastaan A-tukialueen satotasolla. Satovaihtelun perusteena käytetään Tiken tilastoaineistojen sijaan MTT:n koeaineistoista estimoitua vaihtelua. Vaihtelua määritettäessä on vakioitu koepaikan ja kasvijaikkeen vaikutus (Jauhiainen 2011). Vaihtelu sovitetaan satotasoihin käyttäen samaa variaatiokerrointa kuin koeaineistossa. Tällä perusteella määritettyä sadon keskipoikkeamaa käytetään simuloinnissa satovaihtelun keskipoikkeamana. Simuloitu data poimitaan normaalijakaumasta, jossa keskiarvo ja keskihajonta määrittävät normaalijakauman sijainnin ja muodon. Simuloinnissa poimitaan jakaumasta sata satoa. Kullakin kasvilla on siten oma jakaumansa, joka riippuu kyseisen kasvin keskisadosta ja hajonnasta (Taulukko 1.1).

Taulukko 1.1. Keskisato (kg/ha), sadon keskihajonta (kg/ha) ja variaatiokerroin

.	Ohra	Kaura	Kvehnä	Rypsi	Hpapu	Herne
Keskisato	4000	4000	4000	1500	2300	2500
Keskihajonta	1000	920	1040	1144	437	475
Variaatiokerroin	0.25	0.23	0.26	0.29	0.19	0.19

Kuten taulukosta voidaan havaita, hajonnat poikkeavat valtakunnallisten keskisatojen hajonnasta: herneen sadon suhteellinen vaihtelu on vähäisempää kuin muiden vertailussa mukana olevien muiden kasvien, vaikka lohkokohtaisessa tarkastelussa satovaihtelu on kaikilla kasveilla huomattavasti suurempaa kuin tilastoiduissa koko maan keskisatoaineistoissa.

Kasvien tuotto, muuttuvat kustannukset ja katetuotto lasketaan vuosille 2008–2011 kunkin vuoden hintoja käyttäen. Tuotteiden hinnat ovat kasvien tilastoituja vuotuisia keskihintoja, joista on vähennetty rahti vastaanottopisteeseen (Taulukko 1.2). Panosten käyttö on määritetty vastaavien satotasojen katelaskelmien pohjalta niiden kasvien osalta, joista laskelma on olemassa (Tuottopehtori 2012). Herneelle ja härkäpavulle laskelma laadittiin asiantuntija-arviona. Myös härkäpavun keskisato ja sen vaihtelu ovat arvioita, koska tilastoitua tietoa ei ole käytettävissä. Härkäpavun sadon oletettiin olevan 200 kg alempi kuin herneen ja sen satovaihtelun variaatiokertoimen oletettiin olevan sama kuin herneellä.

Herneen ja härkäpavun hintatiedot ovat puutteellisia. Havaintoja on käytännössä saatavilla vain talvelta 2011–2012. Tämän vuoksi herneen ja härkäpavun hinta määritettiin niiden energia ja valkuaisisällön perusteella käyttäen korvaavina rehuina rehuohraa, soija- ja rypsirouhetta sekä synteettisiä aminohappoja. Lineaarisen optimointimallin tuottamasta tilahinnasta vähennettiin rahtikustannus (20 euroa tonnia kohti). Näin laskien voitiin määrittää hinta yhtenäisin perustein myös aiemmille vuosille. Vuosien 2008–2010 panoshinnat muunnettiin 2011 hinnoista kutakin panostekijää vastaavia hintaindeksejä käyttäen. Hinnat on johdettu siten, että panoshinnat on määritetty kunkin vuoden ensimmäisen neljänneksen hintatasolla ja tuotteiden hinnat vuoden viimeisen neljänneksen hintatasolla. Siten hintasuhteet panosten ja tuotosten välillä kuvaavat tilannetta, jossa panokset ostetaan ja tuotteet myydään näinä ajankohtina.

Taulukko 1.2. Kevätviljojen, kevätrypsin, härkäpavun ja herneen hinnat vuosille 2008–2011 (€1000 kg)

	2008	2009	2010	2011
Ohra	141	75	93	146
Kaura	121	67	98	148
Kevätvehnä	170	97	123	169
Kevätrypsi	360	253	313	422
Härkäpapu	200	175	190	215
Herne	185	135	150	190

Taulukko 1.3. Muuttuvien kustannuserien hintaoletukset ja/tai hintaindeksit.

	2008	2009	2010	2011
Ostosiemen	113	112	103	113
Lannoite	148	190	136	189
Kalkitus	117	125	133	133
Torjunta-aine	97	113	101	95
Polttoaine	128	88	109	156
Kuivaus	128	88	109	156
Tuntipalkka (€/h)	14.3	14.5	14.7	14.9

Käytännössä hintasuhteiden muutos vaikuttaa panoskäyttöön ja siten odotettuun satoon. Simuloinnissa panoskäyttö ja odotettu sato pidetään kaikkina vuosina samana. Kustannukset muuttuvat ainoastaan hintojen muutoksen vuoksi. Siten laskelma ei ota huomioon lannoitustason sopeuttamista hintasuhteiden muuttuessa. Tällä olisi vaikutus lannoitusoptimiin ja sitä kautta myös satoon. Lannoitteen ja sadon hintasuhte vaihtelee esimerkiksi ohralla vuoden 2008 alle kolmesta vuoden 2009 yli seitsemään. Satofunktion muodosta riippuen tämä vaikuttaa lannoituksen taloudelliseen optimiin ja siten odotettuun satoon. Sato puolestaan vaihtelee simulointituloksen mukaan.

1.3.2 Simuloinnin tulokset

Simulointien keskeiset tulokset on koottu Taulukoihin 1.4 ja 1.5 vuosilta 2008–2011. Taulukoissa esitetään sekä katetuotto (myyntituotot – muuttuvat kustannukset työ mukaan lukien) ilman tukea ja tuen kanssa. Kuten taulukoista voidaan havaita, katetuotto ilman tukia on monena vuonna negatiivinen. Näin ollen varsinaisesta tuotannosta ei jää katetta kiinteinä pidetyille kustannuksille lainkaan. Tuloksista voidaan havaita myös, että ilman tukia lasketun katteen variaatiokerroin on huomattavasti suurempi kuin satovaihtelun variaatiokerroin. Vastaavasti tuki huomioon ottaen laskettu kate vaihtelee variaatiokertoimen perusteella vähemmän kuin sato.

Eri kasvien välillä on eroja, koska niiden sadon suhteellinen vaihtelu ei ole sama. Koeaineistoista määritetyn variaation pohjalta herneen ja härkäpavun sadon ja katteen vaihtelu on pienintä. Mikäli härkäpapu ja herne hinnoitellaan niiden energia ja valkuaisarvon perusteella, herne ja härkäpapu erottuvat taloudellisesti edukseen erityisesti vuosina, jolloin viljan hinta on ollut alhainen ja lannoitteiden hinta korkea. Tähän on kaksi syytä: vaihtoehtoisina valkuaisrehuina käytettyjen rouheiden hinnat ovat vaihdelleet huomattavasti vähemmän, koska rouhetta saadaan bioenergiaksi käytetyn kasviöljyn jalostuksen sivutuotteena, joten herneen ja härkäpavun hinta on vakaampi kuin muiden kasvien. Toiseksi palkoviljojen viljely ei vaadi niin paljon typpilannoitusta, joten typen hinnan nousu vaikuttaa tulokseen vähemmän kuin muilla kasveilla.

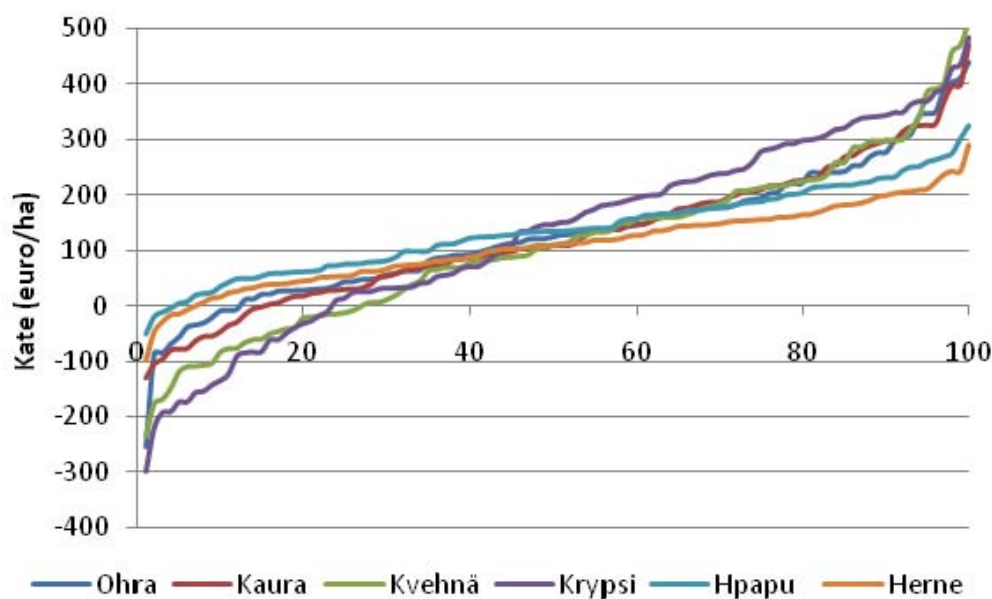
Taulukko 1.4. Kasvien katetuotot ilman tukea ja niiden vaihtelu vuosina 2008–2011.

	Ohra	Kaura	Kvehnä	Krypsi	Hpapu	Herne
2008						
Keskiarvo	176	101	190	106	151	141
Keskihajonta	120	103	157	149	73	70
Variaatiokerroin	0.68	1.02	0.83	1.40	0.48	0.50
2009						
Keskiarvo	-89	-113	-99	-88	105	37
Keskihajonta	61	55	88	105	65	51
Variaatiokerroin	-0.68	-0.48	-0.89	-1.20	0.62	1.39
2010						
Keskiarvo	19	50	49	62	153	88
Keskihajonta	76	83	112	130	70	57
Variaatiokerroin	3.98	1.65	2.27	2.10	0.46	0.65
2011						
Keskiarvo	130	127	110	130	135	107
Keskihajonta	121	126	152	175	78	71
Variaatiokerroin	0.93	1.00	1.38	1.34	0.57	0.66

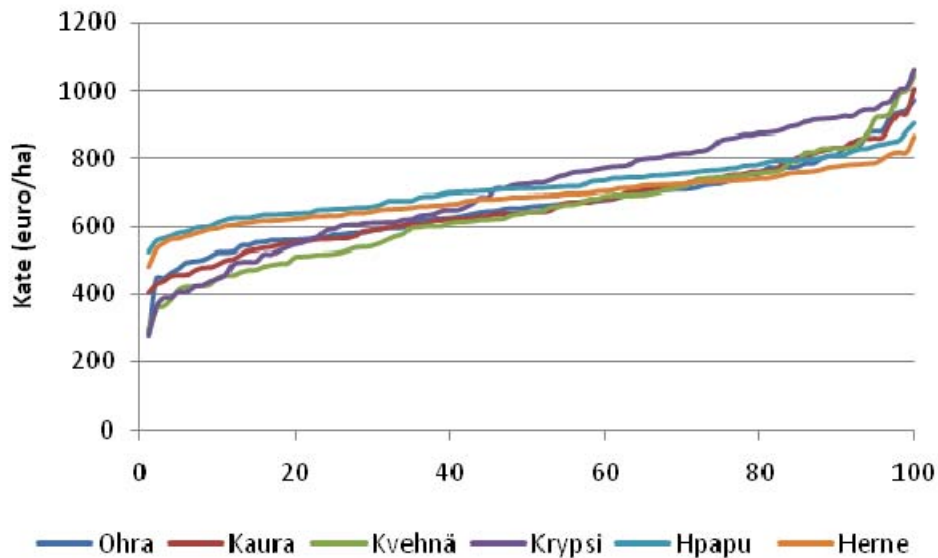
Taulukko 1.5. Kasvien katetuotot tuki mukaan lukien ja niiden vaihtelu vuosina 2008–2011

	Ohra	Kaura	Kvehnä	Krypsi	Hpapu	Herne
2008						
Keskiarvo	708	633	722	684	729	719
Keskihajonta	120	103	157	149	73	70
Variaatiokerroin	0.17	0.16	0.22	0.22	0.10	0.10
2009						
Keskiarvo	443	419	433	490	683	615
Keskihajonta	61	55	88	105	65	51
Variaatiokerroin	0.14	0.13	0.20	0.21	0.10	0.08
2010						
Keskiarvo	551	582	581	640	731	666
Keskihajonta	76	83	112	130	70	57
Variaatiokerroin	0.14	0.14	0.19	0.20	0.10	0.09
2011						
Keskiarvo	662	659	642	708	713	685
Keskihajonta	121	126	152	175	78	71
Variaatiokerroin	0.18	0.19	0.24	0.25	0.11	0.10

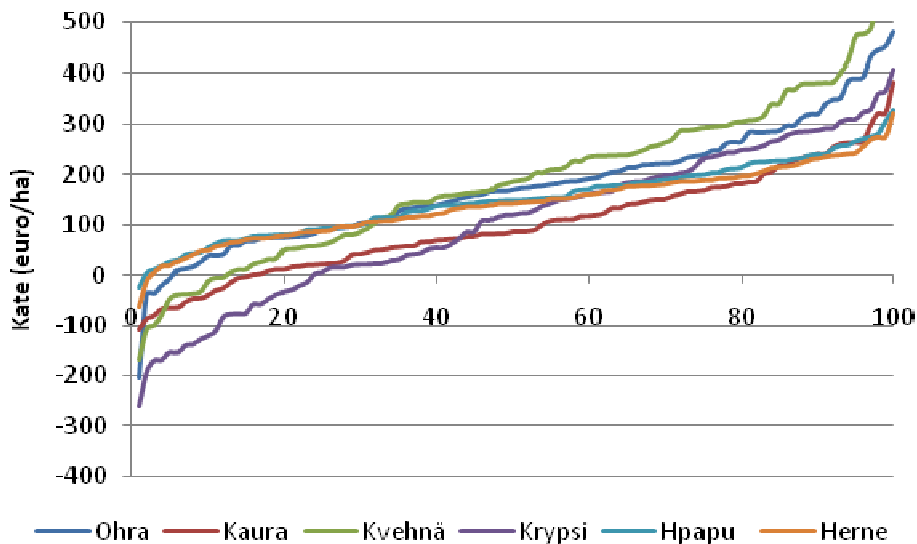
Simuloinnin tulokset esitetään myös Kuvina 1.4–1.5 sekä tuettomana että tuellisena katetuottona vuodelta 2011. Kuvat 1.6–1.11 havainnollistavat vastaavia katetuottoja vuosien 2008 – 2010 osalta. Kuvat havainnollistavat, että herneen ja härkäpavun katevaihtelu on pienintä sekä vuosien sisällä että vuosien välillä. Vastaavasti kevättrypsin vaihtelu on suurinta ja kevätvehnän toiseksi suurinta, mutta muutoin kevätviljojen katteet vaihtelevat hyvin samankaltaisesti. Työkustannus on otettu huomioon katetuottoa laskettaessa. Työkustannus on kasveilla lähes samansuuruinen, joten sen huomioiminen tai huomiotta jättäminen muuttaa kaikkien kasvien katteiden tasoa osapuilleen samalla tavalla.



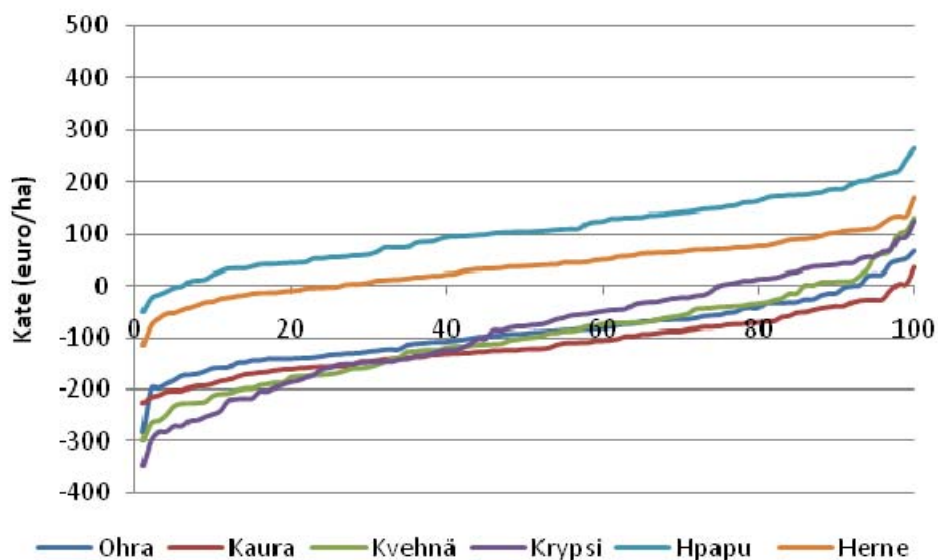
Kuva 1.4. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2011, ei sisällä tukea



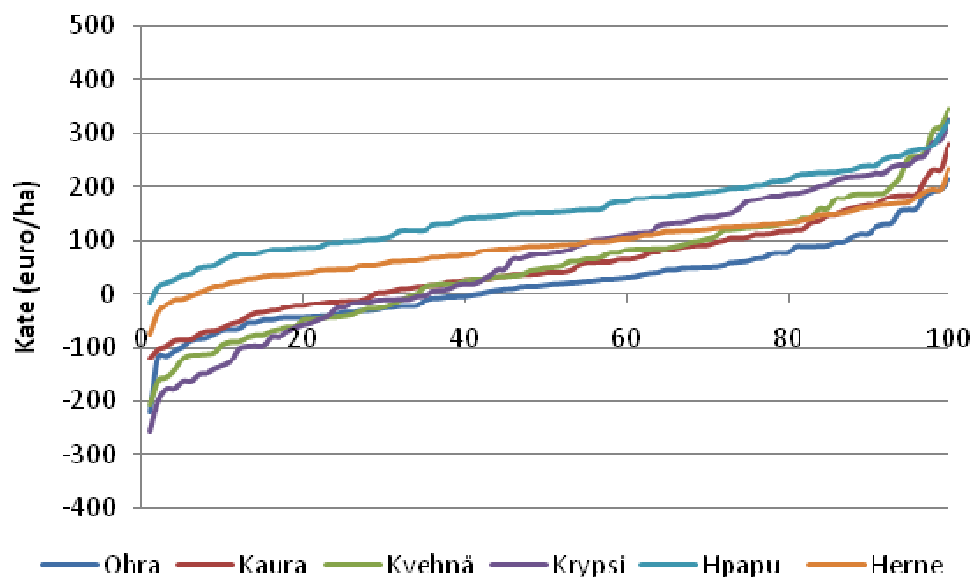
Kuva 1.5. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2011, sisältää tuen.



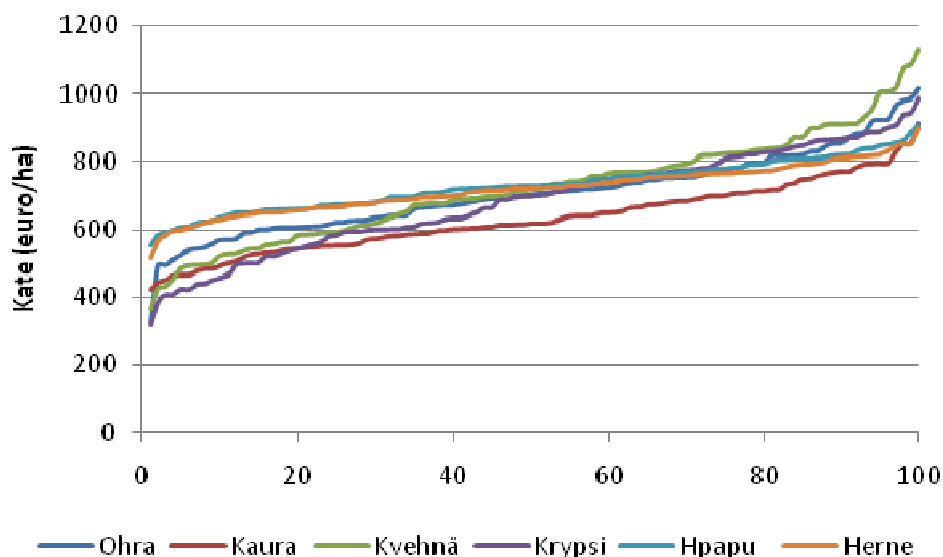
Kuva 1.6. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2008, ei sisällä tukea.



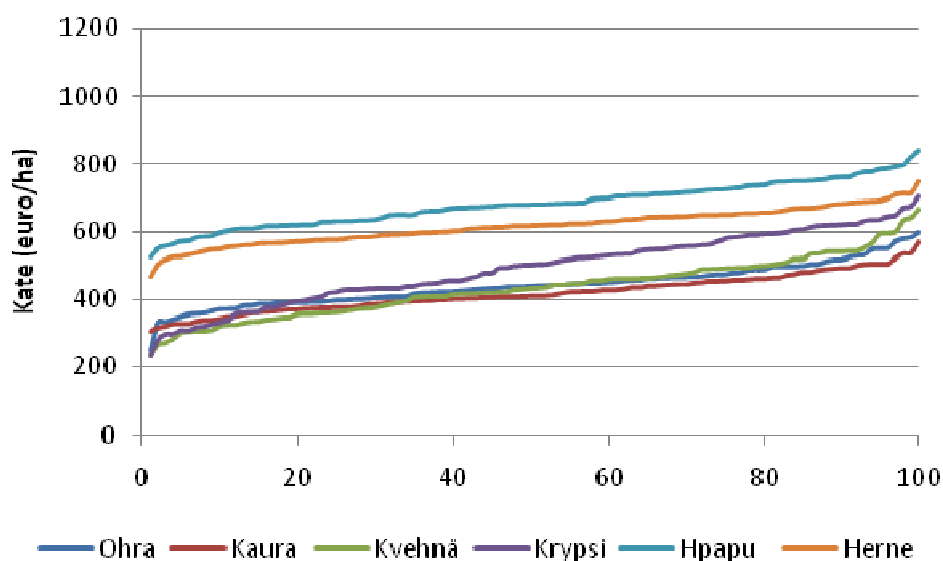
Kuva 1.7. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2009, ei sisällä tukea.



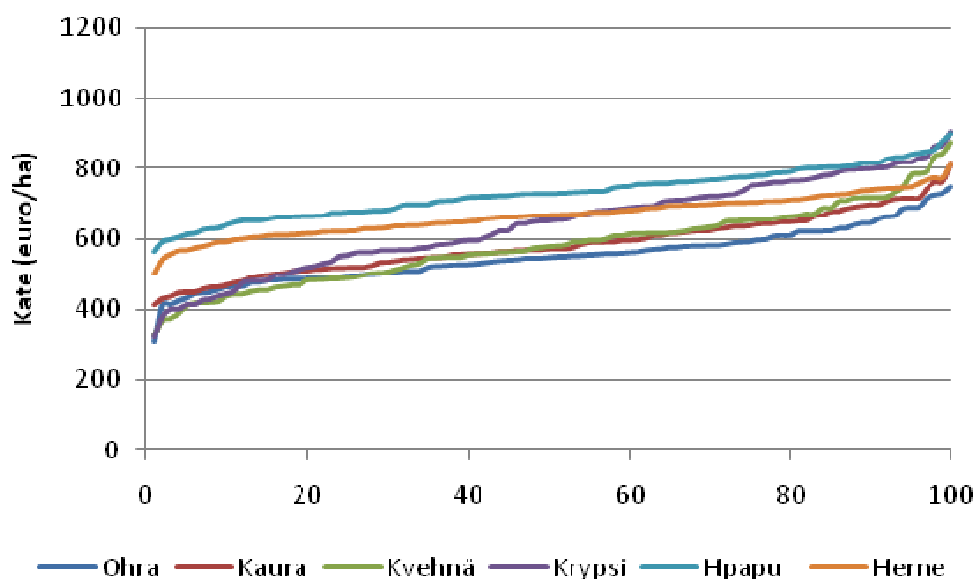
Kuva 1.8. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2010, ei sisällä tukea.



Kuva 1.9. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2008, sisältää tuen.



Kuva 1.10. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2009, sisältää tuen.



Kuva 1.11. Kasvien katetuottojakauma vuonna 2010, sisältää tuen.

1.3.3 Johtopäätökset

Herneestä ja erityisesti härkäpavusta on niukasti tilastoituja sato- ja hintatietoja käytettävissä. Niille ei myöskään ole saatavissa yleisesti sovellettuja vertailukelpoisia katelaskentapohjia kuten useille muille kasveille. Tämän vuoksi laskelmiin liittyy useita oletuksia, joiden vuoksi tulosten yleistämiseen on suhtauduttava varauksella. Laskelmissa oletettiin, että härkäpavun ja herneen suhteellinen satovaihtelu on yhtä suurta ja että härkäpavun satotaso on 200 kg/ha alempi kuin herneellä.

Härkäpapu ja herne osoittautuivat suhteessa kannattavimmiksi vuosina 2009 ja 2010, kun viljojen hinnat olivat alhaiset ja lannoitteiden hinnat olivat korkeat. Suurimmillaan hehtaarikohtainen kate-ero oli herneen ja härkäpavun hyväksi 200 euron luokkaa tuellisessa katetuotossa, joka sisältää valkuaiskasvituen. Noina vuosina muiden tekijöiden pysyessä ennallaan herneen ja härkäpavun sato voisi olla lähes 1 000 kg/ha alempi ja silti kate olisi ollut samansuuruinen kuin kevätviljoilla. Jos taas herneen ja härkäpavun hinta olisi 1 c/kg alempi, kate alenisi noin 25 euroa hehtaaria kohti. Tällöin sadon hinta olisi voinut olla noin 8 c/kg alempi ja tästä huolimatta kate olisi ollut samaa luokkaa kuin viljoilla.

Toisaalta vuosien 2008 ja 2011 hintasuhteilla katteet olivat jokseenkin samalla tasolla kaikilla kasveilla, joten mahdolliset yliarviot sadon määrässä ja/tai hinnassa pudottavat palkoviljojen tuloksen tavanomaisia viljakasveja heikommaksi. On kuitenkin huomattava, että laskelmissa ei otettu huomioon palkokasvien typensidonnän jälkivaikutusta, joka on sitä arvokkaampi, mitä korkeampi on typen hinta. Joka tapauksessa se parantaa palkoviljojen asemaa suhteessa muihin vertailun kasveihin. Toisaalta laskelmissa ei ole otettu huomioon myöskään tuotannon sopeuttamista hintasuhteiden muuttuessa: heikko sadon ja lannoitteen hintasuhteiden alentaisi lannoitusoptimia, mutta samalla myös odotettua satoa.

Hintamuutokset ovat olleet vaikeasti ennustettavia. Siten viljelijän on osin ollut vaikea sopeuttaa lannoitusta epävarmojen hintasuhteiden vallitessa. Kokonaistasolla hintasuhteiden muutoksen vaikutus lannoitteiden käyttöön on ollut odotetun suuntainen. Toisaalta myös riskin lisääntymisellä on taipumus alentaa panosten käyttöä, jos viljelijä on riskin karttaja, kuten yleensä oletetaan.

1.4 Palkokasvit maito- ja kasvinviljelytilan viljelykierrossa

Sekä maito- että kasvinviljelytiloilla on mahdollista tuottaa palkokasveja joko myyntiin tai rehuksi. Maitotiloilla keskeisesti hyödynnettävänä tyyppä sitovana rehuksena on apilapitoinen nurmi, mutta jossain määrin ruokinnassa voidaan hyödyntää myös palkoviljoja. Kasvinviljelytilalla keskeisesti hyödynnettäviä palkokasveja ovat palkoviljat, herne ja härkäpapu, mutta myös viherlannoitusnurmi. Erityisen keskeinen merkitys palkokasvien typensidonnalla on luomutuotannossa, jossa kasvien kasvun vaatimasta typestä on monesti niukkuutta.

Tämän osion tarkoituksena on tarkastella palkokasvien hyödyntämistä kahdella tilatyypillä: maitotilalla ja kasvinviljelytilalla. Nämä tilatyypit ovat yksinkertaistettuja malleja todellisuudesta, mutta rakennettujen mallien avulla eri tekijöiden vaikutusta voidaan tarkastella tilatasolla systemaattisesti. Perusajatuksena on selvittää tavanomaisen, palkokasveja hyödyntävän tavanomaisen ja luonnonmukaisen viljelyjärjestelmän taloudellisia edellytyksiä ja niiden tuottamaa taloudellista tulosta.

Tilatason tarkastelut tehdään tapaustyyppisesti kasvinviljely- ja maitotilalle sovellettuna. Panos- ja tuotossuhteiden lähtökohtana on ProAgrian (2012) Tuottopehtori –katelaskelmat. Niiden kasvien osalta (herne ja härkäpapu), joista laskelmia ei ole saatavavilla, on hyödynnetty MTT:n koejärjestelyissä sekä Helsingin yliopiston Hyvä Sato –hankkeessa sovellettuja panossuhteita. Vastaavasti näiden kasvien sadot on sovitettu suhteessa muihin kasveihin käyttäen hyväksi Tiken (2011) satotilastoja. Tarkastelut tehdään A-tukialueen sato- ja tukitasoilla.

Tuotteiden hinnat on määritetty neljän viime vuoden hintojen (2008 – 2011) perusteella. Panoshintoina on perusskenaariossa käytetty vuoden 2011 alkuvuoden hintatasoa. Katelaskelmia on muokattu vertailussa käytettyä tutkimusmenetelmää, lineaarista optimointia (LP), varten (Hazzell & Norton 1986; Rasmussen 2011). Herneen ja härkäpavun osalta hinta-arvioihin ei ole vastaavaa tilastomateriaalia käytettävissä kuin muiden hintojen osalta. Niiden hinnat perustuvat kahden viimeisen vuoden havaintoihin ja vastaavan rehuarvon omaavan, markkinoilla yleisesti noteerattujen rehujen hintojen ja rehuarvojen perusteella määritetyn, seosrehun hintaan. Tarkastelut on sovitettu A-alueen tukitason ja satojen mukaisiksi. Sovelletut katelaskelmat esitetään liitteessä x.

Kummassakin tilamallissa tavoitteena on kiinteille tuotannontekijöille saatavan katetuoton maksimointi tilakohtaiset rajoitteet huomioon ottaen. LP –malli on perusrakenteeltaan seuraavanlainen:

$$\text{Tavoitefunktio} \quad \text{Max } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

$$\text{Rajoitukset} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

jossa z on kokonaiskatetuotto (tavoitefunktio, jota maksimoidaan ja joka on peruste valinnoille), c_j on tavoitefunktion parametri (yksikkökatetuotto tai yksikköhinta) aktiviteetille j (esim. kauran viljely), x_j on päätösmuuttujan (prosessin eli aktiviteetin) laajuus (esim. hehtaarien tai eläinten määrä), a_{ij} on vakio- eli panoskerroin (ilmaisee resurssin i tarpeen yhtä aktiviteetin j yksikköä kohti), rajoiteyhtälöiden oikea puoli (RHS, right hand side) ilmaisee käytettävissä olevan resurssin b_i määrän, m on rajoitteiden lukumäärä ja n on aktiviteettien lukumäärä. Alin rajoite merkit-

see sitä, että aktiviteettien laajuudet eivät voi olla negatiivisia. (Ks. Hazell & Norton 1986.) Rajoitteisiin voidaan liittää myös taseyhtälöitä, joilla määritetään esimerkiksi rehuviljan tuotanto ja osto yhtä suuriksi tai suuremmiksi kuin rehun käyttö tilalla ja sen myynti tilalta. Taseyhtälöiden avulla myös yksikkökohtaiset tuet kytketään viljelylaajuuteen ja saatuun katteeseen. Vastaavanlaisia malleja on hyödynnetty myös Kovaherne –hankkeen taloustarkasteluissa (Juntti ym. 2005).

On huomattava, että LP-malli on melko rajoittava, koska mallin suhteet ovat lineaarisia ja kiinteitä. Lineaarisia suhteita voidaan muuttaa paloittain lineaarisiksi, mikäli esimerkiksi tuotantofunktion konkaavisuus panoskäytön suhteen halutaan ottaa huomioon. Panoskertoimia tai katteita voidaan myös muuttaa mallin ulkopuolella määritetyin perustein ja tuoda sitten uudet kertoimet LP-malliin. Herkkyysanalyysi on olennainen osa tarkastelua, jotta voidaan selvittää, miten herkästi ratkaisu muuttuu, jos jotakin tekijöitä muutetaan.

1.4.1 Kasvinviljelytila – palkokasvit osana tilan viljelyjärjestelmää

Tilatason tarkastelu eri kasvien viljelyn suhteellisesta edullisuudesta tehdään LP-tilamallilla, jossa tilan peltoala on 100 hehtaaria. Lisäksi tilan on mahdollista vuokrata peltoa 30 hehtaaria. Tavanomaisen viljelyn tilamallilla tarkastellaan, ovatko ja millä ehdoilla palkoviljat ja viherlannoitusnurmet ovat kilpailukykyisiä muiden viljelykasvien kanssa. Keskeisenä tarkastelukohteena on typpilannoituksen hinta, sillä lannoitetyypin hinnan nousun myötä biologisesti sidotun typen arvo myös kohoaa. Samasta tilasta laaditaan myös tilamalli, jonka tuotanto on luonnonmukaista.

Mallien kuvaus

Kasvinviljelytilalla maksimoidaan katetta kiinteille kustannuksille. Työ on tässä tapauksessa muuttuva kustannus, joten se otetaan huomioon mallin kustannuksissa. Oletus siten on, että työlle on vaihtoehtoisia käyttöä. Tilalla viljeltäviksi kasveiksi valittiin kevätvehnä, kevätrypsi, kaura, herne, härkäpapu ja viherlannoitusnurmi. Yhtälön yksi mukaan kate maksimoidaan muuttamalla viljelykasvien viljelylaajuutta. Tämä puolestaan vaikuttaa kunkin kasvin kokonaissatoon, josta siemenkäytön ylittävä määrä voidaan myydä, ja kasveista saadun tuen määrään, mutta myös tuotantoa rajoittavien resurssien käyttöön.

Tavanomaisten taseyhtälöiden lisäksi, joilla kuvataan sadon käyttö ja viljelylaajuuteen liittyvät tuet, rajoitteissa asetetaan viljelykiertorajoitteita. Mallissa oletetaan, että rypsiä voidaan viljellä korkeintaan joka viides vuosi. Edelleen hennettä, härkäpapua ja kevätrypsyä saa olla enintään neljänneksellä peltoalasta. Viherlannoitusnurmen määrä on puolestaan rajoitettu 50 prosenttiin koko peltoalasta. Vehnän, rypsin ja kauran ala tulee olla vähintään puolet koko peltoalasta, mutta kauran ala ei saa ylittää puolta koko viljelyalasta.

Kiertorajoitusten lisäksi palkokasvien esikasviarvo on arvioitu typen avulla siten, että kaikki kasvit on oletettu lannoitettavan tavanomaisesti ikään kuin jälkivaikutusta ei olisi lainkaan. Kun palkokasveja viljellään, niiden jälkivaikutus arvotetaan niiden seuraavan sadon lannoitusta korvaavan typen määrän perusteella. Vuoden 2011 kevään hintatasolla lannoitetyppikilon arvo oli euron luokkaa seoslannoitteiden hintojen perusteella määritettynä. Korkeimmillaan typen hinta on ollut kahden euron tasolla kiloa kohti. Jos typensitojakasveja ei viljellä lainkaan, niiden jälkivaikutus katteeseen on luonnollisesti nolla. Jos kyseisiä kasveja viljellään, kukin hehtaari tuottaa jälkivaikutuksen, joka kasvattaa katetta. Herneen ja härkäpavun jälkivaikutuksen oletetaan vastaavan 20 kg/ha typpeä ja viherlannoitusnurmen 40 kg/ha typpeä viljeltyä hehtaaria kohti.

Taulukko 1.6. Hinta- ja sato-oletukset, muuttuvat kustannukset sekä tuet tavanomaisilla ja luonnonmukaisella kasvinviljelytilalla (ohra ei ollut LP-pohjassa, ehkä voisi ottaa tästä pois)

Tavanomainen	Rehuohra	Rehukaura	Kevätvehnä	Kevätrypsi	Härkäpapu	Herne	Viherl.
Sato (kg/ha)	4000	4000	4000	1500	2300	2500	0
Hinta (€/kg)	0.135	0.135	0.154	0.350	0.215	0.190	-
Myyntituotto (€/ha)	540	540	614	525	495	475	0
Muuttuva kust. (€/ha)	435	443	525	482	364	331	42
Työkustannus (€/ha)	179	179	179	179	188	188	22
Tuki (€/ha)	532	532	532	578	578	578	532

Luonnonmukainen	Rehuohra	Rehukaura	Kevätvehnä	Kevätrypsi	Härkäpapu	Herne	Viherl.
Sato (kg/ha)	2400	2400	2400	750	1725	1875	0
Hinta (€/kg)	0.176	0.176	0.200	0.508	0.300	0.275	-
Myyntituotto (€/ha)	421	421	480	381	518	516	0
Muuttuva kust. (€/ha)	212	204	241	190	288	274	57
Työkustannus (€/ha)	209	209	209	209	218	218	22
Tuki (€/ha)	676	676	676	722	722	722	676

Toisin kuin useimmiten aiemmin herneestä tehdyissä vertailulaskelmissa, herneen ja härkäpavun siemenen oletetaan olevan osin tilalla tuotettua ja osin ostettua samaan tapaan kuin muidenkin viljojen siementen.

Tavanomaisen kasvinviljelytilan LP-ratkaisut

Tarkasteluajanjaksolla (vuoden 2011 ensimmäinen neljännes) typen kilohinta Yaran hintatietojen perusteella laskettuna oli noin 0,9 euroa. Tätä arvoa käytettiin perusskenaariossa typen hintaoletuksena. Tällöin kasvinviljelyn katetuotto oli yhteensä lähes 54 600 euroa. Puolet viljelyalasta on kevätvehnällä ja kauralla ja toinen puoli jokseenkin tasan herneellä ja viherlannoitusnurmella. Herneen ja härkäpavun katteet ovat tehtyjen oletusten mukaan lähes samansuuruiset: 13,60 euron parannus härkäpavun hehtaarikohtaisessa katteessa vaihtaisi tilan kasvivalikoimassa herneen härkäpapuun. Vielä lähempänä toisiaan ovat kevätvehnän ja kauran katteet, sillä kaura ja vehnän kate-ero on alle 2 euroa/ha kauran hyväksi. Rypsin katteen pitäisi kasvaa lähes 100 euroa, ennen kuin se syrjäyttäisi muita kasveja ratkaisussa. Vastaavasti noin 3,7 sentin kilohinnan nousu toisi rypsin mukaan ratkaisuun, joten vuoden 2011 hintatasolla rypsi olisi kilpailukykyinen ja tulisi mukaan optimiratkaisuun. Jälkivaikutustypen arvo on koko tilalla noin 1 760 euroa. Viherlannoitusnurmen käyttö ei muutu herkästi, sillä sen ala pysyy muuttumattomana, vaikka sen kate laskisi tai nousisi noin 50 eurolla. Oletettu pellonvuokra on 300 euroa. Perusratkaisussa tila voisi maksaa vuokraa enintään 489 euroa lisähehtaaria kohti, jota suurempaa vuokraa maksettaessa tilan tulos heikkenisi vuokrausta lisättäessä.

Laskelmissa on oletuksena, että lannoitteen käyttöä ei sopeuteta hintasuhteiden muutoksesta huolimatta, mutta lannoitteen hinta vaikuttaa kasvien katteeseen. Lannoitteen hintaa muutetaan eri skenaarioissa siten, että muiden ravinteiden kuin typen hinnat eivät muutu. Tällöin tilan tulos paranee lähes 900 eurolla, kun lannoitetypen hinta laskee puoleen perusskenaarioon verrattuna. Typen hinnan lasku ei aiheuta muutosta viljelysuunnitelmaan. Herne sisältyy viljelykiertoon maksimilaaajuudessaan tässäkin tapauksessa, mutta tyyppinä mitattu esikasviarvo on vain 880 euroa. Vaikka jälkivaikutus jätetään huomioon ottamatta ja palkoviljojen tuki on sama kuin muiden peltokasvien, kasvien viljelylaajuus ei muutu. Jos typen hinta on hyvin alhainen (0,45 €/kg), viherlannoitusnurmi sen sijaan jää pois optimiratkaisusta em. oletuksien toimien.

Taulukko 1.7. Tavanomainen ja luonnonmukainen 130 hehtaarin kasvinviljelytila

	Tavanomainen				Luomu	
	0.45	0.9	1.35	1.8		
Typen hinta (€/kg)	0.45	0.9	1.35	1.8		
Kate (€)	55 406	54 516	53 626	52 614	75 187	73 058
Viljelylaajuus						
Kevätvehnä (ha)	21.67	21.67	21.67	21.67	32.26	32.26
Kevätrypsi (ha)	0	0	0	0	10.59	26
Kaura (ha)	43.33	43.33	43.33	43.33	22.16	6.74
Herne (ha)	32.26	32.26	32.26	32.26	21.67	0
Härkäpapu (ha)	0	0	0	0	0	0
Viherl. nurmi (ha)	32.74	32.74	32.74	32.74	43.33	65
Jälkivaikutus-N (€)	880	1 759	2 640	3 519		
Viherlann. rajoite	50 %	50 %	50 %	50 %	33 %	50 %

Viherlannoitusnurmi tulee puolestaan kilpailukykyisemmäksi vaihtoehdoksi, kun typen hinta kohoaa ja typen jälkivaikutus otetaan huomioon. Jos typen hinta kohoaisi kolminkertaiseksi alkuvuoden 2011 tasosta ja muut tekijät pysyisivät ennallaan, puolet peltoalasta allokoitaisiin viherlannoitusnurmelle ja herne putoaisi pois ratkaisusta. On tosin huomattava, että tämä tarkastelu ei ota huomioon sitä, että myös optimipanoskäyttö muuttuu, kun hintasuhde lannoitteen ja sadon välillä muuttuu.

Jos typensitajakasveja ei hyödynnetä lainkaan, tavanomaisen kasvintuotannon kate on selkeästi heikompi kuin typensitajakasveja käytettäessä. Tämä käy ilmi Taulukosta 1.8.. Eroa on alhaisilakin typen hinnoilla, mutta ero kasvaa 9 500 euroon tilaa kohti, mikäli typpeä sitovia palkkasveja ei hyödynnetä lainkaan, vaikka typen hinta nousee.

Koska tulos on riippuvainen tehdyistä hintaoletuksista muiden oletusten ohella, katelaskelmat laadittiin myös siten, että verrattiin simulointimallien eri vuosien kasvituoiteiden hinnoin laadittuja LP-ratkaisuja toisiinsa niiden tuottaman katteen ja pellon eri kasveille allokoinnin osalta. Lisäksi laskelmat tehtiin käyttäen vuoden 2012 toukokuussa julkaistuja tuotteiden hintoja. Panoshintoina käytettiin kaikissa vaihtoehdoissa vuoden 2011 hintoja, joten katemuutokset kuvaavat ainoastaan tuotteiden hintojen vaihtelusta johtuvia katemuutoksia. Katteet maksimoitiin erikseen siten, että oletettiin työn olevan muuttuva kustannus, mikä tarkoittaa sitä, että työlle on vaihtoehtoista käyttöä, ja siten, että työ on kiinteä eli työlle ei ole vaihtoehtoista käyttöä. Jälkimmäisessä tapauksessa tarkastellaan käytännössä katetta omalle työlle ja pääomalle.

Taulukko 1.8. Tavanomaisen kasvintuotantotilan kate eri typen hinnoilla, kun typensitajakasveja ei hyödynnetä.

	Tavanomainen			
	0.45	0.9	1.35	1.8
Typen hinta (€/kg)	0.45	0.9	1.35	1.8
Kate (€)	52 237	49 370	46 502	43 142
Viljelylaajuus				
Kevätvehnä (ha)	86.67	86.67	86.67	86.67
Kevätrypsi (ha)	0	0	0	0
Kaura (ha)	43.33	43.33	43.33	43.33
Jälkivaikutus-N (€)	0	0	0	0

Taulukko 1.9. Tilan katetuotto ja pellon käyttö vuosien 2008 – 2011 tuotteiden keskimääräisin hinnoin sekä vuoden 2012 toukokuussa julkaistuin hinnoin (työkustannus muuttuva)

	2008	2009	2010	2011	2012/4
Kate (€)	57521	28418	38362	57602	59865
Pinta-ala (ha)					
Rehukaura				43.31	43.31
Kevätvehnä	97.74	50.00	97.74	54.41	
Kevätrypsi					26.00
Härkäpapu		24.81			
Herne	32.26		32.26	32.26	6.26
Viherl. nurmi		25.19			54.41

Taulukko 1.10. Tilan katetuotto ja pellon käyttö vuosien 2008 – 2011 keskimääräisin tuotehinnoin sekä vuoden 2012 toukokuussa julkaistuin hinnoin (työkustannus kiinteä)

	2008	2009	2010	2011	2012/4
Kate (€)	80588	51188	62483	81342	82517
Pinta-ala (ha)					
Rehukaura				43.31	43.31
Kevätvehnä	97.74	97.74	97.74	54.41	54.41
Kevätrypsi				26.00	26.00
Härkäpapu					
Herne	32.26	32.26	32.26	6.26	6.26
Viherl. nurmi					

Taulukot osoittavat, että katteet ja pellon allokointi vaihtelevat vuodesta toiseen, kun hinnat muuttuvat. Oletetuilla satotasoilla ja muuttuvilla kustannuksilla palkoviljat ja/tai viherlannoitusnurmi tulevat mukaan kaikkiin optimiratkaisuihin. Viherlannoitusnurmi sisältyy ratkaisuun vain muutamina vuosina, kun työkustannus on sisällytetty muuttuviin kustannuksiin. Jos työtä pidetään kiinteänä tekijänä, viherlannoitusnurmi ei sisälly mihinkään ratkaisuihin. Tämä johtuu siitä, että viherlannoitusnurmen työn tarve on huomattavasti vähäisempi kuin muiden kasvien. On lisäksi huomattava, että lineaarisessa optimointimallissa pienetkin katemuutokset saattavat aiheuttaa suuria muutoksia viljelykasvien suhteisiin, koska ilman rajoitteita pelto allokoidaan parhaan katteen tuottavalle kasville.

Luonnonmukaisen kasvinviljelytilan LP-ratkaisu

Luomukasvinviljelytila on samansuuruinen kuin tavanomainen kasvinviljelytila, joten tilalla on 100 hehtaaria omaa peltoa ja 30 hehtaaria vuokrapeltoa. Rajoitteet ovat samat kuin tavanomaisella kasvinviljelytilalla, mutta niiden lisäksi viherlannoitusnurmen ala rajoitettiin perusskenaariossa enintään kolmannekseen peltoalasta. Vastaavasti kevätvehnäala on rajoitettu enintään neljännekseen peltoalasta. Tämän lisäksi oletetaan, että satoa tuottaville kasveille levitetään lietelantaa 15 m³ hehtaarille. Sen levityskustannuksena käytetään 2,5 euroa kuutiota kohti.

Edellä mainituilla rajoitteilla peltoalasta neljännes käytettiin kevätvehnän tuotantoon (taulukko 1.7.). Mallissa sallittu maksimiala eli kolmannes peltoalasta viljeltiin viherlannoitusnurmea. Kauraa ja hernettä oli molempia reilut 20 hehtaaria ja kevätrypsiäkin yli 10 hehtaaria. Kokonaiskate oli huomattavasti, noin 20 000 euroa, korkeampi kuin tavanomaisessa kasvintuotannossa. Pääosa kate-erosta (yli 18 000 euroa) aiheutuu luomuviljelyn tavanomaista tuotantoa korkeammasta hehtaarituesta. Siten varsinaisen viljelytoiminnan tuottama kate on luonnonmukaisessa ja

tavanomaisessa tuotannossa lähes sama. Tämä on pitkälti seurausta myös tehdyistä oletuksista, sillä hinta- ja satoero-oletukset luonnonmukaisen ja tavanomaisen tuotannon välillä olivat seuraavat:

	Satoero	Hintaero
Viljat	-30 %	+30 %
Rypsi	-50 %	+45 %
Härkäpapu	-20 %	+50 %
Herne	-20 %	+50 %

Mikäli viherlannoitusnurmen osuuden enimmäisrajoitteeksi asetetaan 50 prosenttia kolmanneksen sijaan, muut palkokasvit jäävät kiertorajoitteiden vuoksi pois tuotantosuunnitelmasta. Tämän vuoksi kate alenee parilla tuhannella eurolla yksittäisen rajoitteen höllentämisestä huolimatta. Samalla kevättrypsin viljelyala kasvaa viidennekseen peltoalasta ja kaura-ala jää reiluun kuuteen hehtaariin.

1.4.2 Maitotila - palkokasvit osana tilan viljelyjärjestelmää

Tilatason tarkastelut eri ruokintavaihtoehtoista laaditaan keskikokoiselle maitotilalle, joka sijaitsee A-tukialueelle. Tilalla oletetaan olevan peltoa 70 hehtaaria ja lehmiä 35. Tilakoko ja pelto-/eläinsuhde vastaavat keskikokoista tai hieman keskikokoista suurempaa luomutilaa (Evara, luomutilasto 2012). Tarkastelussa verrataan eri ruokintojen ja niihin sovitun peltoviljelyn taloudellista edullisuutta toisiinsa nähden. Ruokintavaihtoehdot ovat luonnonmukainen apilasäilörehuvaltainen ruokinta, tavanomainen apilasäilörehuvaltainen ruokinta ja tavanomainen timoteinurminatavaltainen ruokinta. Ruokintamallit esitetään liitteessä x.

Mallien kuvaus

Tarkastelussa oletetaan, että maidontuottajat maksimoivat tuotannon katetta tuotantokapasiteettinsa eli lähinnä navetan koon ja hallinnassa olevan peltoalan puitteissa. Myös työn kokonaisuudelle on asetettu rajoite. Maksimointitehtävä ratkaistaan lineaarisella ohjelmoinnilla kuten kasvinviljelytilan tapauksessakin. Tehtävänä on siten maksimoida maitotilan kate lineaaristen rajoitteiden puitteissa.

Tehtävässä maksimoidaan katetta kiinteille kustannuksille, jotka aiheutuvat koneista, rakennuksista ja maasta. Katteesta on siten vähennetty muuttuvat kustannukset eläin- ja liikepääoman korko mukaan lukien sekä työkustannus. Maksimointi tehdään ehdolla, että tietyt rajoitteet (eläinmäärä, peltoala, työ) ja taseyhtälöt ovat voimassa (mm. rehun tarve, tuotanto ja ostot).

Mallit laaditaan siten, että kate voidaan maksimoida valitsemalla vaihtoehtoisesti kolmesta erilaisesta tuotantoteknologiasta: luonnonmukainen, tavanomainen apilavaltainen ja tavanomainen heinäurmiavaltainen. Näin voidaan etsiä parhaan katteen tuottava vaihtoehto. Tarkastelussa oletetaan, että karkeat rehut tuotetaan tilalla. Myös uudistuksen vaatimat hiehot kasvatetaan tilalla. Kaikissa ruokintavaihtoehtoissa lehmiä ja hiehoja laidunnetaan.

Luonnonmukaisessa vaihtoehdossa mukana on myös mahdollisuus viljellä hernettä tai härkäpapua mutta enintään viidenneksellä peltoalasta. Muissa vaihtoehtoissa viljellään nurmikasvien lisäksi tavanomaisesti rehuviljoja. Luomukotieläinvaihtoehdossa oletettiin, että lehmää kohti tarvitaan 10 % enemmän rakennuskapasiteettia kuin tavanomaisessa tuotannossa. Tästä johtuen eläinmäärä jää luomukotieläintilavaihtoehdossa pienemmäksi kuin tavanomaisessa tuotannossa. Myös maitotuotos oli 10 prosenttia alempi kuin tavanomaisessa tuotannossa.

Soveltuvien osin käytettiin ProAgrian (2012) katelaskelmapohjia vuodelle 2011 kuten kasvinviljelytilamalleissakin. Tavanomaisen viljelyn satotasoksi valittiin A-alueen keskimäinen satotaso, joka on rehuviljoilla 4000 kg/ha. Laskelmia täydennettiin luomukasvien sekä herneen ja härkähäpavun panos-tuotostiedoilla, koska kaikille kasveille katelaskelmapohjia ei ole saatavissa. Suhteellisten satotasojen ja hintojen määrittämisessä käytettiin tukena tilastoaineistoja ja niiden keskisatoja. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen tuotannon sato- ja hintaero-oletukset olivat viljojen, kevätrypsin ja palkoviljojen osalta samat kuin kasvitilmallissa. nurmikasvien osalta oletukset olivat seuraavat:

	Satoero	Hintaero
Apila-heinänurmi*	-20 %	
Laidun*	-30 %	
Maito	-900 l/v	+ 10 c/l

*niukasti lannoitettuun tavanomaisesti viljeltyyn apila-heinäseokseen verrattuna.

Sato- ja hintaero luonnonmukaisen ja tavanomaisen sadon välillä kumoavat siten osin toisensa, jolloin sadon arvo hehtaaria kohti on eri tuotantomenetelmillä lähellä toisiaan.. Käytetyt katelaskelmat on esitetty liitteessä x.

Maitotilamallien tulokset

Aluksi mallin annettiin valita vapaasti rajoitteiden puitteissa parhaan katteen tuottava tuotantoteknologiavaihtoehto. Parhaan katteen tuottavaksi osoittautui tehtyjen oletusten puitteissa luonnonmukainen tuotantovaihtoehto, jossa maidon luomulisä on 10 c/litra. Tällöin kate on yli 125 000 euroa. Olennaisen eron muihin tuotantoteknologioihin aiheuttaa luomumaidolle maksettu lisähinta. Kuitenkin vaikka luomumaidolle ei saataisi lisähintaa, luonnonmukaisen kotieläintuotannon tuen ansiosta luomumaidon tuotanto (koko luomu –vaihtoehto) tuottaa paremman taloudellisen tuloksen kuin tavanomainen maidontuotanto. Pelkästään kasvintuotannon ollessa luomua tai hyödynnettäessä apilaa rehuksena viljelyn ollessa muutoin tavanomaista kate on suurempi kuin tavanomaisessa heinänurmiin perustuvassa tuotannossa. Ero näiden vaihtoehtojen välillä on 3 000 – 5 000 euroa.

Luonnonmukaisella teknologialla rehuomavaraisuus ei täyty kuten tavanomaisen tuotannon vaihtoehtoisissa, vaan noin 14 hehtaarin luomutuotantoa vastaava rehumäärä joudutaan ostamaan tilan ulkopuolelta. Nurmialaa on riittävästi, mutta viljaväkirehua on ostettava. Pääosa ostettavasta rehusta on kauraa (Taulukko 1.13.). Jonkin verran on ostettava myös hennettä ja härkähäpää. Rehuomavaraisuuden saavuttaminen edellyttäisi kokonaan luonnonmukaisessa tuotannossa olevalta tilalta noin 84 hehtaarin peltoalaa oletetuilla sato- ja tuotostasoilla.

Taulukko 1.11. Tuotantovaihtoehtojen lehmäluku, maitotuotos, maidon hinta, tuet ja kate.

Tuotantovaihtoehto	Lehmä-luku	Maito-tuotos	Maidon hinta c/l	Ha- ja eläintuet	Kate
Koko luomu (+10 c/l maitoa)	32	252 318	52	72 306	125 563
Koko luomu (+ 0 c/l maitoa)	32	252 318	42	72 306	100 331
Peltoluomu	35	277 550	42	63 931	94 265
Tavanomainen, apila/heinänurmi	35	277 550	42	53 515	96 120
Tavanomainen, heinänurmi	35	277 550	42	53 515	91 104

Taulukko 1.12. Tuotantovaihtoehtojen pellon käyttö hehtaareina tilaa kohti

Tuotantovaihtoehto	Säilörehu	Hehtaaria				
		Laidun	Ohra	Kaura	Herne	Härkäpapu
Koko luomu (+10 c/l maitoa)	29	18	11	1	0	12
Koko luomu (+ 0 c/l maitoa)	29	18	11	1	0	12
Peltoluomu	32	20	7	0	0	12
Tavanomainen, apila/heinänurmi	24	13	24	9	-	-
Tavanomainen, heinänurmi	23	11	27	9	-	-

Taulukko 1.13. Rehuviljojen osto- ja myyntimäärät kiloina sekä ostolannoitetyypen käyttö tilaa kohti

Tuotantovaihtoehto	Ohra	Ostot(-) / myynnit(+)				LannoiteN
		Kaura	Herne	Härkäpapu		
Koko luomu (+10 c/l maitoa)	0	-21 396	-5 823	-626	0	
Koko luomu (+ 0 c/l maitoa)	0	-21 396	-5 823	-626	0	
Peltoluomu	-10 067	-26 300	-6 405	-2 602	0	
Tavanomainen, apila/heinänurmi	56 116	0	0	0	-5 343	
Tavanomainen, heinänurmi	66 021	0	0	0	-9 330	

Jos tila tuottaisi tavanomaista maitoa, mutta pellot olisivat luonnonmukaisessa tuotannossa, ostorehun tarve kasvaisi, koska lehmämäärä voisi tässä vaihtoehdossa olla suurempi kuin luomumaitovaihtoehdossa. Tässä tarkastelussa on oletettu, että maitotuotos on tällöin samalla tasolla kuin luomumaidon tuotannossa. Tila voisi parantaa katettaan lähes 2 500 eurolla myymällä luomuviljan ja ostamalla tarvittavan väkirehun tavanomaisesti tuotettuna.

Taulukosta 1.13. nähdään myös, että luomuvaihtoehdoissa ei käytetä ostolannoitetyypä lainkaan. Jos nurmissa hyödynnetään apiloiden typensidontaa, ostolannoitetyypä tarvitaan noin 5 300 kiloa. Jos biologista typensidontaa ei hyödynnetä lainkaan, typpeä tarvitaan lannoitukseen yli 9 300 kiloa. Siten jos typen kilohinta nousee yhdestä eurosta kahteen, typpilannoitekustannus nousee vastaavasti yli 9 300 eurolla, eli tilan kate pienenesi noin kymmenyksellä muiden tekijöiden pysyessä ennallaan. Toisaalta jos typen hinta laskisi noin 50 senttiin kilolta, tavanomaisen tuotannon kate nousisi peltoluomu-vaihtoehdon tasolle. On toki huomattava, että hinnanmuutokset typpilannoitteen ja sadon hintasuhteessa muuttaisivat käytännössä myös lannoitusoptimia ja sopeuttaisivat siten lannoitteen käyttöä. Näin ollen lannoitteen käyttö vähenisi käytännössä jonkin verran typen suhteellisen hinnan noustessa ja kasvaisi typen hinnan laskiessa. Tarkasteltavassa tapauksessa tavanomaista tuotantoa harjoittava maitotila kykee tuottamaan viljaa niin paljon tarvetta enemmän, että se kykenee kattamaan suurimman osan lannoitekustannuksestaan ohran myyntitulolla.

1.4.3 Johtopäätökset

Tehtyjen oletusten perusteella luomutuotanto olisi tavanomaista kannattavampaa. Kasvintuotannossa ero muodostuu pääosin tukierosta, koska satotasosta ja hinnoista tehdyt oletukset kumoavat suurelta osin tuottoeron viljelymenetelmien välillä. Luomuviljely perustuu biologisen typensidonnan hyödyntämiseen. Myös tavanomaisessa tuotannossa typensitojakasvien sisällyttäminen viljelykasvivalikoimaan pienentää huomattavasti typpilannoitteen hintamuutosten vaikutusta tilan tulokseen. Biologisesti sidotun typen arvo nousee samalla, kun keinolannoitetyypen hinta nousee.

Luomumaidontuotanto näyttää olevan tavanomaista kannattavampaa jopa ilman maidosta saatavaa lisähintaa. Ilman luomutukea ja lisähintaa kannattavuus olisi tavanomaista maidontuotantoa

heikompi. Myös pelkästään kasvinviljelyn osalta luomutuotantoa harjoittava maitotila tai biologista typensidontaa nurmissa hyödyntävä vaihtoehto ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä tavanomaisen heinäkasveihin perustuvan nurmituotannon kanssa. Ensin mainittujen kilpailukyky paranee, jos lannoitetypen hinta on korkea.

Laskelmien taustalla on lukuisia oletuksia, joten tuloksiin liittyy aina tapauskohtaisuutta tehtyjen oletusten mukaan. Muun muassa herneen ja härkäpavun kilohinnat ja osin sadotkin suhteessa laajasti viljeltyihin muihin kasveihin ovat jossain määrin arvionvaraisia. Kyseisille kasveille ei myöskään ole vastaavanlaisia katelaskelmapohjia kuin esimerkiksi yleisimmille viljakasveille. Sama koskee osittain myös luomutuotannon laskelmia erityisesti, kun tuloksia verrataan tavanomaisen ja luomutuotannon välillä. LP-mallin luonteeseen kuuluu se, että pienikin kate-ero esimerkiksi jonkin kasvin kohdalla saa mallin valitsemaan tämän paremman katteen tuottavan vaihtoehdon siihen asti, kunnes jokin rajoite rajoittaa se viljelylaajuutta. Tämän vuoksi tulosten herkkyyttä eri tekijöiden suhteen on tarkasteltu myös herkkyyksianalyysin avulla. Vastaavasti LP-ratkaisuja laadittiin myös erilaisten hintaoletusten pohjalta ja tutkittiin niiden vaikutusta lopputulokseen.

On toki huomattava, että palkoviljoille asetettu viljelyosuuden yläraja on neljänneksenviidenneksen tasolla tilamallin peltoalasta. Käytännössä kaikki peltolohkot tuskin soveltuvat palkoviljojen viljelyyn. Peltonen-Sainion ym. (2012) mukaan erilaiset rajoitteet huomioon ottaen palkoviljojen potentiaalinen osuus koko Suomen viljelyalasta jäänee alle viiden prosentin. Tähän suhteutettuna mallien antamat palkoviljojen viljelyosuudet ovat melko optimistisia käytännön toteutusmahdollisuuksien kannalta.

1.5 Arvio palkokasvien biologisesta typensidontapotentiaalista koko Suomen tasolla

1.5.1 Perusteet

Biologista typensidontaa arvioitiin typensidontakasvien viljelyn laajuuden perusteella. Tarkastelussa olivat nurmipalkokasvit, herne ja härkäpapu. Viljelylaajuudet määritettiin Tiken julkaisemien pinta-ala- ja satotilastoaineistojen ja asiantuntija-arvioiden perusteella. Kunkin edellä mainitun kasvin sadon ja kuiva-ainepitoisuuden mukaan määritettiin saatu kuiva-ainesato, jonka jälkeen laskettiin kuiva-aineen sisältämän typpimäärän mukaan hehtaarilta saatu typpisato sekä kasvimassasta että juuristosta. Biologisesti sidotun typen osuudeksi arvioitiin luomuviljelyssä 85 % ja tavanomaisessa viljelyssä 65 % asiantuntija-arvioihin perustuen. Kasvimassan ja juuriston sisältämä typpimäärä laskettiin yhteen, jonka jälkeen saatiin kunkin kasvin sitoma kokonaistyppimäärä. Kun kunkin typensitojakasvin sitoma kokonaistyppimäärä laskettiin yhteen ja jaettiin kokonaisviljelyalalla, saatiin keskimääräinen biologisesti sidottu typpimäärä viljeltyä peltohehtaaria kohti.

1.5.2 Nykyinen typensidonta

Nykyinen typensidonta arvioitiin erikseen luomutuotannossa ja tavanomaisessa tuotannossa. Taulukossa 5.2 olevien viljelylaajuuksien, kuiva-aineen sisältämän typpimäärän ja arvioidun biologisesti sidotun typpimäärän mukaan laskettuna keskimääräinen koko viljelyalalle laskettu biologisen typensidontan määrä on nykyään noin 5,0 kg/ha/vuosi. Maataloudessa käytetään keskimäärin väkilannoitetyypeä viljeltyä hehtaaria kohti noin 74 kg/ha/vuosi (Tike 2011). Biologisesti sidotun typen määrä on siten noin 7 % väkilannoitetypen määrästä. Väkilannoitteen ja biologisesti sidotun typen lisäksi karjanlannasta tulee tyypeä noin 40 kg hehtaaria kohti vuodessa. Kun tämä otetaan huomioon, on biologisen typensidontan osuus viljelyssä käytetystä kokonaistyppimäärästä alle 5 %.

Taulukko 1.14. Biologisesti tyypeä sitovien kasvien viljelylaajuus eri viljelytavoilla, kasvien tyypipitoisuus kuiva-aineesta ja arvioitu biologisen typensidonnan osuus kasvin kokonaistyyppisällöstä.

	Luomu	Tavanomainen	Tyyppi %	Biologisen typensidonnan osuus
Satonurmet	65 000 ha	55 000 ha	2,7	85% luomu/65 % tavanomainen
Herne	700 ha	3 500 ha	3,7	85 % luomu/65 % tavanomainen
Härkäpapu	700 ha	1 600 ha	4,8	85 % luomu/65 % tavanomainen
Viherlannoitusnurmet		62 000 ha	2,7	65 % tavanomainen

1.5.3 Typensidontapotentiaali

Typensidontapotentiaalia biologisesti sidotun typen osalta arvioitaessa tulisi pystyä määrittämään ensin biologiseen typensidontaan pystyvien kasvien maksimiviljelylaajuudet. Teoreettinen maksimi biologisessa typensidonnassa saavutettaisiin silloin, jos koko viljelypinta-alalla viljelttäisiin typensitojanurmia. Tällöin teoreettinen typensidontamäärä olisi noin 90 kg/ha, jos kaiken kasviin tulevan typen ajatellaan tulevan biologisen typensidonnan kautta.

Jos asiaa tarkastellaan nykyisen nurmialan (n. 600 000 ha), potentiaalisen herne- ja härkäpapu- alan (noin 100 000 ha, Peltonen-Sainio ym. 2012) sekä nykyisen viherlannoitusalan näkökulmasta, tulee koko viljelypinta-alaa kohti lasketuksi keskimääräiseksi biologisen typensidonnan määräksi vain noin 25 kg/ha/vuosi. Tämä edellyttäisi kaikissa nurmissa (varsinaiset satonurmet ja viherlannoitusnurmet) olevan mukana apilaa tai muita nurmipalkokasveja. Tällöin biologisen typensidonnan määrä olisi noin kolmasosa tämänhetkisestä väkilannoitetyypen käyttömäärästä.

Nurmien uusimisen jälkeen maahan jää biologisesti sidottua tyypeä juuriston ja kasvinjätteiden muodossa, jonka viljelykierrossa seuraavana tuleva kasvi pystyy hyödyntämään. Jos nurmet uusitaan neljän vuoden välein, olisi tällaista ”jälkivaikutusmaata” nykyisellä nurmiviljelyvolyymilla noin 150 000 ha. Herneen ja härkäpavun jäljiltä maahan jää myös hieman biologisesti sidottua tyypeä seuraavalle kasville. Viherlannoitusta varten perustetuista palkokasvinurmista jää suurin osa sidotusta tyypestä seuraavan kasvin lannoitukseksi (osa huuhtoutuu, haihtuu tai sitoutuu maahan). Viherlannoitusalan määrästä riippuen potentiaalista ”jälkivaikutusmaata” olisi noin 300 000 hehtaaria ylöspäin ja viljelykierrossa seuraavaksi tulevan kasvin hyödyksi tulisi noin 20-xxx kiloa/ha tyypeä. Nykyisin viljakasvien ja rypsin kokonaismäärä on noin 1,32 milj. ha (Tike 2011), joten vain noin neljäsosaa tästä viljelyalasta voitaisiin lannoittaa biologisen typensidonnan jälkivaikutuksella. Biologisen typensidonnan avulla ei siten pystyittäisi ylläpitämään nykyisen tyyppistä vahvasti viljantuotantoon keskittyvää kasvinviljelytuotantoa.

Todennäköisesti pelkkää biologista typensidontaa hyödyntävät nurmi-, herne- ja härkäpapakasvustot tuottaisivat nykyisin luomuviljelyssä saatavien satojen suuruisia satoja eli satomäärät olisivat noin 30 % tavanomaista tuotantoa pienempiä.

1.5.4 Johtopäätökset

Suomen maatalous pohjautui viisi- kuusikymmentä vuotta sitten vahvasti biologiseen typensidontaan ja väkilannoitetyypen käyttö oli vielä marginaalista, mutta voimakkaassa kasvussa. Nykyisin osat ovat vaihtuneet. Pääosa peltokasvien tarvitsemasta tyypestä tulee väkilannoitteista. Biologinen typensidonta edustaa alle viittä prosenttia maataloudessa vuosittain käytetystä typpimäärästä. Biologisen typensidonnan osuuden nostaminen vaatisi melko suuria muutoksia viljelykäytäntöihin ja viljelykasveihin. Biologisen typensidonnan teoreettinen maksimi Suomen olosuhteissa saattaisi olla noin 90 kg/biologisesti sidottua tyypeä/ha, jos kaikki viljelyala olisi typensitojakasvinurmien tuotannossa. Realistisempi potentiaalinen typensidontamäärä olisi noin 25 kg/ha jokaista viljelyhehtaaria kohti laskettuna. Tähän päästäisiin, jos nykyisellä nurmialalla kaikissa kasvustoissa olisi apila tai muu typensitojakasvi mukana, hennettä ja härkäpapua viljel-

täisiin niille sopivilla lohkoilla viljelykiertovaatimukset huomioon ottaen ja viherlannoituskasvustoja käytettäisiin typen tuotantoon nykyinen määrä. Tällöin biologisen typensidonnan osuus olisi noin kolmannes tällä hetkellä keskimäärin käytetystä väkilannoitetyypimäärästä.

1.6 Kirjallisuus

Evira, luomutilasto 2012.

http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot_ja_tietohaut/ Viitattu 2.5.2012

Hazell, P.B.R. & Norton, R.D. 1986 Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. MacMillan Publishing Company. New York. 400 s.

Jauhiainen, L. 2011. Yhteenveto lajikekoetuloksista: keskiarvot, varianssit ja kovarianssit. Sähköposti 26.7.2011

Juntti, L., Pihamaa, P. & Heikkilä, A.-M. 2005. Kotimaista valkuaista herneestä – Onko viljelyyn taloudellisia edellytyksiä. MTT:n selvityksiä 93. 34 s + liitteet.

Peltonen-Sainio, P., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Voutilainen, L., Niemi, J., Valaja, J., Jauhiainen, L. and Hakala, K. 2012. Potential and realities of enhancing rapeseed- and grain legume-based protein production in a northern climate. Journal of Agricultural Science.

ProAgria 2012. Tuottopehtori. <http://www.proagria.fi> Viitattu 3.4.2012.

Tike 2011. Maatilatilastollinen vuosikirja 2011.

Rasmussen, S. 2011. Production Economics. The Basic Theory of Production Optimisation. Springer-Verlag.

2 Herneen tukikasvit seoksissa

Hannu Känkänen, Heikki Jalli, Marja Jalli, Erja Huusela-Veistola ja Lauri Jauhiainen MTT Kasvintuotannon tutkimus

Asiasanat: Herne, valkuaiskasvit, palkokasvit, kaura, kääpiökaura, ohra, kevätvehnä, kasvinsuojelu, tukikasvi, sekaviljely

2.1 Taustaa

Herneen viljelyvarmuus on kehittynyt viimeisen puolen vuosisadan aikana suurin harppauksin, kenties enemmän kuin minkään muun peltokasvilajimme. Pääteettömän kasvutapansa vuoksi peltoherne kasvoi ennen metrikaupalla maata pitkin ja kukki pitkälle syksyyn. 1950-luvulla löydettiin mutantti hernemuoto, jossa lehdykät olivat muuttuneet kärhiksi. Jalostus alkoi kohdistua lehdyköiden osittaiseen korvaamiseen kärhillä ja korvakkeiden koon säätelyyn. Myös varren tyven vahvistaminen on ollut tärkeä jalostuskohde. Nykylajikkeet myös valmistuvat aikaisin. Ehkä herne onkin kehittynyt nopeammin kuin asenteet, sillä moni viljelijä pitää hernettä hankalampana viljeltävänä kuin se onkaan. Lakoutumisongelmaa ei silti pidä vähätellä, sillä pahasti lakoutuessaan herne on vaikea puitava, ja kustannukset niin korjuussa kuin kuivauksessakin kasvavat. Suurin este herneen viljelyn lisääntymiselle on sittenkin siitä maksettava alhainen hinta, ja etenkin kylvösiemenen korkea hinta suhteessa sadosta saatavaan korvaukseen.

Viljelyvarmuuden parantaminen johti jalostuksessa ensin täysin lehdettömiin lajikkeisiin. Kärhet kylläkin pitivät kasvustoa pystyssä, mutta lehtialan pieneneminen pienensi myös satopotentiaalia. Tavoitteeksi otettiin herne, jossa oli yhteyttävää lehtialaa mutta myös runsaasti kasvustoa pystyssä pitäviä kärhiä. Ensimmäinen suomalainen puolilehdetön lajike, Hankkijan Tammi, laskettiin kauppaan 1984. Se oli vielä tyvestään heikko, ja vasta myöhemmin tulleiden lajikkeiden myötä laonkesto parani. Nykyiset puolilehdettömät hernelajikkeet pysyvät pääsääntöisesti pystyssä (Känkänen 2011). Liian multavassa maassa tai kasvun kannalta erityisen edullisissa kosteusoloissa herne kuitenkin voi lakoutua. Riskin lakoutumiseen voi olettaa kasvavan herneen kehityksen siinä vaiheessa, kun paino kasvuston yläosissa kasvaa voimakkaasti palkojen täytyessä. Yhtä oletettavaa on, että runsaat sateet tuohon aikaan lisäävät huomattavasti laon mahdollisuutta. Asiaa ei ole kuitenkaan suoranaisesti todennettu vertaamalla olemassa olevaa tutkimusaineistoa ja sääaineistoja.

Tukikasvi voi auttaa herneen pystyssä pysymistä. Kontturi ym. (2005) totesivat vahvakortisen kauran vähentävän samassa seoksessa kasvaessaan herneen lakoutumista. He myös havaitsivat kauran kilpailevan hernettä voimakkaammin valosta ja arvelivat kokeissa käytetyn 7,5 % kauraosuuden siemenseoksen painosta olevan vielä liian suuri, kun tavoitteena on nimenomaan herne-sadon tuottaminen. Monipalko -hankkeen tukikasvikokeissa haluttiin toisaalta selvittää muidenkin kasvilajien käytön mahdollisuutta tukikasveina ja toisaalta tukikauran kylvön viivästyttämisen merkitystä. Siksi tukikasvin kylvötiheyden perusteena päädyttiin pitämään samaa 7,5 % tukikauran paino-osuutta siemenseoksessa kuin oli käytetty pienimpänä määränä aikaisemmissa Kovaherne -hankkeen kokeissa.

Peltolohkovalinnan, tukikasvin käytön ja rikkakasvien torjunnan lisäksi herneen pystyssä pysymistä voi varmentaa huolellisen kylvön ja riittävän siemenmäärän avulla. 1980-luvun kokeissa puolilehdettömille ja lehdettömille herneille sopi tiheämpi kylvö kuin lehdellisille lajikkeille

(Känkänen ja Kontturi 1988). Puolilehdetön Pika tuotti suurimman sadon, kun kylvötiheys oli 160 kpl m⁻². Kasviyksilöitä oli silloin 120 - 130 neliömetrillä. Riittävässä tiheydessä herneet pitivät toisiaan kärhien avulla paremmin pystyssä. Kylvötiheyden lisääminen lyhensi kasvuaikaa ja pienensi puintikosteutta. Typpipitoisuus nousi hieman ja muutenkin herneiden laatu parani. Siemenkustannus houkuttaa pienentämään kylvötiheyttä. Nykyään neuvotaan pyrkimään 110 - 120 taimen tiheyteen, mutta käytännössä kylvetään vain 120 itävää siementä neliömetrille, jolla määrällä on vaikeaa päästä tavoiteltuun kasvutiheyteen. Taloudellisessa mielessä kyseinen siemenmäärä lienee perusteltu, mutta biologisin perustein ei siementä enää kannata missään tapauksessa tuosta vähentää. Herneen kylvömäärää ei pidä vähentää myöskään tukikasvin käytön yhteydessä. Koska tutkimuksessa pyrittiin nykykäytäntöä vastaavaan herneen kasvutiheyteen, käytettiin myös nyt esiteltävissä tukikasvikokeissa edellä mainittua kylvötiheyttä.

2000-luvun hernekokeissa herne on mennyt lakoon melko harvoin. Tukikasvikokeiden kuluessa, kahden ensimmäisen kesän aikana lakoa turhaan odotellessa, heräsi kysymys lakoutumisen yleisyydestä ja sadeoloista, joissa lakoutumista yleensä tapahtuu. Hankkeen lopulla verrattiin 1970-luvulta asti kertyneen MTT:n herneaineiston lakotietoja sääaineistoihin. Lakoutumisen ja sateen ajoittumisen tilastollista riippuvuutta tarkasteltiin alustavasti.

2.2 Aineisto ja menetelmät

2.2.1 Tukikasvikokeet

Monipalko -hankkeen Jokioisten kenttäkokeissa verrattiin eri kasvilajeja herneen tukikasveina (koe 1) vuosina 2009–2011 sekä tukikauran eri kylvöaikoja (koe 2) vuosina 2009–2010. Tukiviljoiksi valittiin lajikkeita, joiden laonkesto on hyvä ja kasvuaika mahdollisimman lähellä Hulda – herneen kasvuaikaa. Tukiviljat ja niiden lajikkeet olivat Kaura (Peppi), kääpiökaura (Kontant), ohra (Tocada) ja kevätvehnä (Anniina). Kahtena ensimmäisenä vuonna tukikasveina kokeiltiin myös toisia palkokasveja eli 2009–2010 härkäpapua (Kontu) sekä 2009 valkolupiinia (Ludic) ja 2010 sinilupiinia (Boruta). Myös kokeen 2 kauralajikkeena oli Peppi.

Tukikauran osuus siemenseoksen kokonaispainosta vastasi 7,5 prosenttia, joka aiemmissa tutkimuksissa oli todettu tutkituista tukikauran kylvömääristä sopivimmaksi. Painoprosentti muunnettiin itävien siementen määräksi neliometriä kohti, joten jokaista tukiviljaa kylvettiin 67 kpl itävää siementä neliömetrille. Tukikasvia kylvettiin siten hieman yli yksi siemen kahta herneen siementä kohti.

Kokeessa 1 tukivilja kylvettiin välittömästi herneen kylvön jälkeen, ristiin herneeseen nähden ja normaaliin viljan kylvösyvyyteen. Kokeen 2 tukikauran kylvöajat olivat: 1) samana päivänä herneen kanssa, 2) juuri ennen herneen taimettumista ja 3) herneen ollessa 5 – 8 cm pitkää. Molemmissa kokeissa yksi koejäsen kasvoi ilman tukikasvia, toistoja oli neljä.

Kesällä 2009 tukikasvikokeet kylvettiin multavalle hietasavipellolle, jonka pH oli 6,7 ja toisena vuonna hiesusavipellolle, jonka pH oli 6,1. Vuoden 2011 tukikasvikokeen maa oli multavaa hiuesavea, pH 6,0. Vuoden 2011 koealue valittiin varta vasten sellaisesta paikasta, joka kokeuksen mukaan kasvaa rehevästi eikä kärsi helposti kuivuudesta. Myös sadetukseen varauduttiin, jotta edellytykset rehevälle kasvulle ja herneen lakoon menemiselle olisivat olemassa. Kaikissa kylvöissä typpilannoituksena annettiin 40 kg/ha, muut ravinteet annettiin maan viljavuuden ja herneen tarpeiden perusteella.

Kokeista laskettiin taimitiheydet, mitattiin kasvuston kehitystä eri tavoin kilpailutilanteen selvittämiseksi ja mitattiin siemensadot sekä sadon tärkeimmät laatutekijät. Lisäksi havainnoitiin herneen kasvitaudit ja tuhoeläinvioitukset taimettumis- ja palkovaiheessa.

Katetuottolaskelmissa käytettyjä tietoja

Tukikasvien siemenmäärät vaihtelivat vuosittain hieman, mutta määrät kiloina hehtaaria kohti olivat pyöristettynä seuraavia: kaura 30, kääpiökaura 25, ohra 40, kevätvehnä 25, härkäpapu 90 ja sinilupiini 40. Ensimmäisenä vuonna kokeiltiin valkolupiinia, mutta sen käyttö todettiin mahdottomaksi tässä tarkoituksessa. Palkokasvit jätettiin kokonaan pois tukikasvivalikoimasta vuonna 2011. Lannoitus tukikasvikokeessa oli vuonna 2009 ja vuonna 2010 200 kg/ha Pellon Y3 (20-3-8) ja vuonna 2011 310 kg/ha Syysviljan Y1 (13-7-13).

Seoskasvustoista rikkakasveja torjuttiin vuonna 2009 ja 2010 Basagran SG:llä (1,7 l/ha) ja vuonna 2011 Basagranilla (3 l/ha). Puhdaskasvustoista rikkakasveja torjuttiin Fenixillä (1,5 l/ha). Hernekääriäistä torjuttiin Karatella (0,05 kg/ha) vuosina 2010 ja 2011.

Laskelmissa käytettyjä hintoja:

Sertifioitu herneen siemen	0,65 euroa/kg
Herneen tilalla tuotettu siemen	0,37 euroa/kg
Sertifioitu tukiviljan siemen	0,37 euroa/kg
Tukiviljan tilalla tuotettu siemen	0,35 euroa/kg
Rikkakasvin torjunta-aine	70 euroa/ha
Kasvitautilien torjunta-aine	28 euroa/ha
Lannoitteen hinta	0,513 euroa/kg
Herneen myyntihinta	0,185 euroa/kg
Tukiviljan myyntihinta	0,170 euroa/kg

2.2.2 MTT:n herneaineisto

Herneaineistossa on yhteensä 280 koetta MTT:n eri koepaikoilta vuodesta 1970 eteenpäin. Kasvupaikasta on olemassa tiedot maalajista tärkeimpine viljavuustietoineen, mutta ei maan multavuudesta. Kokeiden toteuttamistiedoista otettiin käyttöön lannoitustiedot sekä kylvö- ja tuleentumispäivämäärät. Mitatuista muuttujista tarkasteltiin estimoituja keskiarvoja lakoprosentista, sadosta, kasvuston pituudesta ja kasvuajasta. Estimaatit laskettiin niin, että genotyyppien ja olosuhteiden vaikutukset saatiin eriteltyä jonka jälkeen tarkasteltiin vain olosuhteisiin liittyviä estimaatteja. Lakaisuus on arvioitu visuaalisesti lajikekoeohjeiden mukaisesti. Niiden mukaan lako on 0 %, kun kasvusto on koko ruudun alalta täysin pystyssä ja 100 %, kun se on täysin maata myöten laossa. Jos ruudusta puolet on maata myöten ja puolet täysin pystyssä, on lakaisuus 50 %. Toisaalta myös tilanteessa, jossa lakoa on koko ruudun alalla, mutta herne on vain puolittain painunut maata kohti, merkitään lakaisuudeksi 50 %. Näin ollen laon laadussa voi samalla lakaisuuden arvolla olla sävyeroja, mutta prosentiarvo kuvaa kuitenkin tyydyttävästi lakoa kussakin tilanteessa.

Sadesummaa ja keskilämpötilaa sekä kuukausittain että kuuden tuleentumista edeltävän viikon aikana tarkasteltiin mitattujen muuttujien yhteydessä. Varianssikomponenttitarkastelun avulla selvitettiin, miten eri tekijöillä voidaan selittää lako-, sato- ja kasvuston pituusaineistoissa esiintyvää vaihtelua. Lako osoittautui muuttujaksi, jonka vaihtelua voitiin muita muuttujia laajemmin selittää erilaisilla olosuhteisiin liittyvillä muuttujilla. Regressio- ja kovarianssianalyysyjä käytettiin selvittämään sekä olosuhteiden vaikutuksen suuruutta että merkitsevyyttä. Ensimmäisessä tilastollisessa mallissa olivat mukana kaikki säämuuttujat, maalaji (karkeat kivennäismaat ja savimaat), kasvuaika, pituus ja sato. Muuttujat, jotka olivat selvimmän ei-merkitseviä, poistettiin ennen uutta analyysiä. Analyysiä tarkennettiin toistamalla se uudella mallilla viiteen otteeseen, jossa vaiheessa katsottiin muuttujien keskinäinen korrelaatio eli eliminoitiin multikollineaarisuus. Kahdeksannen mallin jälkeen jäljellä oli seitsemän muuttujaa, jotka parhaiten selittivät lakoa. Näiden selittäjien osalta laskettiin lisäksi logistisella regressiolla riski sille, että herne menee joko 30 tai 60 –prosenttisesti lakoon.

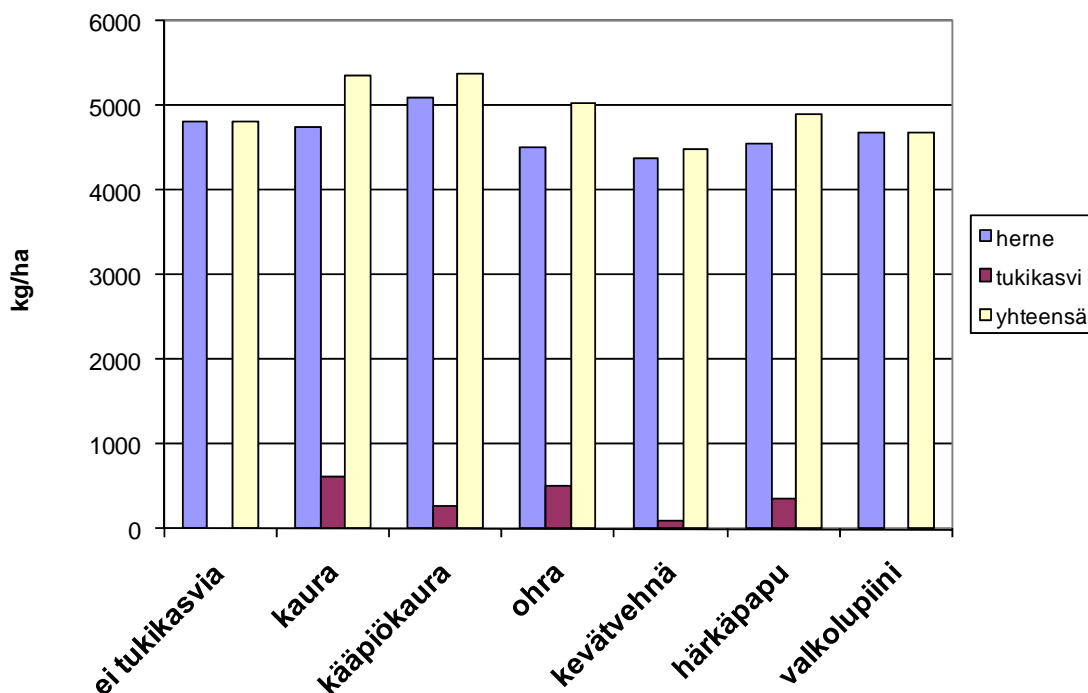
2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

2.3.1 Tukikasvikokeet 2009–2011

Kasvu ja sato

Herne kasvoi molemmissa tukikasvikokeissa rehevästi vuonna 2009. Kasvu oli hyvää alusta alkaen, sillä herneen taimitiheys oli lähes sama kuin kylvötiheys eli 110–120 kpl/m². Tukikasvien kasvutiheys jäi 60–80 prosenttiin kylvettyjen siementen määrästä. Tukiviljojen orastiheys oli 38–54 kpl/m², härkäpavun ja lupiinin taimia oli 15 kpl/m². Puhtaan herneen siemensato oli kokeessa 1 hieman alle 5 000 kg/ha ja kokeessa 2 noin 5 500 kg/ha. Kokeen 1 tukikasveista kaura tuotti siemensatoa noin 600, ohra 500, kääpiökaura 300 ja kevätvehnä vain noin 100 kg/ha. Palkokasveista härkäpavun siemensato oli noin 350 kg/ha mutta valkolupiini ei ehtinyt tuottaa siementä, ja se päätettiin vaihtaa seuraavana vuonna sinilupiiniin. Härkäpavun siemenistä noin kolmasosa ehti tulleentua herneen puintiin mennessä. Kokeen 1 tukikasvit eivät vähentäneet herneen satoa merkittävästi ja kokonaissato oli kaurujen ja herneen seoksissa suurin (Kuva 2.1). Se, että kaura ei pienentänyt herneen satoa, on kasvustonäytteen perusteella yllättävää, sillä kaura tuotti maan päällistä kuiva-ainebiomassaa 3 000 kg/ha eli kaksinkertaisesti muihin viljoihin nähden. Satokomponenttinäytteiden mukaan tukikasvit myös vähensivät herneyksilöiden palkojen määrää puhtaan kasvuston noin viidestä palosta tukikasvillisten 3,8–4,7 palkoon. Myös siementen määrä palkoa kohti väheni hivenen tukikasvien vuoksi. Kasvustonäytteissä tukikasvin merkitys voi tosin korostua, sillä näytteenotossa tietoisesti varmistettiin, että näytealalla (0,25 m²) kasvoi tukikasvia.

Kokeessa 2 herneen kanssa samana päivänä kylvetty kaura sen sijaan alensi herneen satoa noin 1000 kg/ha, selvästi enemmän kuin myöhemmät kylvöt. Tämän aikaisimmin kylvetyn kauran siemensato oli myös tässä kokeessa noin 600 kg/ha. Kauran sato pieneni jyrkästi kylvön viivästyessä ja viimeisen kylvöajan kaura kasvoi hyvin vaatimattomasti. Kummankaan kokeen yhdesäkään koeruudussa ei esiintynyt lakoa. Näin siis siitäkkin huolimatta, että Hulda ei ole nykyajikoiden laonkestävin, kasvusto oli rehevä, pelto melko multavaa ja palkojen täyttymisen aikaan saatiin viikon välein kaksi noin 10 mm sadetta.

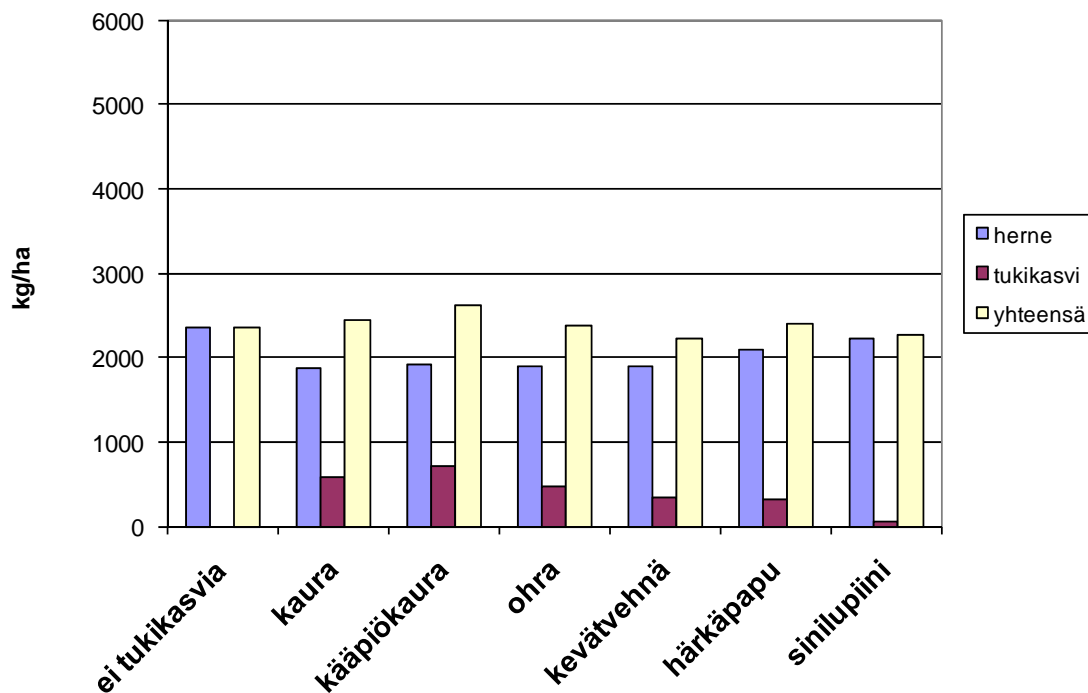


Kuva 2.1. Herneen ja tukikasvien siemensadot sekä näiden yhteenlaskettu siemensato (kg/ha) vuoden 2009 tukikasvilajeja verranneessa kokeessa.

Myös vuonna 2010 herne taimettui täydellisesti jonkin ajan kuluttua kylvöistä tulleiden sateiden ansiosta. Toisaalta runsaat sateet haittasivat taimivaiheessa, eikä kesä ollut herneen kasvun kannalta yhtä otollinen kuin edeltäjänsä. Siksi myös tukikasvien vaikutus herneen siemensatoon oli voimakkaampi kuin edellisenä kesänä. Palkojen määrä neliometrillä pieneni noin neljäsosan tukikasvien takia. Tukikasvien erot olivat siihen nähden pienehköjä. Vaikka tukikasvittomassa herneessä oli vain 3,0 palkoa kasviyksilöä kohti, oli se selvästi enemmän kuin tukikasvien seurassa. Palkoja per kasvi on vähiten, kun tukikasvina oli kaura (2,1) tai ohra (2,3). Muiden tukikasvien kohdalla palkoja oli 2,5–2,6. Siemeniä per palko oli eniten puhtaassa herneessä (3,4), mutta tukikasvien vaikutus oli usein pieni. Eniten siementen määrään vaikuttivat kaura (2,9 siementä palkoa kohti) ja vehnä (3,0).

Puhtaan herneen siemensato oli kokeessa 1 hieman alle 2 500 kg/ha ja tukiviljojen kanssa hieman alle 2 000 kg/ha. Kuten edellisenä vuonna, kauran haitallinen vaikutus herneen kasvuun näytti satokomponenttien perusteella muita tukikasveja suuremmalta, mutta puidun sadon perusteella eroa ei ollut. Kokeen 1 tukikasveista kaura tuotti siemensatoa lähes 600 kg/ha, ohra lähes 500 kg/ha, kääpiökaura noin 700 kg/ha ja kevätvehnä noin 330 kg/ha. Härkäpavun siemensato oli 310 kg/ha ja sinilupiinin vain 50 kg/ha. Kääpiökaura ja kevätvehnä näyttivät siis jonkin verran hyötyneen heikommasta hernekasvustosta edelliseen kesään verrattuna.

Herneen ja tukikasvin yhteenlaskettu siemensato oli nytkin kaurujen yhteydessä suurempi ja kevätvehnän yhteydessä hieman pienempi kuin puhtaan herneen siemensato (Kuva 2.2). Ohran ja herneen sekakasvuston yhteenlaskettu sato oli samaa luokkaa kuin puhtaan herneen. Vaikka herneen ja härkäpavun yhteissato oli jo toisena kesänä vähintään samaa luokkaa kuin pelkän herneen sato, ei härkäpavun viljely pelkästään tukikasvitarkoituksessa vaikuta mielekkäältä. Sen sijaan herneen ja härkäpavun tasaväkisemmän sekaviljelyn tutkiminen voisi olla perusteltua, kunhan lajikkeiden kasvuajat olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Herneen puinnin aikaan vasta osa sinilupiinin paloista oli ruskettunut, suurin osa oli vielä vihertäviä. Tukikasvikäytössä sinilupiini ei vaikuttanut lupaavalta, vaikka asiaa ei päästyä todentamaan herneen pysyessä muutenkin pystyssä.



Kuva 2.2. Herneen ja tukikasvien siemensadot sekä näiden yhteenlaskettu siemensato (kg/ha) vuoden 2010 tukikasvilajeja verranneessa kokeessa.

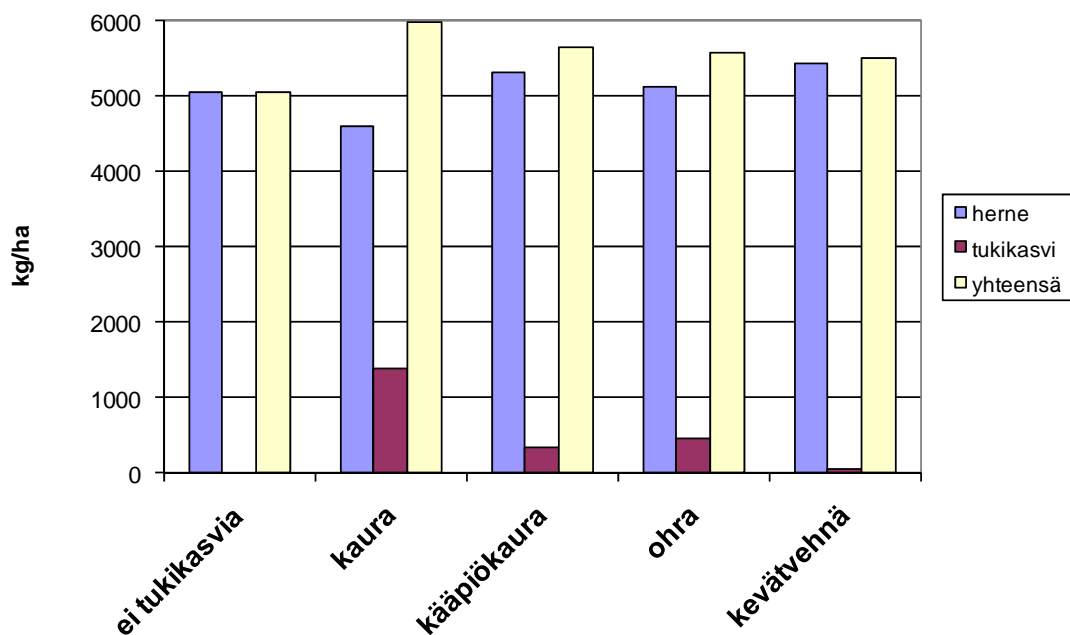
Kokeen 2 myöhempiä tukikauran kylvöjä ei päästy tekemään suunnitelman mukaisesti, koska ensimmäisen kylvön jälkeen sää muuttui hyvin sateiseksi. Toinen ja kolmas kauran kylvö myöhästyi niin paljon, että kaura ei tuottanut siemensatoa lainkaan. Herne kärsi märkyydestä ja kasvu vaihteli koealueen sisälläkin. Suureen vaihteluun nähden koejäsenten välillä ei ollut merkitseviä eroja, koejäsenten keskimääräinen siemensato oli välillä 1790–1960 kg/ha. Kahden vähemmän märkyydestä kärsineen kerranteen perusteella tosin puhtaan herneen siemensato oli 300 kg/ha suurempi kuin herneen, jonka seuraksi oli samana päivänä kylvetty kauraa. Myöhästyneet tukikauran kylvöt eivät siis sinänsä haitanneet herneen kasvua, mutta kauran kasvu oli niissä vaatimatonta tai se ei kasvanut lainkaan.

Kokeessa 1 ei myöskään kesällä 2010 ollut lainkaan lakoa. Kokeessa 2 lakoa oli lähinnä kentän etureunan kahdessa kerranteessa, jotka erityisesti kärsivät alkukesän runsaista sateista. Herne jäi harvaksi ja heikkokasvuiseksi, jolloin vierekkäisten kasviyksilöiden kärhetkään eivät ylettyneet toisiaan tukemaan, vaan kasvit painuivat maata vasten. Siellä missä herne oli kasvanut paremmin, ei lakoaakaan ollut. Siten myös vuoden 2010 osalta voidaan todeta, että normaalikasvuinen herne ei mennyt lakoon, eikä tukikasvi vaikuttanut asiaan.

Vuonna 2011 lakoutuminen pyrittiin varmistamaan sijoittamalla koe alueelle, joka viljelykokeusten mukaan kasvoi yleensä rehevästi eikä kärsinyt helposti kuivuudesta. Multavuodeltaan tämä hiuesaveksi määritelty maa tosin oli vastaavanlaista kuin ensimmäisen kesän koealue eli luokassa ”multava”, humuspitoisuuden ollessa hieman yli 5 %. Sadetukseenkin oli varauduttu, mutta sateet kesän mittaan auttoivat herneen rehevään kasvuun.

Kesällä 2011 herne kasvoi erittäin hyvin. Taimitiheys oli jälleen lähellä kylvötiheyttä, 106 – 117 kpl/m². Tukiviljojen orastiheys oli 44–61 kpl/m². Multava maa sietäi hyvin alkukesän lievän kuivuuden ja sen jälkeen sateita saatiin sopivasti. Herne kasvoi tavallista pidemmäksi ja palkoja kehittyi runsaasti. Runsaat sateet palkojen täyttymisen aikaan varmistivat sen, että herne alkoi mennä lakoon.

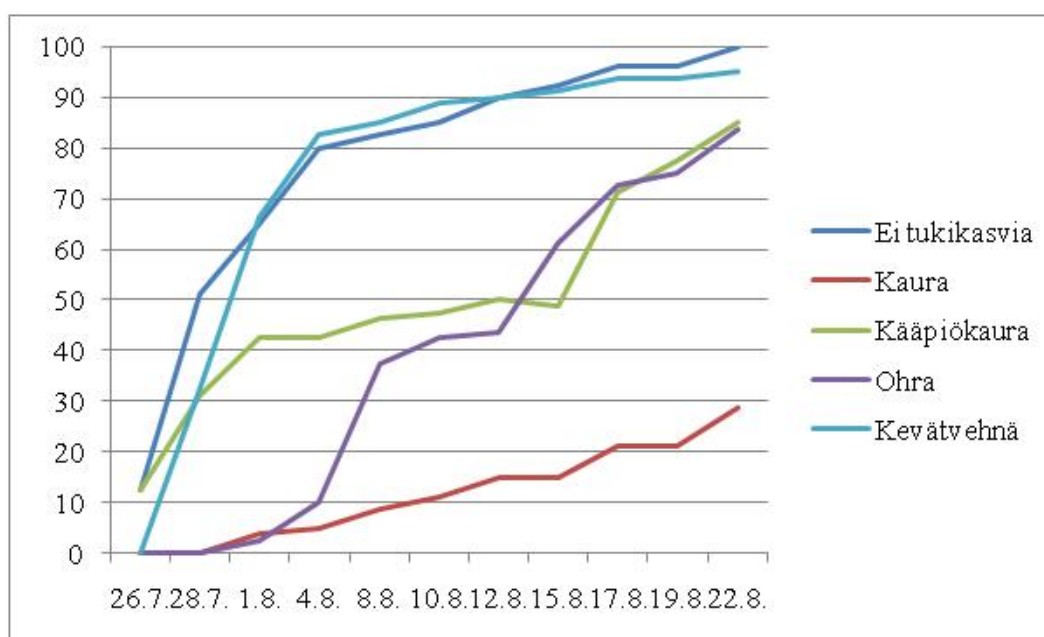
Puhtaan herneen siemensato oli noin 5 000 kg/ha. Tukikasveista kaura pienensi herneen siemensatoa lähes 500 kg/ha mutta muiden tukikasvien joukossa herneestä puitiin jopa hieman puhdas-kasvustoa suurempi sato. Tukikasveista kaura tuotti ylivoimaisesti suurimman siemensadon, lähes 1 400 kg/ha. Ohra tuotti siemensatoa noin 450, kääpiökaura 330 kg/ha ja kevätvehnä vain noin 60 kg/ha. Kaikki sekakasvustot tuottivat suuremman sadon kuin herneen puhdaskasvusto. Suurin oli herneen ja kauran yhteissato, 6 000 kg/ha (Kuva 2.3).



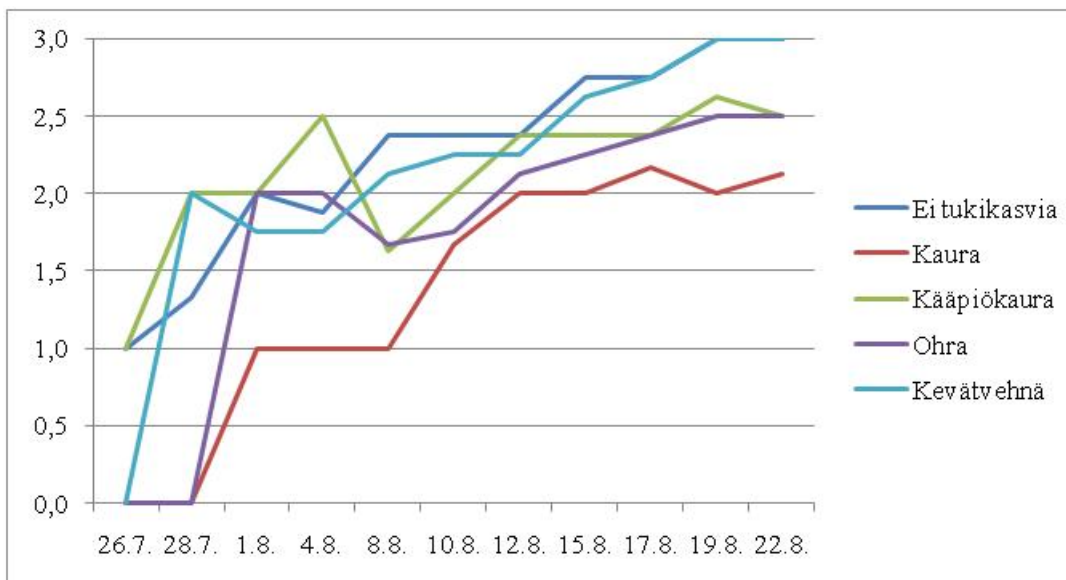
Kuva 2.3. Herneen ja tukikasvien siemensadot (kg/ha) sekä näiden yhteenlaskettu siemensato vuoden 2011 tukikasvilajeja verranneessa kokeessa.

Lakoutuminen v. 2011 kokeessa

Herneen lakoutuminen vuoden 2011 tukikasvikokeessa alkoi tukikasvittomasta ja kääpiökauraa tukikasvina kasvaneesta koejäsenestä 26.7., herneen kehitysteella 80 eli juuri kun palot olivat turvonneet täyteen kokoonsa. Tukikasvittoman herneen ja ruutujen, joissa tukikasvina oli kevätevehnä, lakaisuus kasvoi nopeasti tämän jälkeen (Kuva 2.4). Tämä oli loogista, sillä edellisinä kesinäkin herneen seassa heikosti menestynyt kevätevehnä kasvoi kesällä 2011 erittäin vaatimattomasti. Kaura tukikasvina esti herneen lakoutumista varsin hyvin. Tavallista korkeammaksi kasvanut herne vei tehon kääpiökauralta; se esti herneen lakoa vain, kun herne ei ollut aivan pimmillään. Ohra piti hertettä pystyssä pidempään kuin kääpiökaura, vaikka lopulta lako niiden kesken oli samaa luokkaa.



Kuva 2.4. Herneen lakaisuuden (% koko kasvustosta) kehittyminen ilman tukikasvia ja eri tukikasvien kanssa neljän viikon kuluessa lakoutumisen alkamisesta vuonna 2011.



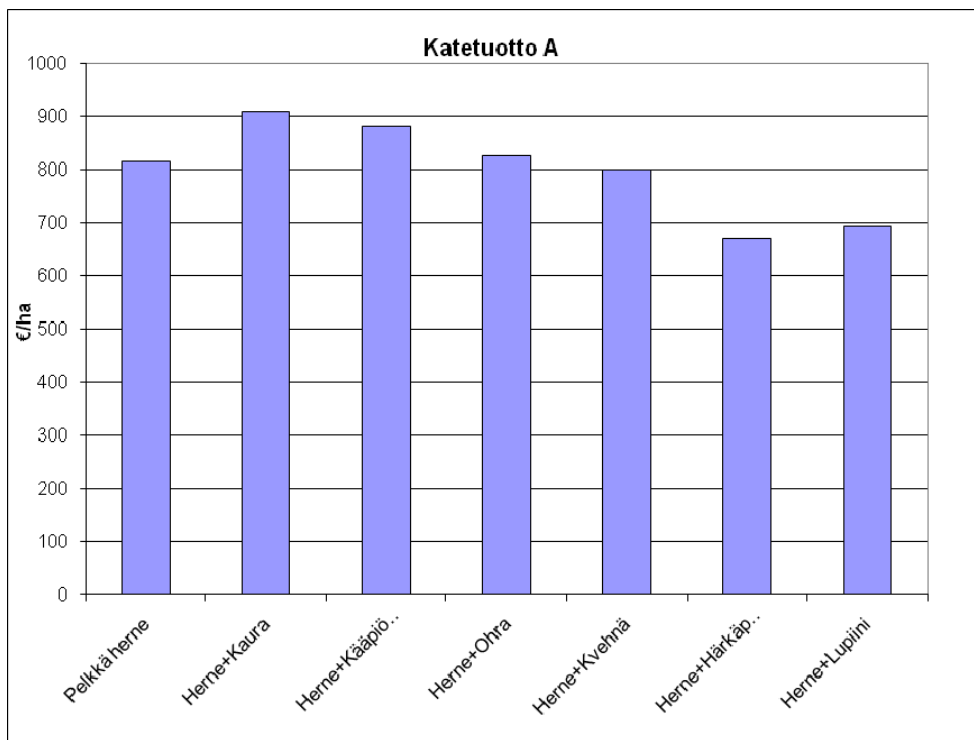
Kuva 2.5. Herneen laon voimakkuus neljän viikon aikana ennen täystuleentumista ilman tukikasvia ja sen kanssa niissä koeruudun osissa, joissa herne ei ollut täysin pystyssä vuonna 2011. Aivan maata myöten = 3, painunut melko lähelle maata = 2 ja painunut jonkin verran = 1.

Myös laon voimakkuudessa oli koejäsenten välillä eroja. Lakoon menneen kasvuston osalta annettiin laon voimakkuudesta arvo yhdestä kolmeen. Arvot olivat pienimmät, kun kaura oli tukikasvina (Kuva 2.5). Myös ohra ja kääpiökaura autoivat hieman hennettä pysymään irti maan pinnasta, mutta kevätvehnän kanssa lakoherne oli lopulta kokonaan maata myöten kuten puhdas-kin herne.

Tulokset vahvistavat aiempaa käsitystä kauran soveltuvuudesta herneen tukikasviksi (Kontturi ym. 2005). Aikaisemmassa Kovaherne –hankkeessa saatiin myös kääpiökaurasta lupaavia tuloksia. Tässä esiteltujen tukikasvikokeiden perusteella kääpiökaura soveltuu useimmiten hyvin seokseen herneen kanssa, mutta hyvin rehevään ja varsien pituutta lisäävään herneen kasvuun johtavissa oloissa kääpiökauran kyky pitää hennettä pystyssä näyttää tavallista kauraa heikommalta. Kääpiökauraa ei siten kannata käyttää tukikasvina myöskään sellaisten hernelajikkeiden kanssa, joiden varren pituus on kokeissa käytettyä Huldaa pidempi.

Kasvintuhoojien esiintyminen tukikasvikokeissa

Kirjallisuuden mukaan herneen ja viljan seoskasvustoissa on havaittu vähemmän kasvintuhoojien vooituksia ja rikkakasveja kuin puhdaskasvustoissa. Seosviljelyn hyöty muodostuu kasvilajien erilaisista ominaisuuksista, jotka täydentävät toisiaan kokonaisuuden hyväksi. Herneen ja ohran seosviljelyn on todettu vähentävän hernekasvustossa esiintyvien lehtilaikkujen määrää sekä edistävän siemensadon terveyttä puhtaaseen hernekasvustoon verrattuna. Seosviljely voi myös lisätä kasvitautilien vooitusta, jos viljeltävillä lajeilla on yhteisiä taudinaiheuttajia ja seosviljely muuttaa pienilmastoa mikrobeille suotuisammaksi. (Trenbath 1993, Szumigalski & Van Acker 2005, Hauggaard-Nielsen ym. 2008, Schoeny ym. 2010). Jokioisten tukikasvikokeissa ei eroa tuhoeläinvooitusten määrässä puhdas- ja seoskasvuston välillä havaittu minäkään vuonna eikä erilaiset tukikasvivaihtoehdot tai kauran kylvöajat vai-kuttaneet juovahernekärsäkkään, hernekirvan tai hernekääriäisen vooitusmääriin. Tukikasvikokeista määritettiin herneen tyvitautilien voimakkuus sekä tyvissä esiintyvä taudinaiheuttajalajisto (*Fusarium*- ja *Ascochyta*-sienet). Tukikasveilla tai niiden kylvöajalla ei ollut vaikutusta tyvitautilien voimakkuuteen tai lajistoon. Taudinaiheuttajien esiintymiseen vaikutti voimakkaimmin koevuosi.



Kuva 2.6. Tukikasvikokeiden katetuotto A.

Katetuottolaskelmien tulokset

Tukikasvikokeesta laskettiin katetuotot siemenseoksittain keskimääräisillä satotuloksilla. Katetuotto A (kokonaistuotto – muuttuvat kustannukset) on esitetty Kuvassa 2.6 siemenseoksittain. Mukana oli myös pelkkä hernekasvusto. Parhaan katteen antoi herne-kauraseos ja heikoimman herne-härkäpapuseos.

2.3.2 Pitkäaikainen herneaineisto

MTT:n herneaineistossa lako oli karkeilla kivennäismailla keskimäärin 20 % suurempi kuin savimaissa. Kun hernesato kasvoi 1 000 kg/ha, lako lisääntyi 4,6 %. Kymmenen millin sadesumma kahden viikon aikana 4–6 viikkoa ennen tuleentumista lisäsi lakoa 1,5 %. Lähes sama vaikutus oli toukokuun tai kesäkuun aikana kertyneellä 10 mm sademäärällä. Keskilämpötilan nousu yhdellä asteella kolmen viimeisen viikon aikana ennen tuleentumista vähensi lakoa 0,45 %. Aineiston mukaan pituuden kasvu 10 cm:llä vähensi lakoa 1,9 %.

Karkea kivennäismaa lisäsi savimaahan verrattuna riskin 2,4 –kertaiseksi sille, että herneen lako oli vähintään 30 %. Sadon nousu tuhannella kilolla hehtaaria kohti lisäsi riskin keskimäärin kaksinkertaiseksi. Kymmenen millin sadesumma 4–6 viikkoa ennen tuleentumista lisäsi laon riskiä 1,16 –kertaiseksi. Toukokuun sateen kerroin oli 1,08 ja kesäkuun 1,17. Jokaista kertynyttä 10 mm kohti riski kertautuu siten, että esimerkiksi 20 mm sadesumman aiheuttama riskin kasvu on $1,16 \times 1,16$ –kertainen. Siten esimerkiksi, jos kahden viikon jakson aikana 4 – 6 viikkoa ennen tuleentumista satoi 40 mm, oli 1,8 –kertainen riski sille, että herne meni vähintään 30 prosenttisesti lakoon verrattuna siihen ettei olisi satanut ollenkaan.

Karkea kivennäismaa lisäsi savimaahan verrattuna riskin 5,2 –kertaiseksi sille, että herneen lako oli vähintään 60 %. Sadon nousu tuhannella kilolla hehtaaria kohti lisäsi riskin keskimäärin puolitakertaiseksi. Kymmenen millin sadesumma 4–6 viikkoa ennen tuleentumista lisäsi lakorisikiä 1,14 –kertaiseksi. Toukokuun sateen kerroin oli 1,06 ja kesäkuun 1,07.

Kesällä 2011 Jokioisilla satoi kahden viikon sisällä 4–6 viikkoa ennen kokeemme Hulda -herneen tuleentumista 100 mm. Teoriassa riski vähintään 60 % lakoutumiselle kasvoi noille viikoille osuvaan sateettomaan jaksoon verrattuna 1,1410 eli 3,7 -kertaiseksi.

Yhteenvedona kaikista tilastollisista malleista, jotka aineistosta tehtiin, selitti sade 4–6 viikkoa ennen herneen tuleentumista lakoutumista ylipäänsä. Maalaji selitti erityisesti suurta eli yli 60 % lakoisuutta. Alkukesän sateet sekä siemensadon lisääntyminen selittivät pienten eli yli 30 % lakojen lisääntymistä.

2.4 Johtopäätökset

Nykyisten puolilehdettömien hernelajikkeiden lakoutuminen on melko harvinainen, mutta otollisissa oloissa yhä olemassa oleva ongelma. Pitkäaikaisten herneaineistojen tarkastelu sääaineistojen rinnalla vahvisti oletuksia herneen lakoa aiheuttavista riskitekijöistä. Maan multavuuden merkitystä ei tosin aineistosta saanut irti, mutta huomattava lakoriskin lisääntyminen savia kevyemmissä maissa kuvanee osittain samaa ilmiötä. Kohtuulliset sateet alkukesällä auttavat herneen hyvään kasvuun ja antavat edellytykset runsaaseen palkojen muodostukseen, mikä osaltaan lisää myös lakoutumisen edellytyksiä. Biologisten tekijöiden, kasvifysiologian ja fysiikan lakienkin pohjalta päätelty palkojen täyttymisvaiheen sateisuuden lakoa lisäävä riski sai myös tilastollista vahvistusta. Jatkossa sääaineistoja on hyvä tarkastella myös siitä näkökulmasta, miten suuri laon teoreettinen mahdollisuus on tulevia kasvukausia ajatellen.

Kauran, kääpiökauran tai ohran viljely herneen tukikasvina vähentää lakoa ja viivästyttää laon etenemistä. Kesän 2011 tukikasvikoe osoitti, että erittäin lakoalittiissa oloissa kaura on viljoistamme paras herneen lakoutumisen estäjä. Kaura estää herneen lakoutumisen usein kokonaan ja voimakkaan lakopaineen sattuessa viivyyttää laon alkamista enemmän kuin muut kevätiljat sekä estää lakokasvuston painumista täysin maata vasten muita paremmin. Kauran kylvön viivyttäminen ei näytä olevan perusteltua, vaan sen voi kylvää heti herneen kylvön jälkeen. Satotulosten perusteella tukikasvi voi pienentää herneen siemensatoa etenkin vuosina, jolloin herneen kasvu on heikkoa, mutta sato voi alentua myös hyvinä hernevuosina. Todennäköisesti hernesatoa alentava kilpailuvaikutus on hyväksyttävä, jos tukikasvin halutaan todella lakoa vähentävän. Vaikka tukikaura herneen siemensatoa yleensä pienensikin, oli kauran ja herneen yhteissato aina suurempi kuin tukikasvittoman herneen sato. Parhaiten lakoa estänyt kaura tuotti myös suurimmat yhteissadot herneen kanssa, vain kääpiökauran ja herneen seos pääsi keskimäärin yhtä suureen yhteissatoon. Kurojen käyttö tukikasveina oli myös taloudellisesti kannattavaa, sillä kyseisten seosten katetuotto A oli suurempi kuin puhtaan herneen.

2.5 Kirjallisuus

- Hauggaard-Nielsen, H., Jønsgård, B., Kinane, J. & Jensen, E.S. 2008. Grain legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 3-12.
- Kontturi, M., Laine, A., Niskanen, M. ja Peltonen-Sainio, P. 2005. Ripaus kauraa tukee hernekasvuston.
- Koetoiminta ja Käytäntö -liite 13.6.2005, 62. vuosikerta, numero 2, sivu 3.
- Känkänen, H. 2011. Herne, mainettaan varmempi viljelykasvi. *Maaseudun Tulevaisuus* 4.5.2011, s. 2 (yliö).
- Känkänen, H., Kontturi, M. 1988. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. *Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote* 22/88: 69 p.

- Schoeny, A., Jumel, S., Rouault, F., Lemarchand, E., & Tivoli, B. 2010. Effect and underlying mechanisms of pea-cereal intercropping on the epidemic development of ascochyta blight. *European Journal of Plant Pathology* 126: 317-331.
- Szumigalski, A. & Van Acker, R. 2005. Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Science* 53: 813-825.
- Trenbath, B.R. 1993. Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crops Research* 34: 381-405.

3 Herne muokatussa ja muokkaamattomassa maassa, herne esikasvina

Hannu Känkänen, Erja Huusela-Veistola, Heikki Jalli, Marja Jalli

Asiasanat: Herne, valkuaiskasvit, palkokasvit, muokkaus, kylvä, kyntö, kevytmuokkaus, suora-kylvä

3.1 Taustaa

Muokkaamatta jättäminen on yleinen ja vakiintunut käytäntö suomalaisilla pelloilla. Tuoreen maatalouden rakennetutkimuksen eli maatalouslaskennan mukaan 17 % viljanviljelytilojen pinta-alasta oli viime vuonna suorakylvettyä (Anon 2011). Yksipuolinen, lähinnä kevätiljoihin painottuva viljely on yleistä etenkin eteläisessä Suomessa. Yksipuolisuutta kuvaa maatalouslaskennan tulos, jonka mukaan viidenneksellä peltomaasta viljeltiin viimeisen kolmen vuoden ajan samaa kasvilajia. Samojen kasvilajien toistuvuus koskee nimenomaan viljailuilla yleisesti viljeltyjä kasveja, sillä edellä olevassa ei ole mukana alaa, jolla viljeltiin pysyvää nurmea.

Viljelykierron merkitys korostuu muokkaamattomassa maassa muun muassa kasvitautien hillitsemisen (Duczek ym. 1999) ja rikkakasvien torjunnan (Liebmah & Dyck 1993) kannalta. Tuhoeläinten hallinnassa lohkokohmainen viljelykierto ei aina riitä vaan tarvitaan laajempaa alueellista viljelykiertoa (Huusela-Veistola & Jauhiainen 2006). Lisäksi suorakylväjä tarvitsee vaihtoehtoja kasvivalikoimaansa muun muassa pellon pintaan jäävän olkimäärän hallitsemiseksi. Herne on viljaa vähäisemmän ja nopeammin hajoavan puintitähteensä ansiosta erinomainen lisä muokkaamattoman maan kiertoon.

Jokioisten savimailla on jo ennen Monipalko-hanketta tehty kokeita, joissa herneen suorakylvöä on verrattu muokatun maan kylvöön. Monipalko-hankkeessa verrattiin vuonna 2010 herneen kasvua muokatuissa ja kahdeksatta vuotta suorakylvetyssä maassa. Lisäksi hankkeessa on hyödynnetty viljelykiertokokeita, joissa herne on ollut mukana vuodesta 2005 lähtien muokatussa ja muokkaamattomassa maassa.

Useista kasveista eri kokeissa saatujen kokemusten perusteella kesät voidaan jakaa ns. hyviin ja huonoihin suorakylvövuosiin. Jako perustuu ennen kaikkea suorakylvön vertaamiseen muokatun maan kasvun ja sadon kanssa, ei välttämättä sadon määrän vertailuun vuosien välillä. Hyville vuosille tyypillistä ovat vähäiset sateet keväällä ja alkukesällä sekä kynnetyn maan kannalta liian vähäinen sademäärä myöhemminkin kesällä. Muokkaamattoman maan vähäisen haihdutuksen ansiosta vettä on kasvien käytettävissä paremmin ja pidempään. Suorakylvölle huonoja vuosia leimaavat alku- tai keskikesän runsaat sateet. Sateita seuraavat pitkät hellekaudet täydentävät stressin.

2000-luvulla suorakylvön kannalta sääoloiltaan huonoja vuosia ovat olleet vuodet 2001, 2003, 2004, 2010 ja 2011. Hyviä suorakylvökesiä ovat olleet vuodet 2002, 2005, 2006, 2007 ja 2008. Ainoastaan vuotta 2009, jolloin alku- tai keskikesä ei ollut Jokioisilla erityisen märkä tai kuiva, ei voida luokitella kumpaankaan ryhmään. Myöskään pitkiä hellekausia ei kesällä 2009 ollut. Hernekokeiden osalle on siis kertynyt neljä ns. hyvää ja kaksi huonoa suorakylvökesää sekä yksi neutraali kesä.

Ilmakehän tyypeä sitovana palkokasvina herne voi korvata synteettistä typpilannoitusta niin viljelyvuonna kuin seuraavana kesänä. Lindénin (2008) mukaan tuleentuneena korjatun rehuherneen jälkeen typpilannoitusta voidaan vähentää 20–30 kg/ha. Toisaalta Lindén (2008) huomauttaa, että usein herneen aikaansaama sadonlisäys viljan monokulttuuriin verrattuna johtuu enemmän herneen ns. maata puhdistavasta vaikutuksesta kuin typpivasteesta. Kirkegaardin ym. (2008) review –artikkelissa viitataan kahdenlaisiin tuloksiin: Toisissa tutkimuksissa herneen satoa lisäävä vaikutus on perustunut lähinnä seuraavan kasvin lisääntyneeseen typen saantiin, toisissa satohyöty on johtunut lähes yksinomaan muista tekijöistä. He toteavatkin, että typpihyödyn ja muiden esikasvihyötyjen suhteellinen osuus vaihtelee monista maahan ja säähän liittyvistä tekijöistä johtuen. Joka tapauksessa viljelykierron monipuolistaminen palkokasvien avulla näyttäisi olevan paikallaan, myös suorakylvössä.

3.2 Aineisto ja menetelmät

Suorakylvöön käytettiin VM suorakylvökonetta, muokattu maa oli pääsääntöisesti syksyllä kynnettyä tai kultivoitua. Kynnös tasaustettiin keväällä ja kylvettiin tavanomaisella kylvölannoittimella joko S-piikkiäestyksen jälkeen tai jyrskylvönä. Kynnöksen tasaaminen auttoi jossain määrin eri kylvötapojen ajoittumista lähelle toisiaan, mutta kylvöt pyrittiin aina tekemään maan kylvettävyyden kannalta parhaaseen mahdolliseen aikaan. Useimmiten eri menetelmien kylvöt päästiin tekemään samana tai lähes saman päivänä. Yksittäisissä tapauksissa kylvöajan sateet siirsivät suorakylvöä myöhäisemmäksi, enimmillään kaksi viikkoa.

Vuosina 2005–2011 herne on ollut mukana muokatun ja muokkaamattoman maan viljelykiertokokeessa. Tavoitteena oli selvittää viljelykierron mahdollisuuksia vehnän kasvintuhoojien esiintymisen hillitsijänä. Herne (lajike Hulda) oli kevätvehnän esikasvina kierrossa, jossa vehnää kylvettiin joka neljäs vuosi. Hernettä edelsivät viljelykierrossa rypsi ja ohra. Viljelykiertokoe toteutettiin sekä muokatussa että muokkaamattomassa ympäristössä. Koealue oli multavaa aitosavea.

Muokkausintensiteettikokeessa vuonna 2010 herneen kasvua verrattiin muokkaamattomassa ja kolmella tavalla muokatussa maassa. Suorakylvön lisäksi koejäseninä olivat syyskynntö, kultivointi syksyllä ja sängen jyrskintä keväällä juuri ennen kylvöä. Esikasvina oli kevätrypsi. Suorakylvetty alue oli kahdeksatta vuotta muokkaamaton, ja myös keväällä jyrskitty alue oli ollut seitsemän edellistä vuotta ilman muokkausta. Koealue oli vähämultaista hiuesavea.

Aiheeseen liittyy myös jo vuosina 2005–2008 toteutettu esikasvikoe. Sen tavoitteena oli selvittää erilaisten kasvien suorakylvön onnistuminen ja verrata kasvua muokatun maan kylvöön. Esikasvivaikutusta mitattiin seuraavana keväänä kylvetyn vehnän avulla. Herneen (lajike Hulda) lisäksi tutkittavia kasveja olivat monitahoinen ohra (Voitto), kaura (Roope), kevätrypsi (Hohto) ja kitupellava eli ruistankio eli camelina (ei lajikenimeä). Peltolohko, jolla kokeet toteutettiin, oli ollut vuodesta 2001 asti suorakylvössä. Koealueet olivat hiuesavea, sijainnista riippuen vähämultaista tai multavaa.

Katetuottolaskelmissa käytettyjä tietoja

Suorakylvökokeessa herneen siemenmäärä oli 378 kg/ha molemmilla kylvötavoilla vuonna 2005. Vuonna 2006 siemenmäärä oli 378 kg/ha muokatussa maassa ja 415 kg/ha suorakylvössä. Vuonna 2007 määrät olivat 452 ja 542 kg/ha. Kylvötiheys oli muokatun maan kylvössä kaikkina vuosina 140 kpl/m², kilomäärät vaihtelevat erilaisesta siemenestä johtuen. Lajike oli aina Hulda. Suorakylvöön siemenmäärää lisättiin ensin 10 % ja sitten 20 %, koska suorakylvössä oli vaikeuksia päästä samaan kasvutiheyteen kuin muokatussa maassa.

Lannoitteena vuonna 2005 ja 2006 oli Syysviljan Y1 (13-7-13) 310 kg/ha ja vuonna 2007 Kevätviljan Y3 (20-3-8) 200 kg/ha. Laskelmissa käytetyt hintatiedot olivat samat kuin tukikasvikoissa (kts s. 34)

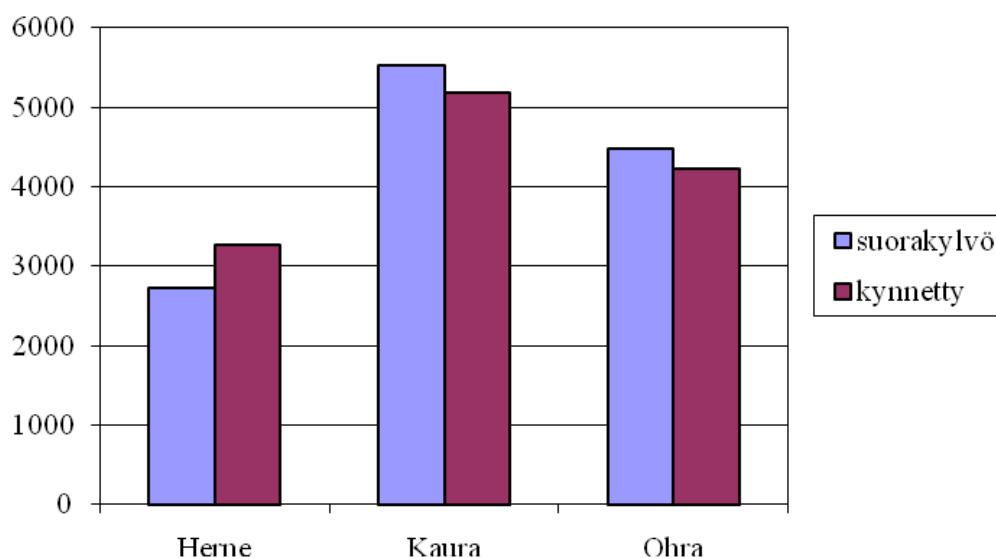
3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.3.1 Siemensato

Vuoden 2010 oloissa muokkausmenetelmän vaikutus näkyi erityisen voimakkaasti herneen kasvussa. Alkukesän runsaat sateet ja niitä seuranneet helteet merkitsivät heikohkoa satoa myös muokatussa maassa, mutta muokkaamattomuus korosti ongelmia. Suorakylvetty herne oli melko harvaa ja erittäin lyhyttä eikä kasviyksilöä kohti ollut kuin yksi tai kaksi pientä palkoa. Muokausintensiiteettikokeen siemensadon määrä suorakylvössä oli 570 kg ha-1. Keväällä sänkimaan jyrinnän jälkeen kylvetty herne tuotti hieman paremmin, 1 030 kg ha-1. Syksyllä kultivoidun maan siemensato oli 2 150 kg ha-1. Parhaiten herne menestyi syyskynetyssä maassa, jossa siemensadon määrä oli 2 580 kg ha-1. Viljelykiertokokeen muokatut ruudut tuottivat siemensatoa vain 1 220 kg ha-1, mutta muokkaamattomat vielä vähemmän eli keskimäärin 790 kg ha-1.

Menneinä vuosina herne on menestynyt suorakylvössä paremminkin. Tarkasteltaessa kaikkia Jokioisista käytettävissä olevia tapauksia, on suorakylvöllä päästy ns. hyvinä suorakylvövuosina lähelle muokatun maan satoja. Suorakylvön keskisato on ollut 2800 kg ha-1, muokatun maan 3040 kg ha-1 (6 tapausta). Sääoloiltaan erityisesti suorakylvön kannalta huonoina vuosina suorakylvön keskisato on ollut vain 650 kg ha-1, kun kynnetyistä maista on saatu keskimäärin 1860 kilon hehtaarisato (3 tapausta). Ainoana ns. neutraalina kesänä siemensato oli 440 kg ha-1 pienempi suorakylvettynä kuin muokatussa maassa (1 tapaus).

Esikasvikokeessa esikasvivuodet 2005 – 2007 sekä viimeinenkin keväthehnen vuosi 2008 olivat suorakylvölle edullisia kuivan alku- ja keskikesän ansiosta. Tämä näkyi myös kokeen viljojen jyväsadoissa, jotka olivat suorakylvössä muokattua maata suuremmat. Sen sijaan herneen siemensato oli suurempi kynnetyssä (keskimäärin 3 270 kg/ha) kuin muokkaamattomassa (2 720 kg/ha) maassa (kuva 1). Parhaimmillaan, vuonna 2005, hernesato oli täsmälleen sama (3 580 kg/ha) molemmilla menetelmillä.



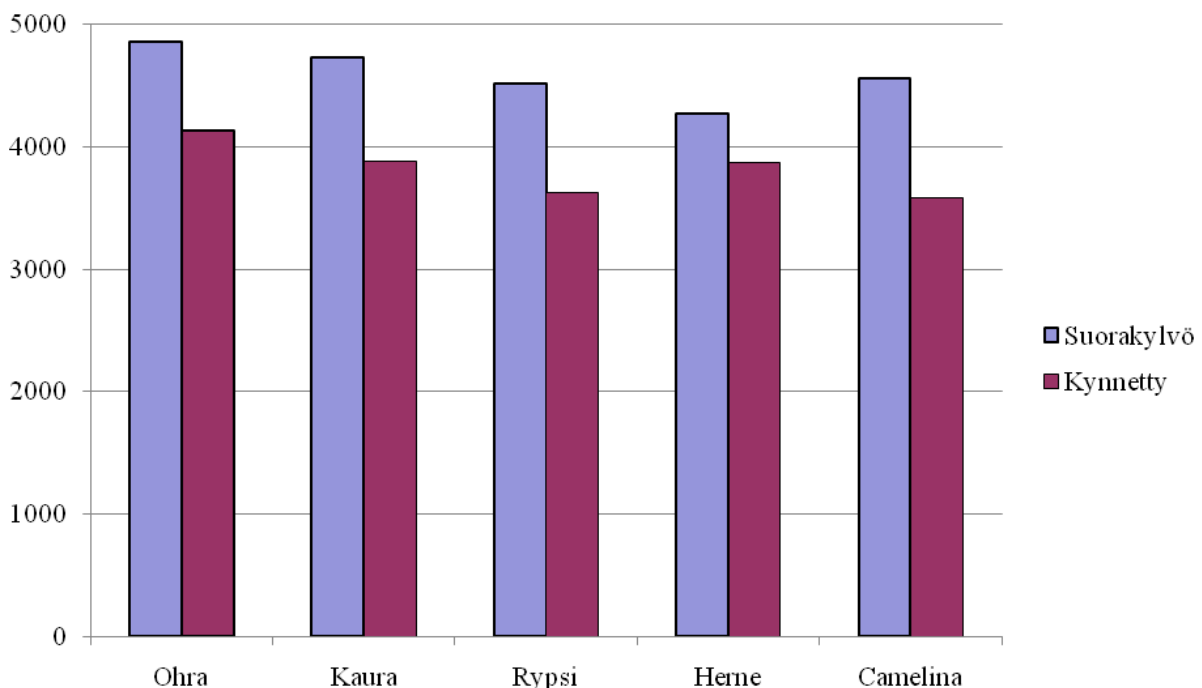
Kuva 3.1. Herneen siemensato sekä kauran ja ohran jyväsato (kg/ha) suorakylvetyssä ja kynnetyssä maassa keskimäärin vuosina 2005-2007 Jokioisten esikasvikokeessa.

3.3.2 Esikasviarvo

Herneen viljely vähentää synteettisen typen tarvetta niin varsinaisena herneen viljelyvuonna kuin seuraavanakin kesänä. Biologinen typensidonta toimii parhaiten ilmavassa ja sopivan kosteassa maassa, mikä osaltaan selittää herneen herkkää reagoitua sääoloihin, jos muokkaamattoman maan rakenne ei ole hyvässä kunnossa. Kynnöllä saadaan aikaan lisää ilmavuutta suhteellisen heikkorakenteisissakin maissa.

Muokkaamattomuus voi muuttaa oleellisesti myös hernekasvuston sisältämän typen vapautumista ja etenkin kasvustotähteiden sisältämän typen liukenemista maahan. Maahan muokkaaminen tehostaa yleensä kasvimassan typen vapautumista (Kristensen ym. 2000). Lindénin (2008) mukaan tuleentuneen herneen maanpäällisen massan merkitys typen lähteenä on kuitenkin vähäinen, koska sen typpipitoisuus on suhteellisen alhainen. Meidän tuloksemme tukevat tätä, sillä muun maanpäällisen biomassan kuin siementen typpipitoisuus jäi lähelle yhtä prosenttia. Suoraan typpilannoitusvaikutukseen katsotaan yleensä tarvittavan vähintään 1,5 % typpipitoisuutta. Toisaalta herneen puintitähteiden typpipitoisuus on kuitenkin selvästi viljan olkien typpipitoisuutta korkeampi, joten muokkaamattomuus heikentää teoriassa herneen suhteellista edullisuutta viljoihin nähden. Ennen Monipalko-hanketta tehdyssä tutkimuksessa ilmeni, että herneen esikasviarvo muihin esikasveihin verrattuna heikkeni, jos maa jätettiin muokkaamatta, ja kun herneen jälkeen vähennettiin typpilannoitusta 30 kg/ha (Känkänen ym. 2012) (Kuva 3.2). Yksi tärkeä tekijä lienee herneen typen heikompi siirtyminen seuraavan kasvin käyttöön, kun herneen kasvustotähteitä ei muokata maahan.

Suorakylvön myötä heikentynyt herneen esikasviarvo ei kuitenkaan kerro pelkästään herneen typen huonommasta siirtymisestä muokkaamattomassa maassa, sillä myös herneen biomassa oli pienempi suorakylvössä. Muokkausintensiiviteettikokeen tarkoitus oli verrata herneen typen vapautumista ja siirtymistä seuraavalle kasville eri muokkausmenetelmissä. Valitettavasti lähes täydellinen suorakylvetyt herneen kato vesitti suunnitelmat. Koe jouduttiin keskeyttämään ensimmäisen kesän jälkeen, koska muokkaustapoja ei olisi päästy vertaamaan tasavertaisten hernekasvustojen jälkeen.



Kuva 3.2. Kevätvehnän jyväsato (kg/ha) keskimäärin vuosina 2006–2008 eri esikasvien jälkeen suorakylvettynä ja kynnettyyn maahan kylvettynä.

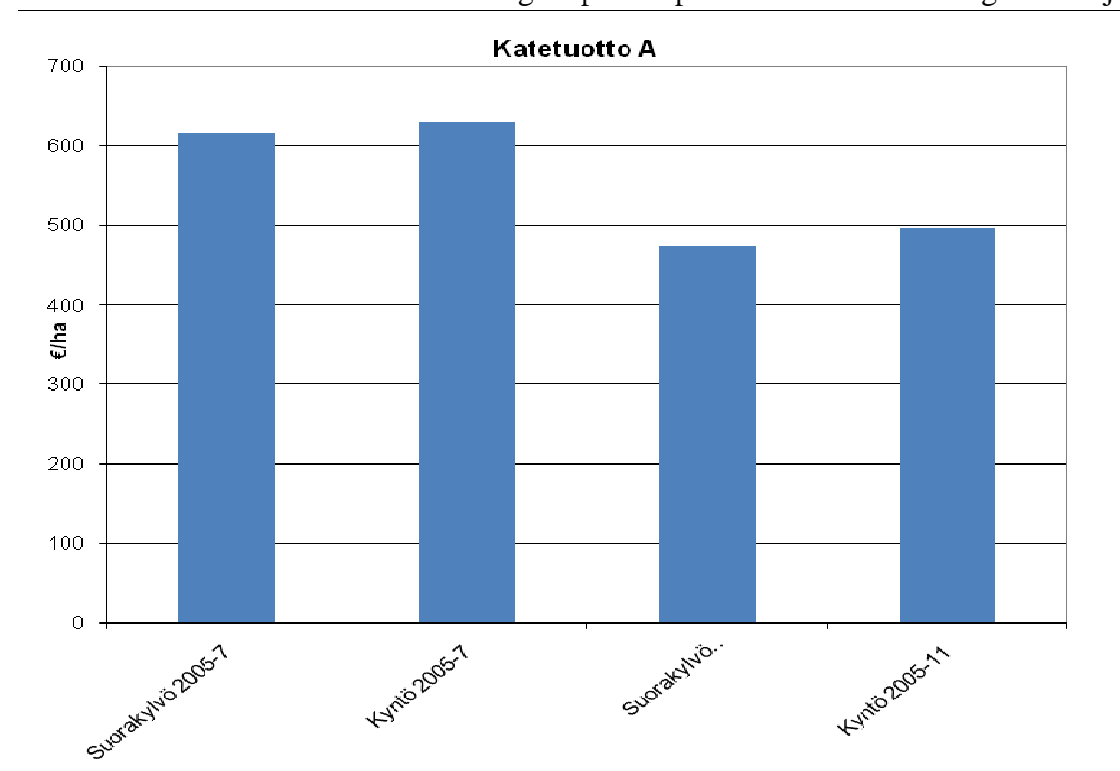
Muokkaamattomassa ympäristössä voivat herneen kasvitautiongelmat tulla esiin voimakkaammin kuin muokatussa ympäristössä. Useat maa- ja kasvijätelevintäiset taudinaiheuttajat vioittavat erityisesti kasvin juuristoa sekä tyviä ja heikentävät herneen kasvukuntoa (Kraft & Pflieger 2001). Tämä korostuu ympäristössä, jossa viljelykierrassa on säännöllisesti hernettä tai härkäpapua. Toisaalta monipuolisessa viljelykierrassa maan pieneliöstö monipuolistuu, maan aktiivisuus lisääntyy ja kasvijätteiden hajoaminen nopeutuu. Tällöin maan muokkaamattomuus voi myös vähentää kasvitautipainetta, kun hyödylliset pieneliöt kilpailevat haitallisten kanssa tilasta ja ravinteista. Viljelykiertokokeessa (2010–2011), jossa hernettä viljeltiin joka neljäs vuosi, oli herneen tyvien voitusta kuvaava tyvitauti-indeksi (0-100) korrenkasvun alussa muokatun maan tyvissä 17 ja muokkaamattoman maan tyvissä 25. Kasvukauden edetessä erot tasoittuivat. Kasvitautien vuoksi suositellaan viljelykiertoa, jossa herne tai härkäpapu kasvaa vain joka viides vuosi.

Kirjallisuuden mukaan suorakylvön vaikutukset tuhoeläinmääriin ovat olleet vaihtelevia (Stinner & House 1990). Herneen suorakylvön on muualla havaittu vähentävän juovahernekärsäkkään aiheuttamaa taimivaiheen voitusta (Hanavan ym. 2010), mutta Jokioisten suorakylvökokeissa ei selvää eroa kylvötapojen välillä havaittu. Myöskään hernekääriäisen vioitusmäärät eivät eronneet eri kylvötavoilla. Vuonna 2010 muokkausintensiiteettikokeessa hernekirvoja oli enemmän harvaksi jääneessä suorakylvetyssä herneessä kuin kynnetyssä kasvustossa.

Tulevaisuudessa pitäisi entistä selkeämmin keskittyä kehittämään herneen suorakylvöön liittyviä menetelmiä. Erityisesti maan kasvukuntoon on kiinnitettävä huomiota herneen suorakylvöä harvittaessa. Parhaimmillaan herneestä saadaan hyviä satoja myös muokkaamattomassa maassa.

3.3.3 Katetuotto

Suorakylvökokeen katetuotot laskettiin vuosilta 2005–2011. Vertailuna oli normaali kyntöteknologia. Koesarjat olivat vuosilta 2005–2007 ja vuosilta 2008–2011. Keskimäärin katetuotto oli hieman parempi kynnetyissä koejäsenissä kuin suorakylvetyissä koejäsenissä (Kuva 3.3). Vuosina 2008–2011 sadot olivat noin 1 000 kg/ha pienempiä molemmilla teknologioilla viljeltynä.



Kuva 3.3. Suorakylvökokeiden katetuotto A.

3.4 Johtopäätökset

Herneen viljely muokkaamattomassa maassa on kevätiljoja haasteellisempaa. Onnistuminen riippuu paljon pellon ominaisuuksista. Mitä kuohkeampaa ja vettä läpäisevämpää maa on, sitä paremmin herne suorakylvettynäkin menestyy. Sateiset alkukesät ovat erityisen hankalia, koska herne kärsii helposti hapen puutteesta. Myös herneen kasvitautiongelmat voivat tulla esiin voimakkaammin suorakylvettäessä kuin muokatussa ympäristössä. Edullisina kesinä herneestä saadaan suorakylväen lähes yhtä suuria satoja kuin kynnetyltä pellolta. Ainakin jäykällä savimailla kylvösiemenen määrää on suorakylvössä lisättävä, jotta päästäisiin suuren sadon edellyttämään kasvutiheyteen. Suorakylvetyt herneen katetuotto A oli kuitenkin lähes yhtä suuri kuin kynnetyt maan herneen.

Maan muokkaamatta jättäminen heikensi herneen esikasviarvoa kokeessa, jossa verrattiin eri kasveja ennen keväthevettä. Tärkein syy lienee ollut hernekasvuston peltoon jättämisen tyypin muokattua maata hitaampi vapautuminen ja huonompi siirtyminen seuraavalle kasville. Kyseisessä kokeessa eri esikasvien jälkeen kasvaneeseen keväthevään ei kohdistunut suurta tautipainetta. Sen sijaan viljelykiertokoe osoitti selkeästi herneen vähentävän vehnän kasvitaueteja suorakylvettäessä. Hernettä voidaan siis pitää hyödyllisenä kasvina suorakylvön kierrossa. Jatkossa on keskityttävä herneen viljelytekniikan täsmentämiseen suorakylvömenetelmää käytettäessä. Tietoa tarvitaan ainakin siemenen kylvösyvyydestä, kylvösiemenmäärästä ja hernettä seuraavan kasvin typpilannoitustarpeesta.

3.5 Kirjallisuus

Anon 2011 SVT: Tike, Maatalouden rakennetutkimus, Maatalouslaskenta 2010.

Duczek, L.J., Sutherland, K.A., Reed, S.L., Bailey, K.L. & Lafond, G.P. 1999. Survival of leaf spot pathogens on crop residues of wheat and barley in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Pathology* 21: 165-173.

Hanavan, R.P., Bosque-Perez, N.A., Scohtzko, D.J. & Eigenbrode, S.D. 2010. Influence of tillage on adult and immature pea leaf weevil (*Coleoptera: Curculionidae*) densities in pea. *Field and Forage Crops* 103: 691-697.

Huusela-Veistola, E., & Jauhainen, L. 2006. Expansion of pea cropping increases the risk of pea moth (*Cydia nigricana*; Lep., Tortricidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*, 130, 142–149.

Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J. & Layzell, D. 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research* 107:185–195.

Kristensen, H.L., McCarty, G.W. & Meisinger, J.J. 2000. Effects of soil structure disturbance on mineralization of organic soil nitrogen. *Soil Science Society of America Journal* 64: 371-378.

Kraft, J.M. & Pflieger, F.L. 2001. Compendium of Pea Diseases and Pests. American Phytopathological Society, second edition. St. Paul, Minnesota USA, 67 p.

Känkänen, H., Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Jalli, M. 2012. Herne on vaativa suorakylvettävä. In: Toim. Nina Schulman. Maataloustieteen Päivät 2012, 10.-11.1.2012 Viikki, Helsinki : esitelmä- ja posteritiivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 29: p. 51.

Lindén, B. 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsådesgrödors avkastning och kvävetillgång - en litteraturoversikt. Avdelningen för precisionsodling Rapport 14 Skara 2008.

Stinner, B.R. & House, G.J. 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation tillage agriculture. *Annual Review of Entomology* 35: 299-318.

4 Härkäpavun ja lupiinin kasvinsuojelu

4.1 Härkäpavun ja lupiinin rikkakasvien torjunta

Heikki Jalli

Asiasanat: Herne, lupiini, makea lupiini, härkäpapu, palkokasvit, valkuaiskasvit, kasvinsuojelu, rikkakasvit, herbisidit, aklonifeeni, bentatsoni, isoksabeeni, kломatsoni, linuroni, metributsiini, prosulfokarbi,

4.1.1 Taustaa

Härkäpapu on palkokasvi, joka kasvaa rehevästi, mutta ei ole erinomainen kilpailija rikkakasveja vastaan (Abbes et al. 2007, Grenz et al. 2005). Härkäpavun rikkakasvien torjunta on tärkeä tekijä härkäpavun sadon laadun ja satopotentialin hyödyntämiseksi. Kemiallisen rikkakasvien torjunnan ongelmana on härkäpavun herkkyys monille tehoaineille (Betts & Morrison 1979, Garcia de Arevalo 1992) ja kasville sopivien tehoaineiden heikko teho rikkakasveihin.

Härkäpavun viljelyinnostuksen alkaessa Suomessa rikkakasvien torjumiseksi oli käytettävissä Basagran SG, jonka tehoaine on bentatsoni. Bentatsonilla ei härkäpavulla käytettynä saada tehoa linnunkaaliin, orvokkiin, peippeihin, piha- ja kietotatariin eikä pillikkeisiin. Teho ei myöskään ole aina riittävä emäkkiin, lemmikkiin, jauhosavikkaan tai ukontattariin. Toinen mahdollinen valmiste, ennen härkäpavun taimettumista käytettävä metatsaklori (Butisan S), ei tuo apua bentatsonin lisäksi muutoin kuin paremmalla teholla mataroihin. Lupiinien rikkakasvien torjuntaan ei ole rekisteröity valmisteita lainkaan. Rikkakasvien hallitsemiseksi tarvitaan uusia keinoja ja sopivia rikkakasvien torjunta-aineita.

4.1.2 Aineisto ja menetelmät

Monipalko –hankkeessa tutkittiin herneelle ja pavulle hyväksytyjen valmisteiden sopivuutta härkäpavun rikkakasvien torjuntaan kahdella koepaikalla (Jokioisilla ja Koskella TI) vuosina 2009-2010. Testatut valmisteet olivat: Basagran SG (1,7 kg/ha) ja Senkor (0,4 kg/ha) härkäpavun ollessa 2-4 lehtiasteella, Afalon (1,5 ja 2,0 l/ha) sekä Fenix (2,0, 2,5 l/ha) ennen härkäpavun taimettumista ja Fenix 3,0 l/ha, kun härkäpapu oli 5–8 cm korkea.

Kesällä 2010 kokeissa ei ollut Senkoria eikä myöskään Afalonia, jonka markkinoilla pysymistä epäiltiin. Uusina koejäseniä olivat Boxer (4,0 l/ha), Gallery (0,25 l/ha) ja Centium (0,20 l/ha), joiden käsittelyt tehtiin ennen taimettumista. Basagran SG 1,7 l/ha ruiskutettiin, kun härkäpavussa 2-4 lehteä, ja Fenix 3,0 l/ha härkäpavun ollessa 5-8 cm korkea.

Erillisessä kaistakokeessa Jokioisissa vuonna 2010 käsittelimme lupiini-, herne- ja härkäpapurivejä aikaisessa taimivaiheessa ja kun kasveissa oli enemmän kuin kaksi kasvulehteä. Käsittelyt olivat: Fenix 3,0 l/ha, Senkor 0,3 kg/ha, Basagran SG 1,7 kg/ha ja Lentagran WP 1,0 l/ha. Tavoitteena oli tutkia herneellä hyväksytyjen herbisidivalmisteiden soveltuvuutta lupiinin rikkakasvien torjuntaan.

4.1.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Herbisidit härkäpavulla

Kasvukaudella 2009 härkäpavun taimettumisen jälkeen käytetyt Senkor (0,4 kg/ha, Kuva 4.1.) ja Fenix (3,0 l/ha, Kuva 4.2.) voittivat kasvia pahoin (Kuva 4.4.). Jokioisilla härkäpavun taimettumisen jälkeen käytetyt Afalon (Kuva 4.3) ja Fenix voittivat kasvia, Kosken kentällä voitti vain Fenix (ei esitetty).



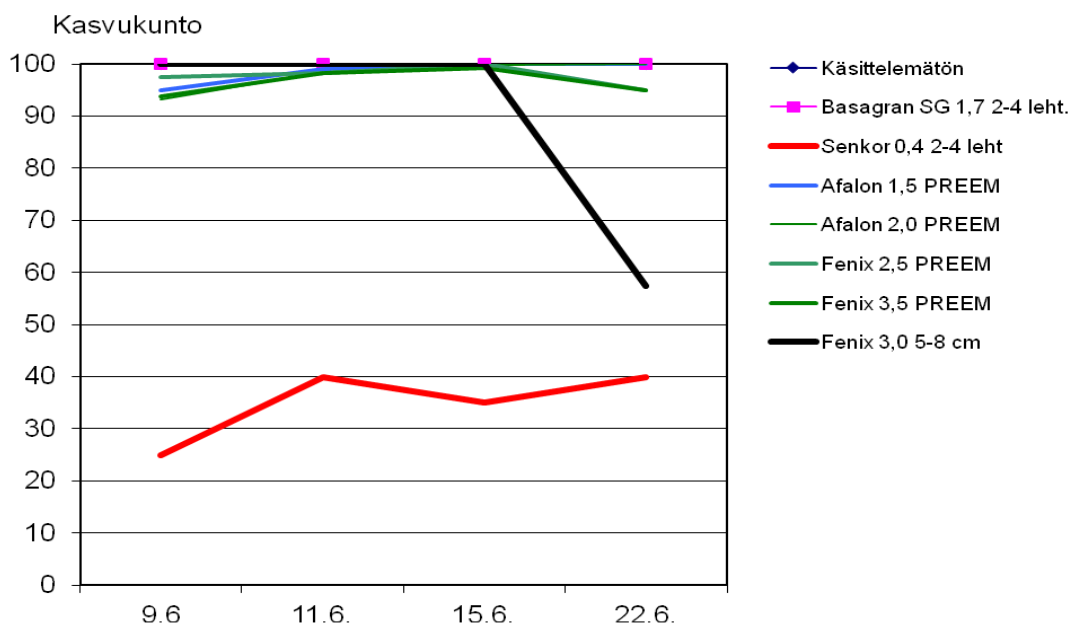
Kuva 4.1. Senkor (0,4 kg/ha) härkäpavulla.



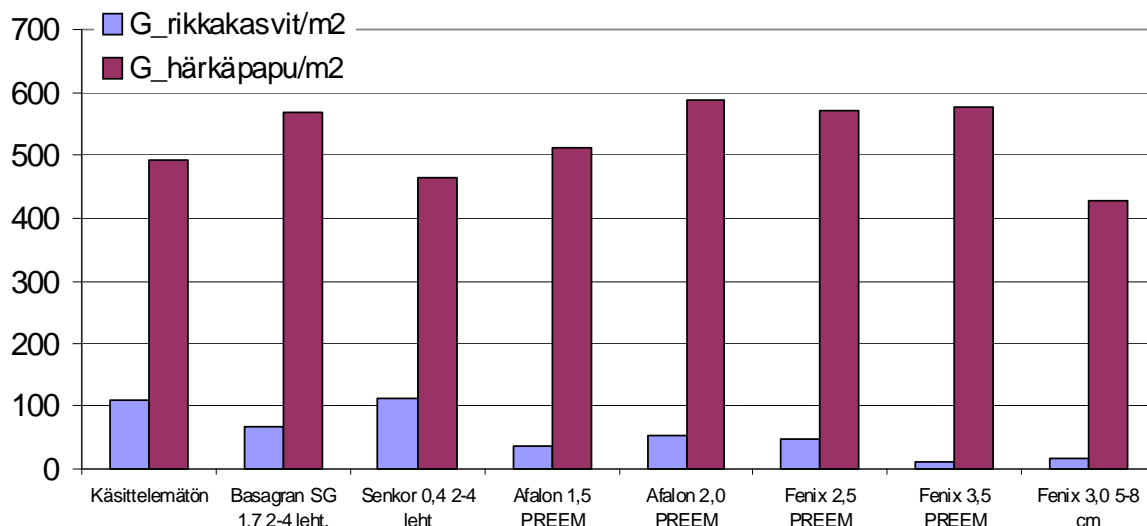
Kuva 4.2. Fenix (3,0 l/ha) härkäpavulla.



Kuva 4.3. Afalon (2,0 l/ha) härkäpavulla.



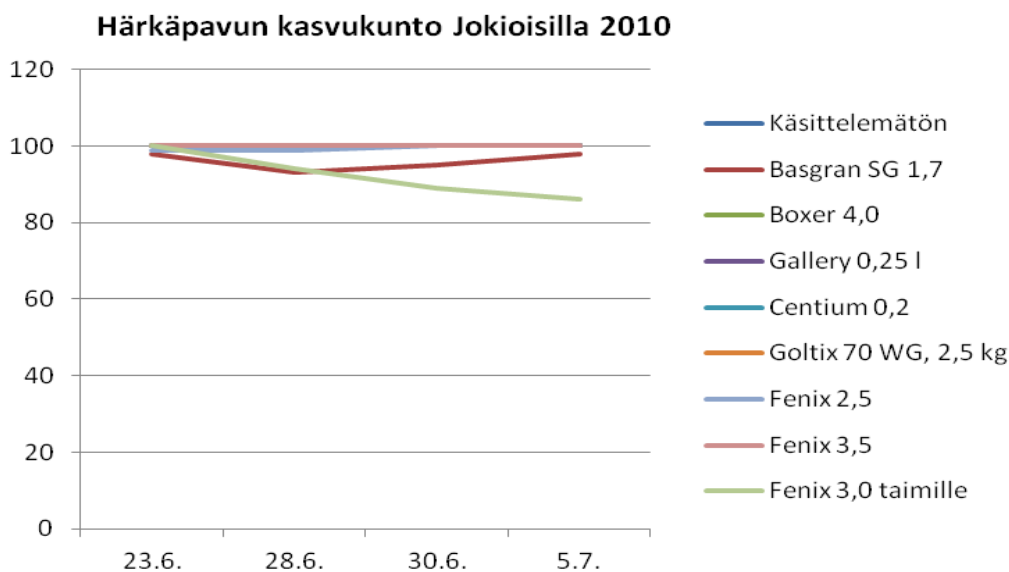
Kuva 4.4. Härkäpavun taimien kasvukunnon kehittyminen (% käsittelemättömästä) kesäkuussa 2009 eri kasvinsuojeluaineilla Jokioisilla.



Kuva 4.5. Rikkakasvien ja härkäpavun massa 2009 kahdessa härkäpavun herbisidikokeessa (Jokioinen ja Koski Tl).

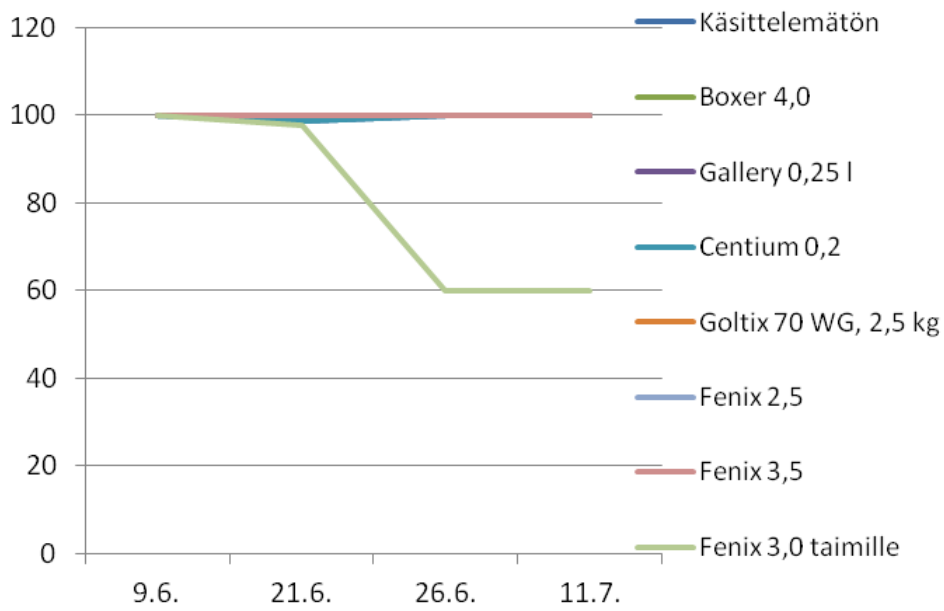
Kesällä 2009 rikkakasveja torjui parhaiten Fenix 3,5 l/ha ennen härkäpavun taimettumista käytettynä. Herbisikäsittelyjen voitukset näkyivät härkäpavun painoissa (Kuva 4.5.)

Kesällä 2010 kokeissa ei ollut mukana Senkoria, joka vioitti härkäpapua eikä Afalonia, jonka markkinoilla pysymistä epäiltiin. Uusina koejäseniä Boxer (4,0 l/ha), Gallery (0,25 l/ha) ja Centium (0,20 l/ha), joilla käsittelyt tehtiin ennen taimettumista. Basagran SG 1,7 l/ha kun härkäpavussa 2-4 lehteä, ja Fenix 3,0 l/ha härkäpavun ollessa 5-8 cm korkeaa. Senkorin ja Afalonin poisjäännin jälkeen voitukset olivat paljon pienempiä kuin edellisenä vuonna, vain taimettumisen jälkeen ruiskutettu Fenix vioitti (Kuva 4.6.).

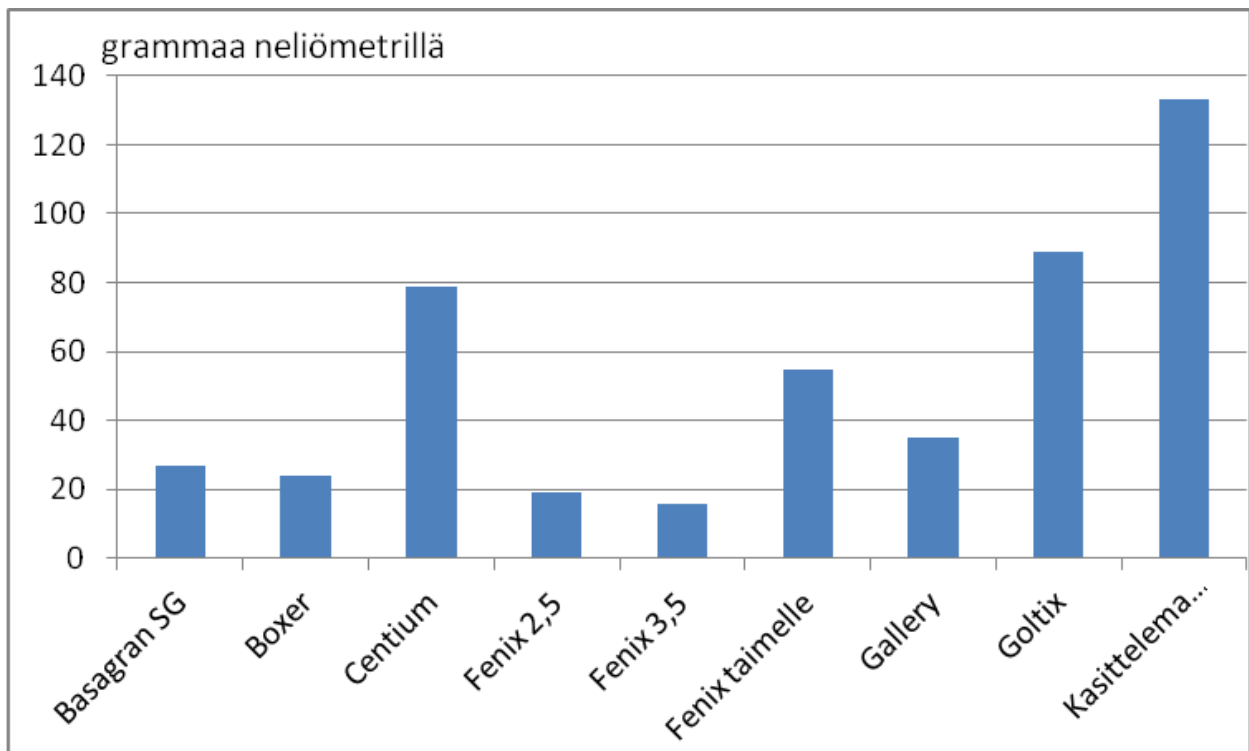


Kuva 4.6a. Härkäpavun taimien kasvukunnon kehittyminen (% käsitlemättömästä) kesä/heinäkuussa 2010 eri kasvinsuojeluaineilla Jokioisilla.

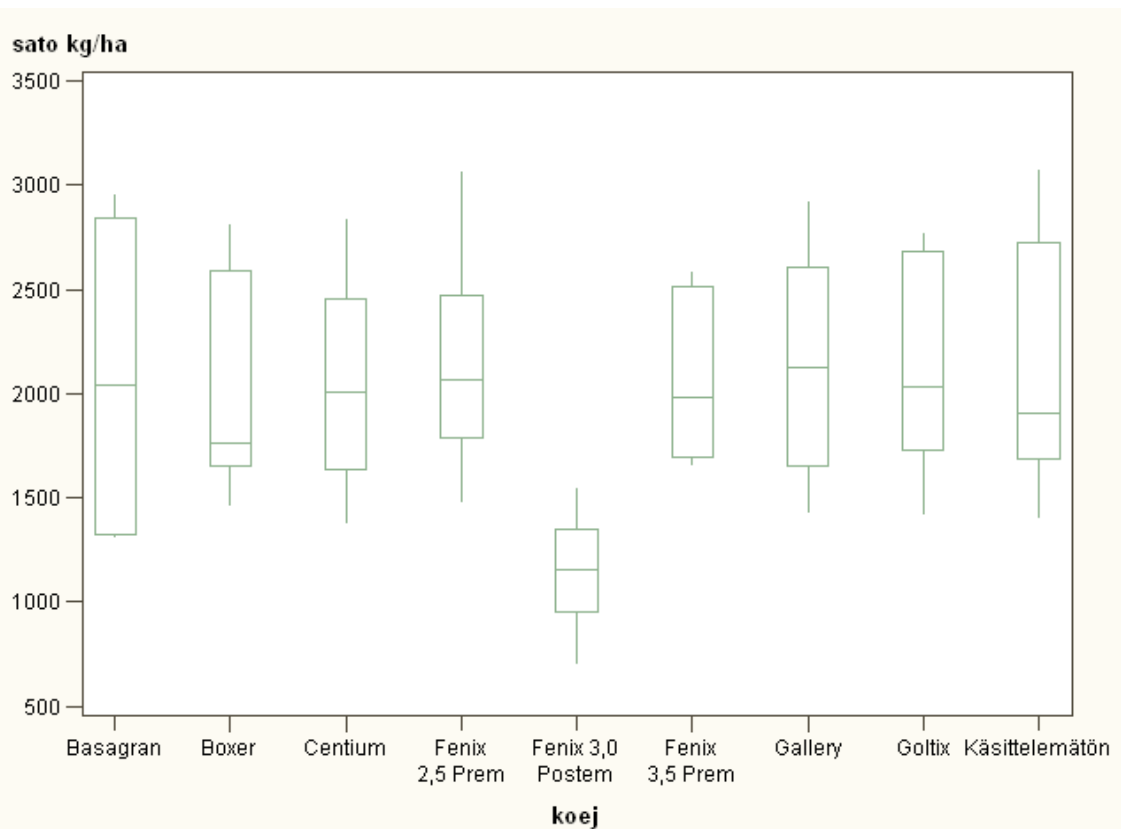
Härkäpavun kasvukunto Koskella 2010



Kuva 4.6b. Härkäpavun taimien kasvukunnon kehittyminen (% käsittelemättömästä) keuhä/heinäkuussa 2010 eri kasvinsuojeluaineilla Koskella.



Kuva 4.7. Härkäpavulla testattujen herbisidien teho rikkakasveihin kahdessa kokeessa (Jokioinen ja Koski T1) syksyllä 2010 rikkakasvien kuivapainoina mitattuna.



Kuva 4.8. Härkäpavun sato (kg/ha) 2010 kahdessa härkäpavun herbisidikokeessa (Jokioinen ja Koski Tl). Suorakaiteiden poikkiviiva kuvaa keskiarvoa ja suorakaiteen korkeus ja ”häntien” pituudet kuvaavat hajontaa.

Parhaimmat rikkakasvien torjuntatulokset saatiin ennen härkäpavun taimettumista tehdyillä Fenix -käsittelyillä. Myös Basagranilla ja Boxerilla saatiin hyvä teho, yli 80 %. Teho ei ollut riittävä Galleryllä, Goltixilla ja Centiumilla, eikä taimettumisen jälkeen käytetyllä Fenixillä (Kuva 4.7).

Basagan ei torjunut pillikettä. Aklonifeenin tehoalue poikkeaa bentatsonin rikkakasvitehospektistä. Kummallakaan tehoaineella ei härkäpavulla käytettynä saada tehoa linnunkaaliin, orvokkiin, pihatattareeseen ja pillikkeisiin, eikä teho ole riittävä emäkkiin, kiertotatariin, peippeihin ja jauhosavikkaan.

Boxerilla saatiin hyvä teho rikkakasvien massaun (teho yli 80 %), vaikka se ei torjunut jauhosavikkaa. Torjuntateho ei ollut riittävä Centiumilla, Galleryllä ja Goltixilla, joista Goltix tehosi pillikkeeseen, mutta muuten teho oli heikko kiertotatariin, jauhosavikkaan ja punapeippiin. Myös taimettumisen jälkeen käytetyn Fenixin teho rikkakasvimassoihin oli 50 % luokkaa.

Härkäpapu kärsi keväällä 2010 kuivuudesta, ja sato jäi pieneksi (Kuva 4.8.)

Herbisidit palkoviljoilla

Lupiini-, herne- ja härkäpurivejä käsiteltiin aikaisessa taimivaiheessa ja kun kasveissa oli korkeintaan yksi lehti ja enemmän kuin kaksi kasvulehteä. Käsittelyt olivat: Fenix 3,0 l/ha, Senkor 0,3 kg/ha, Basagran SG 1,7 kg/ha ja Lentagran WP 1,0 l/ha. Kasvien kasvukunto on esitetty Taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1. Palkokasvien elävyys (%) viiden viikon kuluttua herbisidikäsittelystä

I Kästellä		lehdykkä - 1. lehti			II käsittely		>2-4 lehteä						
24.6.2010		Valkolupiini		Sinilupiini			29.6.2010		ini				
I käsittely	Herkäpuu	Energie	Boruta	HaagsBl aue	Häkäpuu	II käsittely	Herkäpuu	Energie	Boruta	Haags Blau	Häkäpuu		
	Havainto 11.8.2010												
	Käsittelemätön	100	100	100	100		100	Käsittelemätön	100	100	100	100	100
	Fenix 3,0ha/	100	97.5	95	90		100	Fenix 3,0ha/	100	50	85	80	100
	Senkor 0,3 kg/ha	100	100	100	100		100	Senkor 0,3 kg/ha	100	100	97.5	95	100
	Basagran SG 1,7 kg/ha	100	80	70	80		100	Basagran SG 1,7 kg/ha	100	97.5	2.5	2.5	100
Lentagran WP 1,0 l/ha	100	00	100	100	100	Lentagran WP 1,0 l/ha	100	100	100	00	100		

Lentagran WP ei vioittanut kasveja. Basagran SG vioitti lupiineja. Fenix ja Senkor voisivat toimia ennen taimettumista käytettynä.

4.1.4 Johtopäätökset

Aklonifeeni (Fenix) sopii härkäpavun rikkakasvien torjuntaan ennen härkäpavun taimettumista, mutta ei viljelykasvin taimille ruiskutettuna, kuten herneellä. Fenix sai Off label – hyväksynnän huhtikuussa 2010 härkäpavun rikkakasvien torjuntaan ennen härkäpavun taimettumista.

Juolavehnän ja hukkakauran torjuminen tuli mahdolliseksi, kun Agil 100 EC sai Off label – hyväksynnän juolavehnän ja hukkakauran torjuntaan härkäpavusta. Tähänastiset Off label - hyväksynät tuovat apua härkäpavun rikkakasvien torjuntaan, vaikka rikkakasvilajiston koostuessa pelto-orvokista pihatatarista, pillikkeistä, peltoemäkistä tai kiertotatarista voi herbisidien teho jäädä riittämättömäksi.

Lupiinin rikkakasvien kemialliseen torjuntaan saatiin lupaavia tuloksia Lentagran WP, Basagran SG, Fenix ja Senkor valmisteilla.

4.1.5 Kirjallisuus

- Abbes, Z., Kharrt, M., Delavault, P., Simier, P & Chaibi, E. 2007. Field evaluation of the resistance of some faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes to the parasitic weed *Orobanche foetida* Poiret. *Crop Protection*. 12: 1777-1784
- Betts, M., F. & Morrison I, N. 1979. Fall and spring applications of trifluralin and metri-bitzin in fababeans (*Vicia faba*). *Weed Science*. 6: 61-64.
- Garcia de Arevalo R. C., Sanchez, M. A., Algarra, P.J.H., Lusarreta, C. A. & Veyra, C.B. 1992. Chemical control of annual weeds in field beans (*Vicia faba*) in central Spain. *Weed science*. 40: 96-100.
- Grenz, J. H., Manschadi, A. M., Uygur, F.N. & Sauerborn, J. 2005. Effects of environment and sowing date on the competition between faba bean (*Vicia faba*) and the parasitic weed *Orobanche crenata* Field Crops Research. 93: 300-313.

4.2 Härkäpavun kasvitautit ja niiden hallinta

Marja Jalli

Asiasanat: Härkäpapu, valkuaiskasvit, kasvinsuojelu, kasvitautit, suklaalaikku, tyvitautit, ruoste

4.2.1 Taustaa

Härkäpavulla esiintyy pääosin samoja kasvintuhoojia ja kasvinsuojeluongelmia kuin herneellä ja muilla palkokasveilla. Erityisongelmiakin on, kuten suklaalaikku, joka on härkäpavun yleinen kasvitauti.

Suuret sadon vaihtelut rajoittavat kiinnostusta härkäpavun viljelyn laajenemiseen. Kasvin alttius kasvintuhoojia vastaan selittää osaltaan odotettua pienemmät sadot. Lukuisat maa-, kasvijäte-, ja ilmalevintäiset taudinaiheuttajat voivat aiheuttaa vakavia kasvitautiongelmiä härkäpapakasvustossa (Stoddard et al. 2010). Kasvitaudeista härkäpavun viljelyä Suomessa rajoittaa merkittävimmin suklaalaikku, jota aiheuttavat sienet *Botrytis fabae* Sard. ja *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. Suklaalaikun aiheuttajien lisäksi on Suomen härkäpapuripelloilta eristetty 28 sadon muodostukseen vaikuttavaa sientä. Näistä taudinaiheuttajina merkittävimmät ovat *Fusarium* spp. sekä *Ascochyta fabae* Speg. (Roukola & Vestberg 1978). Kosteina ja lämpiminä kasvukausina härkäpapakasvustoissa voi esiintyä myös ruostetta (*Uromyces viciae-fabae* Pers.). Sääolosuhteet ovat suurin eri taudinaiheuttajien esiintymiseen vaikuttava tekijä (Roukola & Vestberg 1978).

Suklaalaikku säilyy kasvijätteessä ja siemenessä. Taudinaiheuttaja viihtyy kosteassa ja happamassa ympäristössä. Rungas typpilannoitus lisää suklaalaikkuriskiä. Suklaalaikku aiheuttaa kasvin maanpäällisiin osiin 1–3 mm:n kokoisia, punertavan ruskeita selvärajaisia laikkuja. Härkäpavun tyvitautien aiheuttajat säilyvät kasvijätteessä ja siemenessä. Tyviä vioittavat kasvitautit heikentävät kasvin elinvoimaa. Voimakkaassa tartunnassa itävyys on heikko, taimettuminen huonoa ja sato jää alhaiseksi. Ruosteen aiheuttajasieni säilyy kasvijätteessä ja siemenessä. Aikaisella tartunnalla on voimakas satovaikutus. Härkäpavun ruosteen alkuoireet näkyvät pieninä vaaleanvihreinä laikkuina, joista myöhemmin pursuaa punertavan ruskeaa itiömassaa. Härkäpapakasvustoa voi ränsistytää myös pahkahome, jonka pahkat säilyvät maassa vuosia.

Kasvitautien tunnistaminen, niiden seuranta kasvukauden aikana ja eri torjuntakeinojen monipuolinen käyttö tukevat härkäpavun viljelyn onnistumista. Huolellisella viljelytekniikalla voidaan estää kasvintuhoojien lisääntymistä (Stoddard et al. 2010). Härkäpapua suositellaan viljeltäväksi samalla lohkolla vain joka neljäs vuosi. Esikasviksi ei suositella öljykasvia, palkokasvia tai tattaria. Vilja on härkäpavulle hyvä esikasvi. Tartuntariski pienenee, jos edellisen vuoden lohkoihin on vähintään 500 metrin etäisyys.

Siemenen terveys on elinvoimaisen kasvuston perusta. Siemenen terveyttä edistävät sementuotannossa käytetyt integroidun kasvinsuojelun menetelmät: viljelykierto, laonesto ja seosviljely. Siemenen peittäus ei ole Suomessa vakiintunut menetelmä härkäpavun viljelyssä. Tähän ovat vaikuttaneet muun muassa peittauksen teknisen toteutuksen vaikeus ja hyväksytyjen peittäusainemäärän vähäisyys. Siemenen peittauksella on kuitenkin todettu olevan positiivinen vaikutus palkokasvien kasvuun. Onnistunut peittäus parantaa itävyyttä, tyvien terveyttä, sadon määrää ja laatua sekä vähentää kasvijätteen kautta peltoon edelleen jäävien taudinaiheuttajien määrää.

Rikkakasvien torjunta parantaa kasvuston ilmavuutta ja vähentää taudinaiheuttajille alttiiden isäntäkasvien määrää. Lajikkeen taudinkestävyys on tehokas ja taloudellinen keino kasvitautien hallintaan. Useimpia härkäpavun taudinaiheuttajia vastaan on kuvattu monia taudinkestävyysläheteitä. Niiden tuloksellinen hyödyntäminen kasvinjalostuksessa edellyttää tehokkaita geenitekni-

kan menetelmiä, resistenssin geneettisen taustan sekä taudinaiheuttajien virulenssin tuntemista (Sillero et al. 2010).

Suomessa viljeltävien härkäpapulajikkeiden taudinkestävyys on heikko ja taudeille suotuisissa olosuhteissa suositellaan kemiallista torjuntaa. Suklaalaikun torjuntaan on Suomessa hyväksytty Topsisin M (tiofanaatti-metyyli), Switch 62.5 WG (syprodiniili ja fludioksoniili) sekä Amistar (atsoksistrobiini) -valmisteet. Siemenlevintäisten tyvitautilien torjuntaan on hyväksytty tiraami-, iprodioni- ja sädesienivalmisteet.

4.2.2 Aineisto ja menetelmät

Monipalko-hanke selvitti kenttäkokeissa siemenen peittauksen ja kasvustoruiskutusten tehokkuutta härkäpavun yleisimpien kasvitautien hillitsijänä vuosina 2009–2011. Peittauksessa testattuja tehoaineita olivat: fludioksoniili, iprodioni, *Pseudomonas chlororaphis* MA 342, *Streptomyces* K61 ja tiraami. Kasvustoruiskutuksissa testattiin propikonatsolin, protiokonatsolin ja atsoksistrobiinin vaikutusta lehtiä viottaviin taudinaiheuttajiin.

4.2.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Monipalko-hankkeessa yleisin härkäpavun tyvitaudinaiheuttajista oli *Rhizoctonia solani*. Lisäksi tyvioireita aiheuttivat *Ascochyta*-, *Mycosphaerella*- ja *Fusarium*-lajit.

Härkäpavulla kaikki testatut peittausaineet lisäsivät terveiden tyvien määrää. Vaikutus oli selvin, kun siemenerä oli pahoin taudinaiheuttajien tartuttama. Paras tulos saatiin biologisella *Pseudomonas chlororaphis* MA 342-tehoaineella. Valmiste paransi siemenen itävyyttä, mikä ilmeni 35 % parempana taimettumisena ja 15 % parempana sadontuotona käsittelemättömään verrattuna. Muilla valmisteilla tehokkuus taudinaiheuttajien torjuntaan ei heijastunut sadonmuodostukseen asti. Merkittävänä esteenä tähän oli peittausaineiden rakenne. Jotta jauhemaiset peittausaineet saatiin tarttumaan siemenen pinnalle, käytettiin apuna siemenen kastelua. Tämä aiheutti ongelmia kylvössä ja kasvustot jäivät paikoin aukkoisiksi. Millään peittauskäsittelyllä ei ollut vaikutusta kasvukauden aikaisten lehtilaikkutautien esiintymiseen.

Monipalko-hankkeen lohkoilla suklaalaikku eteni aggressiiviseen vaiheeseen asti vain kasvukautena 2011. Kasvukausina 2009–2010, jolloin tartuntatasot olivat alhaiset, torjunta ei vaikuttanut kasvuston kuntoon eikä sadonmuodostukseen. Heinäkuusta 2011 sadonkorjuuseen asti kosteusolosuhteet olivat taudin leviämiseksi optimaaliset. Elokuun alussa suklaalaikku eteni muutamassa viikossa nopeasti ja syyskuun alussa kasvusto oli täysin laikkutautien tuhoama. Protiokonatsoli-valmisteella käsitellyt ruudut olivat muita ruutuja vihreämpiä (Kuva 4.9.). Tautitorjunta vaikuttaa joko muodostuvien palkojen lukumäärään vähentämällä kukkainfektiota tai siemenen kokoon pitämällä lehdet pidempään yhteyttämiskykyisenä. Kokeissa vaikutus kohdistui siemenen täytymiseen. Siemenen koko oli suurempi protiokonatsoli- ja atsoksistrobiini-valmisteilla käsitellyissä ruuduissa. Satovaikutukset jäivät silti vähäisiksi eikä merkittäviä eroja eri käsittelyjen välillä ollut.



KÄSITTELEMÄTÖN
Jokioinen 2.9.2011



PROTIOKONATSOLI 0.8 l/ha
Jokioinen 2.9.2011

Kuva 4.9. Härkäpavun kasvitautien torjuntakokeessa protikonatsoli-tehoaineella käsitellyt koerudut erottuivat muita koeruujuja vihreämpinä. Jokioinen 2.9.2011. (Kuvat Marja Jalli)

4.2.4 Johtopäätökset

Härkäpavun kasvitautien esiintymisessä merkittävin tekijä oli sää. Koska härkäpavun yleisimmät kasvitautinaiheuttajat säilyvät siemenessä ja kasvijätteessä, ovat kylvösiemenen terveys sekä viljelykierto oleelliset tekijät kasvitautiriskien vähentämisessä. Onnistuneella peittauksella voidaan siemenlevintäisten taudinaiheuttajien vahinkoa vähentää merkittävästi. Ongelmana on kuitenkin markkinoilla olevien peittausvalmisteiden vähäinen määrä sekä jauhemaisten valmisteiden tekninen soveltumattomuus. Kasvukauden aikaisen kemiallisen torjunnan tavoitteena on suojata sekä kehittyvät kukinnot että yhteyttävät lehdet. Koska härkäpavun kasvuaika on pitkä, on erityistä huomiota kiinnitettävä torjunnan ajoitukseen. Aikaisessa ja voimakkaassa tautipaineessa voi jaettu torjunta olla kannattavaa. Toisaalta aikaisessa vaiheessa tehty torjunta voi olla kannattamatonta, jos kasvukauden lopun sääolot eivät suosi taudinaiheuttajan leviämistä. Suklaa-aikeun rinnalle on Suomessa ilmaantunut toinen tarkkailtava kasvitauti ruoste, jota esiintyi runsaasti lämpimänä kasvukautena 2011. Torjuntatarpeen arviointi ja torjunnan onnistuminen edellyttävät aktiivista kasvuston kunnon, oireiden ja sääolojen seuranta.

4.2.5 Kirjallisuus

- Roukola, A.-L. & Vestberg, M. 1978. Fungus diseases of field bean in Finland during 1975–1977. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 50: 455–467.
- Sillero, J.C., Villegas-Fernández, A.M., Thomas, J., Rojas-Molina, M.M., Emeran, A.A., Fernández-Aparicio, M. & Rubiales, D. Faba bean breeding for disease resistance. *Field Crops Research* 115: 297–307.
- Stoddard, F.L., Nicholas, A.H., Rubiales, D., Thomas, J. & Villegas-Fernandez, A.M. 2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research* 115: 308–318.

4.3 Härkäpavun tuhoeläimet

Erja Huusela-Veistola

Asiasanat: Härkäpapu, valkuaiskasvit, kasvinsuojelu, tuhoeläimet, juovahernekärsäkäs, hernekirva, hernekääriäinen

4.3.1 Taustaa

Härkäpapu (*Vicia faba*) on maailmalla yleisesti viljelty palkokasvi. Suomessa kiinnostus härkäpavun viljelyyn on kasvanut nopeasti viime vuosina, ja sen viljelyala on nykyisellään n. 10 000 ha. Kokemusta härkäpavun viljelystä ja kasvinsuojeluongelmista on vasta vähän eikä härkäpavun viljelyvarmuutta Suomessa ole juurikaan tutkittu. Viljelyn laajeneminen ja olosuhteiden vaihtelu on huomioitava etsittäessä sopivia keinoja härkäpavun kasvintuhoojien hallintaan.

Moniruokaisille tai -isäntäisille kasvintuhoojille riittää peltoympäristössä usein sopivia isäntäkasveja. Tiettyyn kasvilajiin erikoistuneiden kasvinsyöjien runsastuminen on kuitenkin riippuvainen isäntäkasvin alueellisesta ja ajallisesta esiintymisestä sekä sääolosuhteista. Monesti kasvintuhoojaongelmat lisääntyvät yksittäisen viljelykasvin viljelyn laajetessa (Altieri & Letourneau 1982). Kasvintuhoojat saavat helpommin jalansijaa, kun isäntäkasvin viljelyala ja -frekvenssi kasvavat. Esimerkiksi hernekääriäisongelmien todennäköisyys on selvästi sidoksissa herneen viljelyn laajuuteen (Huusela-Veistola & Jauhiainen 2006). Samantyyppinen kasvinsuojeluongelmien runsastuminen voi olla mahdollista myös härkäpavun viljelyn yleistyessä.

Maailmanlaajuisesti härkäpavulla on havaittu yli 70 tuholaislajia, mutta lajisto vaihtelee paljon alueellisesti (Stoddard ym. 2010). Suomessa härkäpavulla esiintyy pääosin samoja kasvintuhoojia ja kasvinsuojeluongelmia kuin herneellä ja muilla palkokasveilla. Niiden merkitys voi kasvaa härkäpavun viljelyn vakiintuessa. Härkäpavun kasvintuhoojien hallinta on oleellinen osa viljelyvarmuutta.

4.3.2 Aineisto ja menetelmät

Härkäpavun tuhoeläinten esiintymistä tutkittiin Monipalko-hankkeen kenttäkokeissa vuosina 2009–2011. Tuhoeläinhavaintoja tehtiin härkäpavun herbisidikokeista Jokioisista ja Koskelta sekä fungisidikokeesta Jokioisista. Varsinaisia tuhoeläinten hallintaan liittyviä kenttäkokeita ei ollut.

4.3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tuhoeläinten esiintyminen härkäpapukokeissa

MoniPalko-hankkeen härkäpapulohkoilla tuhoeläinten vioituksia esiintyi kohtuullisen vähän. Kenttäkokeet keskittyivät härkäpavun rikkakasvien ja suklaalaikun hallintaan, eikä tutkituilla koetekijöillä havaittu olevan vaikutusta tuhoeläinmääriin.



Kuva 4.10. Juovahernekärsäkkään voituksia (vasemmalla) ja kirvoja (oikealla) härkäpavulla vuonna 2009. (Kuvat Erja Huusela-Veistola).

Juovahernekärsäkkään (*Sitona lineatus*) voitusta havaittiin härkäpavun taimissa kaikilla koe-lohkoilla. Aikuiset herneikärsäkkäät vaurioittavat pieniä taimia nakertamalla lehtien reunaan ko-loja. Kärsäkkään toukat vioittavat juurinystyröitä, mutta voitoksen merkitystä satoon ei tarkkaan tiedetä. Kärsäkäsongelmat ovat tavallisempia kuivina ja lämpiminä keväinä, mutta reheväkas-vuinen härkäpapu toipuu yleensä hyvin voituksista. Lämpiminä kesinä heinä-elokuussa kuoriu-tuvat uuden sukupolven aikuiset juovaherneikärsäkkäät voivat vioittaa härkäpapukasvustojen latvustojta, mutta sillä ei liene juurikaan taloudellista merkitystä.

Hernekirvoja (*Acyrtosiphon pisum*) oli runsaasti Jokioisten härkäpapulohkoilla heinäkuussa 2010. Hernekirva onkin yleinen palkokasvien tuholainen. Vuonna 2009 Jokioisten härkäpapu-kasvustosta löytyi lisäksi yksittäisistä kasveista *Megoura viciae* –kirvaa, jonka isäntäkasveja ovat härkäpavun lisäksi mm. niittynätkelmä ja hiirenvirna. Kirvat lisääntyvät parhaiten lämpimässä ja ovat runsaimmillaan yleensä heinäkuussa härkäpapukasvuston kukkiessa. Suoran imentävoituk-sen lisäksi kirvoista on haittaa myös epäsuorasti, koska ne voivat levittää useita kasvien virus-tauteja (Makkouk 1998).

Härkäpapulohkoilla olleisiin hernekääriäisen (*Cydia nigricana*) feromoniansoihin tuli runsaasti aikuisia hernekääriäisiä, mutta voituksia härkäpavun paloissa ei siitä huolimatta juurikaan ha-vaittu. Vaikka hernekääriäisen voitutus härkäpavulla jää yleensä vähäiseksi, on härkäpavun kääri-äistuoja raportoitu esimerkiksi Puolassa (Niezgodzinski 1965).

Muita mahdollisia härkäpavun tuholaisia

Härkäpavun latvustossa viihtyy Suomessakin yleinen moni-isäntäinen papukirva (*Aphis fabae*). Papukirvan yli 200 isäntäkasvin joukkoon kuuluu myös monia rikkakasveja, kuten meillä yleiset jauhosavikka ja pelto-ohdake.

Kirjallisuudessa härkäpavun tuholaisina mainitaan myös varsiankeroinen (*Ditylenchus dipsaci*) ja siemeniä pahoin vioittava härkäpapupiilokas (*Bruchus rufimanus*) (Biddle & Carrouee 1996).

Varsiankeroinen oli aikoinaan paha ongelma apilanviljelyssä. Härkäpapiilokas ei ole toistaiseksi vakiintunut Suomeen, vaikka se aiheuttaa ongelmia Etelä-Ruotsissa (Wikström 2011).

Tuhoeläinten hallinta härkäpavulla

Vaikka härkäpavulla ei viljelyn alkuvuosina ole havaittu pahoja tuhoeläinongelmia, on niiden ilmaantumiseen kuitenkin varauduttava viljelyn vakiinnuttaessa asemaansa. Monet palkokasvien tuhoeläimet ovat liikkuvia eikä pelkkä lohkokohtainen kasvinvuorotus niiden hallinnassa riitä. Härkäpavun ja viljan seosviljelyn on kuitenkin todettu vähentävän mm. kirvojen määrää härkäpavulla (Patriquin ym. 1988). Tuhoeläinten esiintyminen ja niiden aiheuttamat satotappiot ovat usein sattumanvaraisempia kuin kasvitautien eikä tuhoeläimille resistenttien lajikkeiden jalostukseen ole juurikaan panostettu. Kemiallinen torjunta voi olla tarpeen tuhoeläinten hallinnassa, jos hernekärsäkkäitä esiintyy keväällä erittäin runsaasti tai kukintavaiheessa kasvustoissa on paljon kirvoja. Tällä hetkellä herneen tuhoeläinten torjuntaan käytettävillä pyretroidi-valmisteilla ei kuitenkaan ole virallista hyväksyntää härkäpavun tuhoeläinten torjuntaan. Sen sijaan luonnonpyretriinejä (Bioruiskute S) voi sen sijaan käyttää tuhoeläinten torjuntaan kaikilla peltoviljelyksillä

Härkäpavun kasvintuhoojien runsaudessa voi olla paljon paikallista ja ajallista vaihtelua. Suomeen sovellettavissa olevia härkäpavun kasvintuhoojien ennustejärjestelmiä ei ole valmiina, mutta herneellä ja muilla palkokasveilla käytettyjä kasvinsuojelukeinoja voidaan pääosin hyödyntää myös härkäpavulla. Kasvintuhoojien tarkkailu (tunnistus ja seuranta) sekä kasvinsuojelun ja muiden viljelytekniisten toimenpiteiden optimointi ovat uuden viljelykasvin yleistyessä tarpeen.

4.3.4 Kirjallisuus

- Altieri, M.A. & Letourneau, D.K. 1982. Vegetational management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Biddle, A. & Carrouee, B. 1996. Pests: a constraint for productivity of peas, faba beans and lupins. *Grain Legumes* 15: 12-13
- Huusela-Veistola, E., & Jauhiainen, L. 2006. Expansion of pea cropping increases the risk of pea moth (*Cydia nigricana*; Lep., Tortricidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*, 130, 142–149.
- Makkouk, K.M. 1998. Virus diseases of legume crops transmitted persistently by sucking insects. *Grain Legumes* 21: 9-10.
- Niezdgodzinski, P. 1965. Pea moth *Laspeyresia nigricana* Steph. (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) a new pest of broad bean in Poland. *Polskie Pismo Entomologiczne Seria B Entomologia Stosowana* 1/2: 177-179.
- Patriquin, D.G., Baines, D., Lewis, J. & MacDougall, A. 1988. Aphid infestation of faba beans on an organic farm in relation to weeds, intercrops and added nitrogen. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 20: 279-288.
- Stoddard, F.L., Nicholas, A.H., Rubiales, D., Thomas, J. & Villegas-Fernandez, A.M. 2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research* 115: 308-318.
- Wikström, M. 2011. Svamp och insekter i åkerbönor. *Skåne Lantbruk* 2: 24-27.

5 Palkoviljojen lajikkeet siemeneksi ja säilörehuksi

Fred Stoddard, Arja Nykänen, Clara Lizarazo

Asiasanat: härkäpapu, sinilupiini, linssi, valkolupiini, lajike, vihantarehuerne

5.1 Tausta ja tavoitteet

Kiinnostus härkäpavun viljelyyn on lisääntynyt, mutta sen suurin ongelma on pitkä kasvu-aika. Sini-lupiinin valkuaispitoisuus on korkein palkoviljoista, mutta Suomeen sopivista lajikkeista ei ole ollut kokemusta. Hankkeessa etsittiin uusia Suomeen sopivia härkäpapu- ja sinilupiinilajikkeita puitavaksi valkuaisrehuksi. Hankkeen edetessä heräsi kiinnostus käyttää pitkän kasvuajan omaavia härkäpapu- ja valkolupiinilajikkeita kokonaisina kasveina kokoviljasäilörehun raaka-aineeksi vehnän kanssa seoksena.

Tavoitteena on parantaa palkoviljojen viljelyvarmuutta tuomalla herneen rinnalle vaihtoehtoinen kasvilaji, makealupiini sekä etsimällä härkäpavusta uusia Suomen oloissa tuottoisia lajikkeita. Lisäksi testattiin Suomeen sopivia linssilajikkeita.

5.2 Aineisto ja menetelmät

Härkäpavun, sinilupiinin ja linssin tuotantoon sopivia lajikkeita selvitettiin lajikekokeissa Helsingissä Viikissä. Lajikekokeissa oli kolmen vuoden (2009–2011) aikana 21 härkäpapulajiketta, 5 sinilupiinilajiketta ja 14 linssilajiketta. Lajikkeiden nimet näkyvät tulostaulukoissa (Taulukko 5.1.). Ruudut kylvettiin toukokuun puolivälissä. Rikkakasvit ja kasvitautit torjuttiin, Eri kasvien kylvötiheydet olivat seuraavat: härkäpapu 55–60 kpl/m², sinilupiini 120–125 kpl/m² ja linssi 120–130 kpl/m². Ruuduista havainnoitiin taimettuminen, biomassan määrä, satokomponentit, rikkakasvit, tuhoeläimet ja kasvitautit sekä mitattiin siemensadon määrä. Useita edellä mainituista lajikkeista viljeltiin myös Mikkeliissä 2009–2010 sekä Jokioisilla 2011.

Vuosina 2010 ja 2011 tehtiin myös palkovilja-viljaseosten viherlannoituskokeet Mikkeliin ja Viikkiin vuonna 2010. Palkoviljoina mukana olivat vihantarehuerne (Arvika, Florida, Akoja), härkäpapu (Aurora, Espresso, Tangenta) ja valkolupiini (Energy). Seokset kylvettiin toukokuun lopulla. Sekä viljoja että palkoviljoja kylvettiin molempia seoksiin 80 kg/ha riippumatta kasvista tai siemenkoosta. Kokeita ei lannoitettu. Osaruutukokeessa pääruutuna oli seoksessa oleva palkovilja ja osaruutuna kolme maahanmuokkausajankohtaa. Kasvustojen kuiva-ainesato ja kasvijaikooisuus mitattiin ja niistä analysoitiin typpipitoisuus ja orgaanisen aineen sulavuus, koska massoja voi käyttää myös kokoviljasäilörehuna kotieläintilalla. Lisäksi määritettiin maan liukoisuuden tyypin pitoisuus maahan muokkauksen aikaan, kuukausi sen jälkeen ja kasvukauden lopussa sekä seuraavana viljavuonna kahdesta maakerroksesta (0–30 cm ja 30–60 cm).

5.3 Tulokset

5.3.1 Härkäpavun, sinilupiinin ja linssin siemensadot

Härkäpapujen sadot olivat keskimäärin 3 000–5 800 kg/ha 2010 ja 2011 (Taulukko 5.1.). Pitkälti sadot eri lajikkeilla ovat sitä korkeammat, mitä pidempi niiden kasvu-aika on. 'Kontu' on lajikkeista selkeästi aikaisin ja sitä seuraavilla lajikkeilla (Alexia, Babylon, Fatima ja SSNS-1) kas-

vuaika on noin viikkoa pidempi. 'Kontu' oli lajikkeista selkeästi kuivuuden arin ja vuonna 2010 se ennemminkin kuoli kuivuuteen kuin tuleentui. Tästä syystä sen kasvu-aika taulukossa on poikkeuksellisen lyhyt. 'Babylon' oli selkeästi korkeasatoisin suhteessa kasvu-aikaan ja 'SSNS-1' puolestaan oli korkeasatoisin suhteessa siemenkokoon. Sinilupiinilajikkeet tuottivat keskimäärin 3 000 kg/ha ja parhaat lajikkeet olivat 'Haags Blaue' ja 'Sonet' aikaisuutensa vuoksi. Linssien sadot olivat 1 500–2 000 kg/ha ja lupaavimmat lajikkeet viljelyyn ovat 'Milestone', 'Redbow' ja 'Rosebud', jotka tuleentuvat johdonmukaisesti aina aikaisin. 'Milestone' on vihreä- ja kaksi muuta ovat punasiemenisiä lajikkeita. Kaikki kolme on hyväksytyt siemenluetteloon tammikuussa 2012.

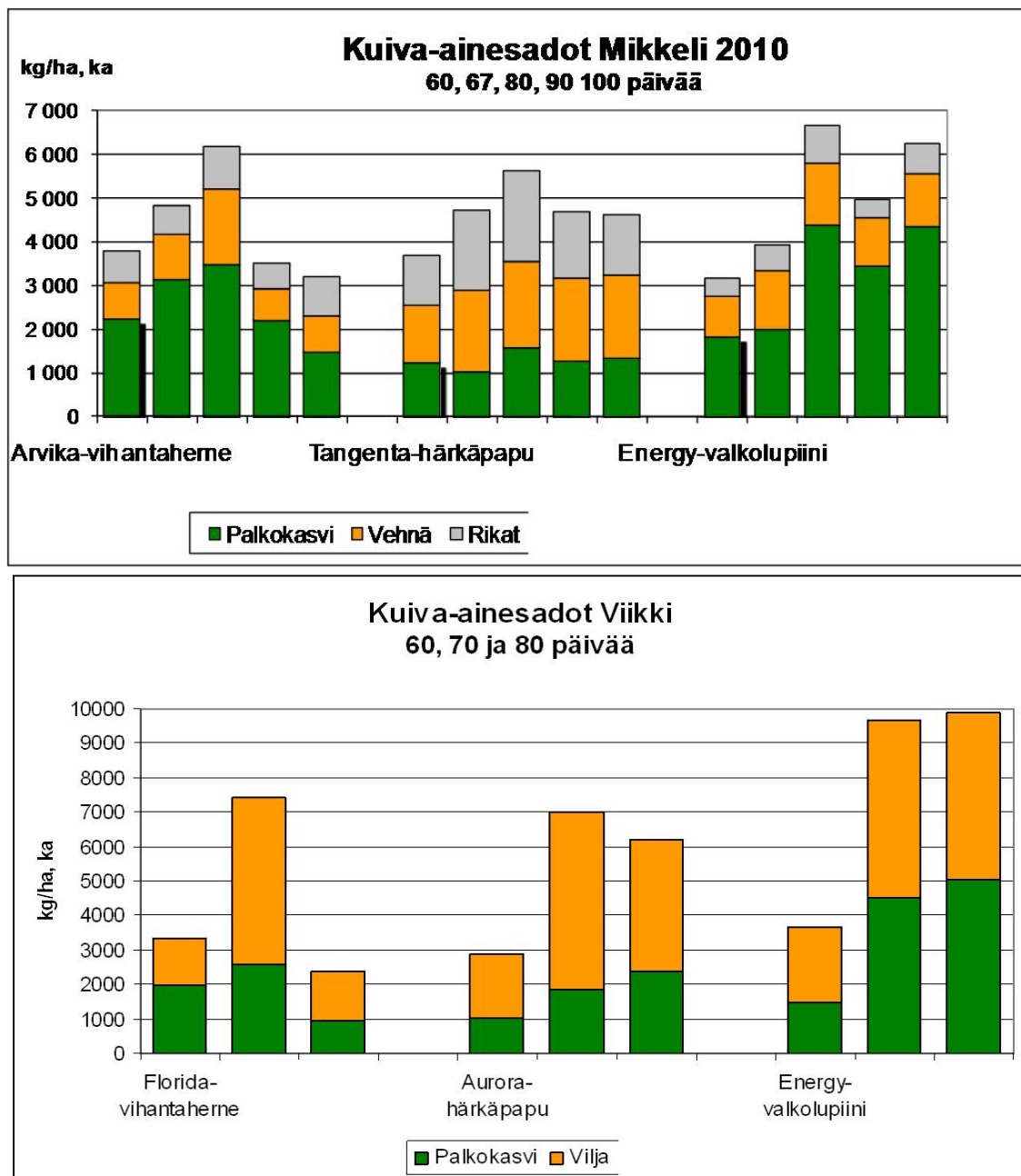
Mikkelissä vuonna 2009 'Kontu' tuotti luomuviljelyssä noin 2 000 kg/ha, 'Ukko' 1 400 kg/ha ja 'Colombo' ja 'Jogeva' 650 kg/ha. Vuonna 2010 jäivät sadot minimaalisiksi kuivuuden vuoksi, mutta 2011 sadot olivat karkeasti laskien puolet Viikissä saaduista sadoista, kuin myös sinilupiinien ja linssien sadot.

Taulukko 5.1. Härkäpapu-, sinilupiini- ja linssilajikkeiden siemensadot, kasvuajat (tehoisan lämpötilan summana °C) ja tuhannen siemenen painot (TSP, g) Viikissä 2010 ja 2011. Tähdellä merkityt ovat kahden vuoden keskiarvoja, muilla lajikkeilla tulos edustaa joko vuoden 2010 tai 2011 satoa.

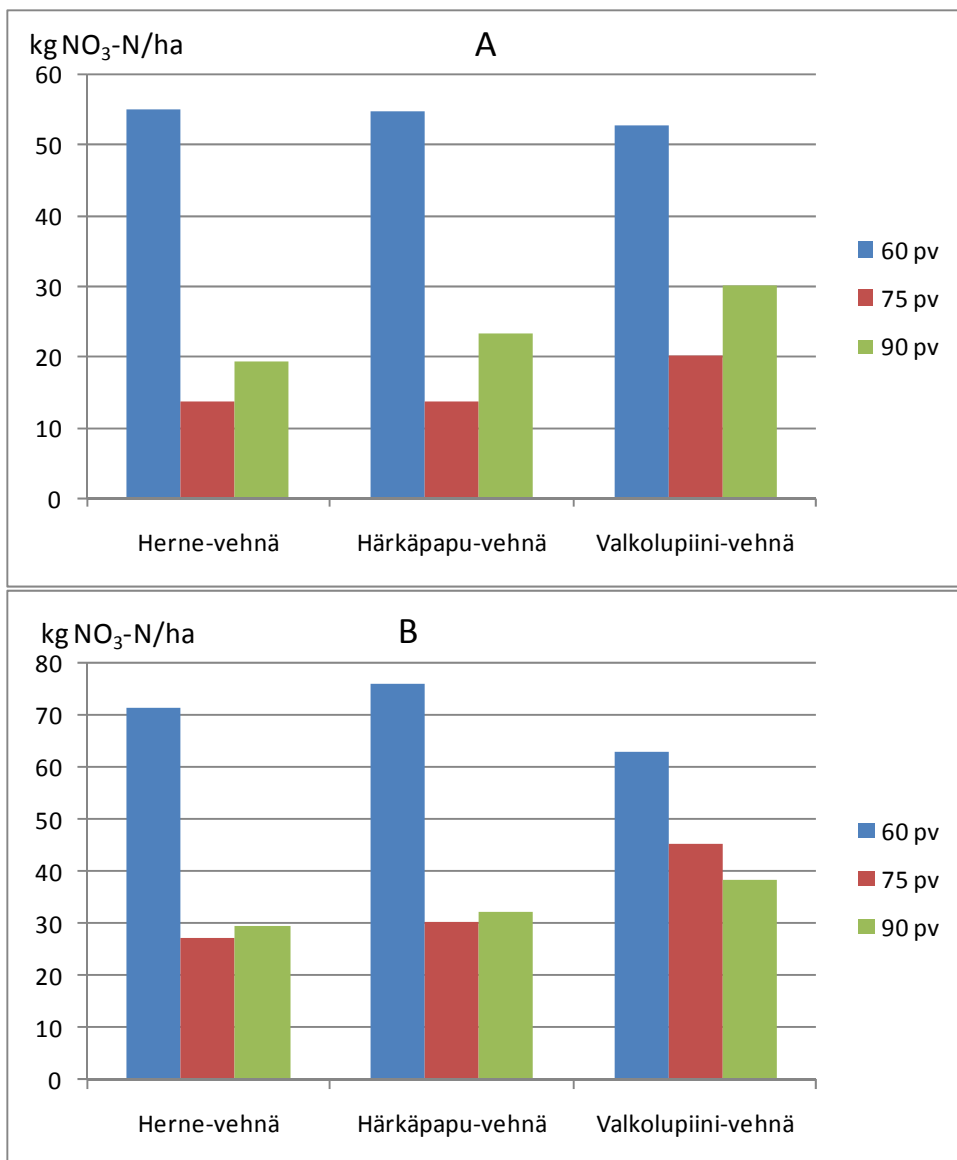
Härkäpapu				Sinilupiini			
Lajike	Kasvu-aika	Sato	TSP	Lajike	Kasvu-aika	Sato	TSP
Kontu *	990	3,60	323	Sonet *	946	2,63	149
Columbo	1052	3,79	507	Haags Blaue *	930	2,82	157
Fatima	1083	4,13	517	Boruta *	1040	3,16	151
Babylon	1085	5,51	541	Boregine		4,08	182
Fatima	1091	3,92	440	Sanabor		4,82	203
SSNS-1 *	1103	4,19	313				
Pyramid	1117	4,93	521				
Alexia *	1118	4,61	478	Linssi			
Aurora *	1124	4,24	447	Lajike	Kasvu-aika	Sato	TSP
Witkiem Manita	1124	3,00	1285	Meteor	969	1,87	57
GLA1103	1142	4,51	486	Redbow*	952	1,83	35
Fuego	1149	4,67	534	Redcoat	977	1,65	44
Divine	1154	5,41	558	Rosetown*	965	1,51	49
Gracia	1156	5,68	592	Milestone*	966	1,66	44
Tangenta *	1157	5,25	531	Redberry*	1025	1,57	46
Taifun	1163	5,33	567	Robin	980	1,51	35
Ben	1164	4,71	512	Sovereign	1137	1,41	73
Melodie *	1169	5,11	527	Viceroy	994	1,40	38
Disco	1180	4,24	546	Rosebud*	929	1,39	35
Espresso	1188	5,84	532	Blaze	961	1,38	38
Tattoo	1197	4,95	552				

5.3.2 Herne, härkäpapu ja valkolupiini kokoviljaseoksissa

Seoskasvustot tuottivat vuonna 2010 Mikkelissä 3 000-6 000kg/ha ja Viikissä 2 000-10 000 kg/ha kuiva-ainesatoja eri kasvu-aikoina (Kuva 5.1.). Palkokasvisadot seoksissa olivat keskimäärin 2 000 kg/ha ja loput vehnää (Mikkelissä myös rikkakasvien osuus oli suuri). Kesä 2010 oli erittäin kuuma ja kuiva, mikä aiheutti mm. sen, että hernekasvustot tuleantuivat ja ränsistyivät aikaisin. Valkolupiini puolestaan kasvatti biomassansa syksyä kohti.



Kuva 5.1. Eri herne-, härkäpapu- ja valkolupiinilajikkeiden kuiva-ainesadot (kg/ha) vehnän kanssa seoksina eri kasvu-aikoina Mikkelissä ja Viikissä 2010.



Kuva 5.2. Maan nitraattityppipitoisuudet muokkauskerroksessa (A) ja jankossa (B) 13.10.2010 Mikkelissä eri palkokasviseosten ja niiden biomassojen kasvuaikojen jälkeen.

Maan nitraattityppipitoisuudet olivat korkeita, kun ne mitattiin lokakuun puolivälissä 2010. Muokkauskerroksessa määrät olivat 55 kg/ha, kun maahan oli muokattu 60 päivää kasvanut kasvimassa. 75 ja 90 päivää kasvaneen kasvimassan jälkeen määrät olivat 15–30 kg/ha ollen valkolupiinin jälkeen korkeampia kuin herneen ja härkäpavun jälkeen (Kuva 5.2.A). Jankossa määrät olivat 60 päivän massan jälkeen 60–70 kg/ha ja pidempään kasvaneiden biomassojen jälkeen 30–40 kg/ha (Kuva 5.2.B). Nämä luvut kertovat suuresta typen huuhtoutumisriskistä syksyn ja talven aikana näiden kasvustojen jälkeen. Tällaisten kasvustojen maahan muokkauksen jälkeen olisikin erittäin tarpeellista kylvää pellolle pyydyskasvi syksyn ja talven ajaksi huuhtoutumisriskin vähentämiseksi.

Kevätvehnäsadot vuonna 2011 edellisenä vuonna kasvaneiden palkoviljaseoskasvustojen jälkeen olivat Mikkelissä vaatimattomat (1 000–1 400 kg/ha), mikä ainakin osittain johtunee typen huuhtoutumisesta. Parhaat sadot saatiin 60 päivää kasvaneen biomassan jälkeen, vaikkakin erot satojen välillä olivat pienet (200 kg/ha).

5.4 Johtopäätökset

Tulokset kolmelta kasvukaudelta osoittavat, että sinilupiinilajikkeista potentiaalisimmat ovat 'Haags Blaue'. ja 'Sonet' Kokeiden tulosten perusteella monet maanviljelijät ovatkin jo alkaneet viljellä sitä nimenomaan Satakunnassa, Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Linssien lajikekokeet ovat osoittaneet kolme lupaavaa lajiketta (Milestone, Redbow ja Rosebud), joita maanviljelijät ovat kiinnostuneet viljelemään kuluvana vuonna. Härkäpapulajikekokeissa 'Kontu' on edelleen aikaisin kaikista kokeesta olleista lajikkeista. On kuitenkin useita lajikkeita, jotka ovat satoisampia ja ravintoarvoltaan parempia 'Kontuun' verrattuna ja tätä tietoa tullaankin käyttämään hyödyksi tulevaisuuden jalostusohjelmissa.

Kokoviljasäilörehuseoksiin sopivat vihantarehunerneet 'Arvika' ja 'Florida', joista tosin 'Florida' lienee vaativampi kasvupaikan suhteen. 'Tangenta' ja 'Gracia' ovat puolestaan sopivat härkäpapulajikkeet, koska ovat reheväkasvuisia ja liian myöhäisiä siementuotantoon. Valkolupiinilajike 'Energy' osoittautui vähintään yhtä hyväksi sadontuottajaksi kuin herneet ja härkäpavut. Myös 'Ludic' lienee sopiva valkolupiini kokoviljaseoksiin. Palkoviljojen osuus siemenseoksesta on hyvä olla yli puolet. Jos palkoviljoja käytetään viherlannoitukseen, on niiden maahanmuokkauksen jälkeen syytä kylvää pellolle loppukesäksi pyydyskasvi, sillä muutoin typen huuhtoutumisriski kasvaa erittäin suureksi eikä kasvustoissa oleva typpi siirry seuraavan vuoden kasville käytettäväksi.

5.5 Kirjallisuus

Stoddard, F., Mäkelä, P., Santanen, A., Egilmez, P., Seleiman, M. F., Lizarazo Torres, C., Råfså, T., Hartikainen, H. & Yli-Halla, M. 2011. Valkolupiinista on moneksi. Maaseudun tiede. 68, 2: 12.

6 Viherlannoituksen tehostaminen biokaasutuksella

Arja Nykänen ja Riitta Lemola

Asiasanat: puna-apila, nurmi, viherlannoitus, lannoitusvaikutus, typen huuhtoutuminen

6.1 Johdanto

Palkokasvien viljely viherlannoitukseksi on yleistä luomutuotannossa, varsinkin luomukasvinviljelytiloilla, joilla ei ole karjanlantaa käytettävissään. Viime aikoina viherlannoitus on alkanut kiinnostaa myös tavanomaisia viljelijöitä, koska se tuo peltoon typpeä biologisen typensidonnan avulla, jolloin väkilannoitetyypen käyttötarve pienenee. Lisäksi viherlannoituskasvit tuovat vaihtelua viljelykasvistoon vähentäen kasvitautipainetta ja ne myös parantavat maan rakennetta. Yleisimmin käytetty viherlannoituskasvusto on puna-apila-heinänurmi. Myös virnapitoisia kasvustoja käytetään varsinkin puutarhatiloilla.

Viherlannoituksen ongelmana on kuitenkin se, että viherlannoitusvuonna pellolla ei kasva myytävää kasvia, ellei kasvimassaa saada myytyä esimerkiksi jollekin karjatilalle rehuksi. Typen huuhtoutumisriski on myös huomioitava, kun maahan muokataan syksyllä suuria typpimääriä sisältäviä kasvimassoja. Jonkin verran ongelmana koetaan myös se, että keväällä typen vapautuminen kasvibiomassasta on liian hidasta vilja- ja öljykasvien tarpeisiin nähden.

Näihin ongelmiin ratkaisua voisi tarjota viherlannoitusbiomassan biokaasuttaminen. Tällöin typpipitoinen massa ei ole talven aikana huuhtoutumiselle alttiina maassa, vaan biokaasureaktorissa. Tuotettu biokaasu tuo taloudellista etua, jos se pystytään hyödyntämään tilalla. Ja lisäksi biokaasutusprosessissa massan typpi muuttuu orgaanisesta tpeestä liukoiseksi epäorgaaniseksi typeksi ja olisi näin käyttökelpoisempaa kasveille seuraavana keväänä, kun se levitetään peltoon. Saksalaisten ja ruotsalaisten tutkimusten mukaan mädätetyn vihermassan lannoitusvaikutus paranee ja huuhtoutumisriskit vähenevät, kun vihermassa kaasutetaan ja mädäte levitetään pellolle silloin, kun kasvit sitä pystyvät parhaiten hyödyntämään (Stinner ym. 2008, Möller & Stinner 2008, Båth ym. 2008).

Tämän tutkimuksen tavoitteena olikin siis selvittää, onko viherlannoitusbiomassan mädätys varteenotettava vaihtoehto viherlannoituksen toteuttamiselle ottaen huomioon lannoitusvaikutuksen seuraavalle kasville, typen huuhtoutumisriskin sekä taloudellisen kannattavuuden toisaalta työ- ja konekustannusten lisääntyessä, mutta toisaalta biokaasun hyödynnettävyyden kautta.

6.2 Aineisto ja menetelmät

Mikkeliin ja Jokioisille perustettiin kaksi kenttäkoetta kumpaankin. Kokeissa pääruutuna oli puna-apilannurmen viherlannoitustapa (viherlannoitus = niitto maahan tai biokaasutus = satomassan korjuu pois, biokaasutus ja levitys takaisin seuraavana keväänä pellolle lannoitteeksi). Verranteena oli vehnä tavanomaisella lannoituksella ilman viherlannoitusta. Koska kaikkea korjattua apilannurmea ei biokaasutettu, voitiin vain osa ruudusta lannoittaa biokaasutuksesta saadulla mädätteellä. Tällöin oli myös mahdollista verrata pelkän nurmen sängin ja juuriston lannoitusvaikutusta, kun poiskorjattua nurmisatoa ei palautettu pellolle (Taulukko 6.1.). Osaruutuna olivat nurmen jälkeisen vehnän lannoitustasot: ns. normaali ja 40 kg/ha lisätyppilannoitus.

Taulukko 6.1. Viherlannoituskokeiden viljelykierto ja koejäsenet. Kolmannen koevuoden typpimäärät vastaavat vuoden 2010 lukuja.

Koevuosi	1	2			3							
Pääruutu		Viherlannoitus	Biokaasutus	Kontrolli	Viherlannoitus		Biokaasutus		Sänki+juuristo		Kontrolli	
Osaruutu					190/ 330N	+40N	190/ 330N	+40N	90/ 130N	+40N	56/ 80N	+40N
Kasvi	Vehnä+nurmi	Nurmi	Nurmi	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä	Vehnä

Kenttäkokeet perustettiin niin, että ensimmäinen koe perustettiin vuonna 2009 koevuoden 1 kasvustoilla ja toinen koe suoraan nurmeen koevuoden 2 mukaisilla kasvustoilla. Mikkelissä kokeet perustettiin luomupelloille ja nurmet olivat apila-timoteinurmia. Jokioisilla pellot olivat tavanomaisessa viljelyssä ja koe 2 perustettiin puhtaaseen apilanurmeen. Kokeen 1 nurmi perustettiin apila-timoteinurmeksi.

Mikkelissä kontrolliruutu sai Viljo-lihaluujauholannoitetta (56 kgN/ha). Jokioisten väkilannoitettu koejäsen sai puolestaan väkilannoitteita (80 kgN/ha). Viherlannoitusruutujen lannoitus muodostui edellisenä vuonna maahan muokatun apilanurmen sisältämistä ravinteista. Biokaasutusruutujen lannoitus säädettiin mädätteen sisältämän kokonaistypen mukaan niin, että ruuduille palautettiin 100–130 kg/ha kokonaistyyppiä (190 kgN/ha Jokioisilla 2010). Koejärjestelyssä pääruudut oli jaettu osaruutuihin, joista toista ei lannoitettu lainkaan ja toinen sai 40 kg/ha lisätyppiä joko lihaluujauhona tai väkilannoitetyypinä. Nurmimassojen biokaasutus eli mädätteen tuottaminen lannoitteeksi on raportoitu luvussa 7.

Vilja-, olki- ja nurmisatojen määrät punnittiin, kuiva-aine- ja kokonaistyyppipitoisuudet määritettiin. Apilat ja heinät eroteltiin nurminäytteistä apilapitoisuuden määrittämiseksi. Maan liukoisen typen pitoisuus mitattiin nurmilta ja viljoilta ennen kasvukauden alkua, sadonkorjuun vaiheessa sekä syksyllä ennen talven tuloa 0-25 cm ja 25-60 cm maakerroksissa.

Apilan typensidonnan määrittämiseksi lannoitettiin kustakin nurmiruudusta 0,25 m² alue keväällä juuri nurmen kasvun alussa 5 kgN/ha ¹⁵N-rikastetulla typpilannoitteella. Ruutujen apilat ja heinät leikattiin sadonkorjuun aikaan, kuivattiin ja analysoitiin typen isotooppisuhteet ¹⁴N/¹⁵N, joiden avulla typensidonnan määrä saatiin laskettua. Nurmen sängen, juurten ja sadonkorjuujätteen sisältämän typen määrä laskettiin kertomalla nurmisadon sisältämä typpimäärä 0,7:llä, sillä niiden osuus on 1/3 nurmen koko biomassan sisältämästä kokonaistyyppistä (Nykänen 2008).

6.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

6.3.1 Nurmisadot

Nurmien kuiva-ainesadot Mikkelissä olivat noin 6 900 ja 7 700 kg/ha yhteensä kahdessa niitossa vuosina 2009 ja 2010 (Taulukko 6.2.). Nurmimassan maahan niittäminen ei vaikuttanut toisen niiton sadon määrään. Toisen niiton sato oli Mikkelissä 25 % ja Jokioisilla 35 % kokonaissadosta, mikä luultavasti johtui ensimmäisen sadonkorjuun myöhäisestä ajankohdasta. Apilapitoisuudet olivat Mikkelissä keskimäärin 35–40 %. Ainoastaan vuoden 2010 biokaasutukseen menevisä nurmissa apilapitoisuudeksi mitattiin 15 %. Ruudut näyttivät kohtalaisen samanlaisilta, mutta sisäinen vaihtelu oli suurta ja näytekehikon paikka on saattanut vaikuttaa tulokseen.

Taulukko 6.2. Nurmien sadot, apilapitoisuudet, korjatussa sadossa olleen typen määrä (Nsato) sekä nurmen jälkeen maahan jäävän nurmen sängestä ja juurista peräisin olevan typen määrä (N maahan) eri nurmen käyttötavoilla.

	Nurmen käyttö- tapa	Nurmisato kg/ha/v, ka	Apilapitoisuus % (I sato/II sato)	Nsato kg N /ha/v	N maahan kg/ha/v
Mikkeli					
2009	Viherlannoitus	6 860	36/31	113	192
	Biokaasutus	6 880	46/22	115	81
2010	Viherlannoitus	7 680	40/35	137	233
	Biokaasutus	7 670	11/17	118	83
Jokioinen					
2009	Viherlannoitus	7 130	100/100	192	326
	Biokaasutus	7 080	100/100	190	133
2010	Viherlannoitus	10 700	72/82	249	423
	Biokaasutus	11 320	71/90	252	176

Jokioisissa biokaasutukseen menevät nurmet tuottivat 7 000 kg/ha kuiva-ainesadon kahdessa niitossa vuonna 2009 ja 11 100 kg/ha vuonna 2010 (Taulukko 6.2.). Myöskään Jokioisilla nurmen maahan niitto ei vaikuttanut toisen sadon kasvuun vuonna 2009, mutta vuonna 2010 ensimmäinen sato oli samansuuruinen kun biokaasutukseen menevissä nurmissa, mutta toinen sato oli 600 kg/ha alhaisempi, johtuen ensimmäisen sadon nurmimassasta, joka heikensi toisen sadon muodostumista. Jokioisilla nurmet olivat puhtaita apilanurmia vuonna 2009 ja vuoden 2010 nurmissa apilapitoisuudet olivat 75–80 %. suuret apilapitoisuudet johtuvat mitä todennäköisimmin siitä, että pellolla ei oltu viljelty puna-apilaa aiempina vuosina.

6.3.2 Nurmimassojen sisältämät typpimäärät

Mikkelissä viherlannoitusnurmesta maahan jäi kokonaistyypeä keskimäärin 200 kg/ha, kun biokaasutukseen viedyn nurmisadon jälkeen nurmen sängessä ja juurissa jäi maahan kokonaistyypeä noin 80 kg/ha. Sadon mukana pelloilta vietiin kokonaistyypeä pois noin 110 kg/ha. Tämä typpimäärä palautettiin seuraavana keväänä takaisin pellolle vehnän lannoitteeksi.

Jokioisten puhtaista apilanurmista jäi pellolle kokonaistyypeä noin 330 kg/ha, kun taas apilaimoteinurmista jäi tyypeä yli 400 kg/ha. Suuret määrät johtuivat puna-apilanurmen korkeasta typpipitoisuudesta ja apilaimoteinurmen korkeasta satomäärästä. Biokaasutukseen menneiden nurmimassojen jälkeen jäi pellolle kokonaistyypeä nurmen sängessä ja juurissa puna-apilapelloille 130 kg/ha ja apilaimoteinurmen jälkeen 180 kg/ha. Nurmisatojen mukana vietiin pelloilta kokonaistyypeä pois vuonna 2009 noin 190 kg/ha ja vuonna 2010 noin 250 kg/ha.

Seosnurmista mitattujen apilan biologisen typensidonnann määrät olivat noin 97 % apilan kokonaistyypeästä, jolloin koko nurmibiomassan tyypeästä lähes puolet oli biologisesta typensidonnasta lähtöisin ja loput maasta.

6.3.3 Viljasadot

Mikkelin ja Jokioisten vehnäruutujen sadot esitetään Taulukossa 6.3. Kentällä viljeltiin Kruunu-kevätsävehnää. Mikkelissä viljasadot vaihtelivat 900–1 650 kg/ha vuonna 2010 ja 1 800–2 500 kg/ha vuonna 2011. Jokioisilla sadot olivat korkeampia ollen 3 350–4 150 kg/ha vuonna 2010 ja 3 900–4 450 kg/ha vuonna 2011.

Taulukko 6.3. Kevätvehnäsadot (kg/ha, 15 % kost.) Mikkelissä ja Jokioisilla vuosina 2010 ja 2011 eri lannoituksilla keskimäärin.

	Lannoitus	Mikkeli		Jokioinen	
		Jyväsatot (kg/ha)	Jyväsatot (kg/ha) 40 kg/ha lisä- typpilann.	Jyväsatot (kg/ha)	Jyväsatot (kg/ha) 40 kg/ha lisä- typpilann.
2010	Viljo/Väkilannoitus	1 150	1 400	4 880	5 110
	Viherlannoitus	920	1 030	4 680	4 800
	Mädäte	1 650	1 610	4 670	4 840
	Sänki+juuret	990	1 200	3 950	4 530
2011	Viljo/Väkilannoitus	2 110	2 370	4 080	3 830
	Viherlannoitus	2 330	2 280	4 420	4 350
	Mädäte	2 510	2 960	4 550	4 550
	Sänki+juuret	1 800	1 810	4 000	4 290

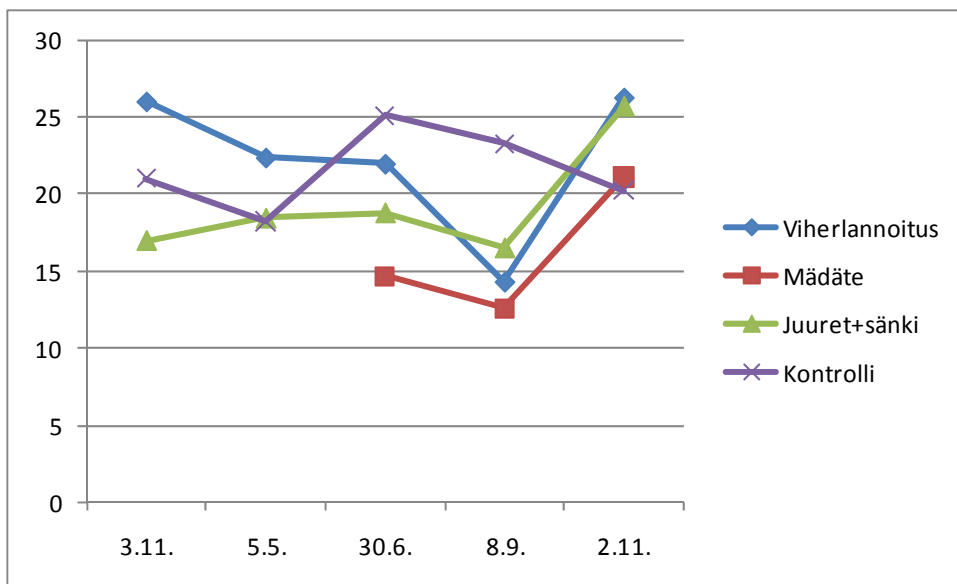
Vaikka tilastollisesti merkitseviä eroja ei eri lannoitusten välillä voitu havaita, saatiin parhaat vehnäsadot kaikissa seosnurmiä sisältäneissä kokeissa ruuduilta, jotka oli lannoitettu nurmimädätteellä. Sadot olivat noin 400 kg/ha paremmat kuin kontrolliruuduissa. Vastaavasti huonoimmat sadot saatiin ruuduilta, joilta nurmisato oli viety pois eikä ruutuja lannoitettu lainkaan. 40 kg/ha lisätyppilannoituksella ei ollut juurikaan vaikutusta vehnäsatoihin, joissakin tapauksissa sadot olivat jopa alhaisemmat kuin ilman lisätyppilannoitusta.

Vehnän jyvien valkuaispitoisuudet olivat kaikissa kokeissa lannoitusten jälkeen 14–16,5 % paitsi Jokioisilla puhtaan puna-apilanurmen jälkeen valkuaiset olivat 11–12 %. Näin ollen valkuaispitoisuudet olivat hyviä. Eroja eri lannoitusten välillä ei ollut juuri havaittavissa, mutta Mikkelissä vuonna 2011 mädätteellä lannoitettujen ruutujen raakavalukuaispitoisuudet olivat 2 %-yksikköä korkeammat kuin ilman mädätettä.

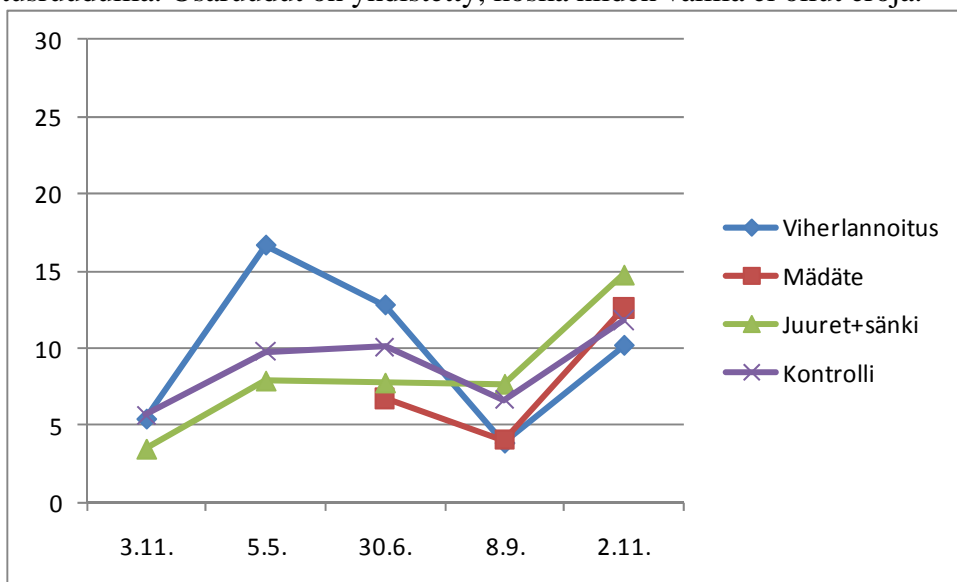
6.3.4 Maan liukoinen typpi

Huhtoutumiselle alttiin nitraattityypen määrät olivat nurmivuosina Mikkelin luomupellolla pääosin alhaiset, 0–7 kg/ha sekä muokkauskerroksessa että jankossa. Ammoniumtyypen määrät olivat muokkauskerroksessa 5–30 kg/ha ja jankossa 2–16 kg/ha. Lannoitustapojen välillä ei havaittu typpimäärissä merkittäviä eroja. Jokioisten tavanomaisesti viljellyillä savipelloilla sekä nitraattittu ammoniumtyppimäärät olivat jankossa pieniä, 0–17 kg/ha eikä eroja lannoitustapojen välillä ollut. Myös pintamaan ammoniumtyppipitoisuudet olivat kohtalaisen alhaisia nurmivuosina pysytellen pääosin alle 10 kg/ha. Nitraattityppimäärät pintamaassa puolestaan olivat korkeampia, pääosin 10–25 kg/ha. Viimeisessä näytteenotossa ennen talvea olivat maahan muokatun viherlannoitusruudun sekä nurmettoman kontrolliruudun nitraattityypen määrät 5–10 kg/ha korkeammat kuin niillä ruuduilla, joilta nurmisadot oli viety pelloilta pois.

Nurmien jälkeisenä viljavuonna olivat typpimäärät Mikkelissä jälleen kohtuullisia, ollen kuitenkin jonkin verran korkeampia kuin nurmivuosina, 3–25 kg/ha. Eroja eri lannoitusten välillä on vaikea tehdä tulosten suuren vaihtelevuuden vuoksi. Viimeisessä näytteenotossa ennen talvea olivat nitraattityppimäärät hiukan korkeampia kontrolliruutujen jankossa (18–25 kg/ha), joka voi indikoida kohtalaista tyypen huhtoutumisriskiä. Jokioisten savimaalla olivat ammoniumtyppipitoisuudet pieniä molemmissa maakerroksissa (0–10 kg/ha). Nitraattityppimäärät puolestaan olivat selkeästi korkeampia kaikissa näytteenotoissa: 14–30 kg/ha muokkauskerroksessa (Kuva 6.1.) ja 4–21 kg/ha jankossa (Kuva 6.2.). Jokioisten toisessa kokeessa muokkauskerroksen nitraattityppimäärät olivat korkeammat: 10–40 kg/ha ollen viherlannoitusruuduissa noin 10 kg/ha korkeammat kuin muissa ruuduissa.



Kuva 6.1. Nitraattitypen määrä 3.11.2009–2.11.2010 Jokioisilla muokkauskerroksessa eri lannoitusruuduilla. Osaruudut on yhdistetty, koska niiden välillä ei ollut eroja.



Kuva 6.2. Nitraattitypen määrä (kg/ha) 3.11.2009–2.11.2010 Jokioisilla jankossa eri lannoitusruuduilla. Osaruudut on yhdistetty, koska niiden välillä ei ollut eroja.

Huomionarvoisinta lienee, että kun maanäytteitä otettiin myös sellaisista kohdista ruutuja, joissa vehnä kasvoi huonosti, olivat nitraattityppimäärät erittäinkin korkeita ollen pääosin 30–50 kg/ha muokkauskerroksessa ja 10–40 kg/ha jankossa. Tämä johtunee siitä, että maan rakenne ei ollut kunnossa ja kasvit eivät pystyneet hyödyntämään saatavilla olevaa typpeä, joka todennäköisesti sekä haihtui ilmaan että huuhtoutui vesien mukana.

6.4 Johtopäätökset

Näiden kokeiden perusteella viherlannoitusnurmen mädättämisen edut suoraan maahan muokattuun nurmibiomassaan ovat typen huuhtoutumisriskin pieneminen ja bioenergian tuotto. Lisäksi hyvätuottoisen nurmen biomassalla saa lannoitettua suuremman pinta-alan, jos se biokaasutetaan ja määdäte levitetään pellolle. On myös huomionarvoista, että typen huuhtoutumisriski on viherlannoitusnurmilla maahan muokattaessa pienempi, jos viljellään apila-heinänurmia puhtaiden puna-apilannurmiensa sijaan. Myös metaanin tuotto on suurempi seosnurmilla. Maan hyvä rakenne näyttää muodostuvan erityisen tärkeäksi, jos viherlannoitusta halutaan hyödyntää seura-

vien kasvien lannoitteena. Huonorakenteisessa maassa kasvit eivät kasva ja vapautuva typpi jää alttiiksi haihtumaan ja huuhtoutumaan.

6.5 Kirjallisuus

- Båth, B. & Elfstrand, S. 2008. Use of Red Clover-Based Green Manure in Leek Cultivation. *Bio-logical Agriculture and horticulture*. 25: 269-286.
- Möller, K. & Stinner, W. 2008. Effects of different manuring systems with and without biogasdiges-tion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy* 30: 1-16.
- Nykänen, A. 2008. Nitrogen dynamics of organic farming in a crop rotation based on red clover (*Trifolium pratense*) leys. *Agrifood Research reports* 121. 130 p. (PhD Dissertation)
- Stinner, W., K. Möller, K. & G. Leithold, G. 2008. Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming sys-tems. *European Journal of Agronomy* 29: 125–134.

7 Peltobiomassan mädätys eli biokaasutus lannoitekäyttöön

Maritta Kymäläinen ja Laura Kannisto

Asiasanat: biokaasu, mädätys, biokaasutus, peltobiomassa

7.1 Johdanto

MoniPalko -hankkeen yhtenä osatavoitteena oli selvittää viherlannoituksen tehoa kenttäkokeilla (kts. ed. luku 6). Yhtenä viherlannoitustapana oli käyttää edellisen kesän sadosta biokaasuttamalla tuotettua mädätettä lannoitteena seuraavan kesän koeviljelmillä. Peltobiomassaa (puna-apila ja apilaheinänurmi) säilöttiin, jotta sitä voitiin käyttää syötteenä biokaasureaktorissa koko talven ajan. Peltobiomassat oli tuotettu MTT:llä Mikkeliissä ja Jokioisilla ja biokaasutus tehtiin Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) kooreaktorissa Hämeenlinnassa.

Tavoitteena oli toteuttaa biokaasutus hallitusti, saavuttaa hyvä biomassan hajoaminen, sitä vastaava biokaasutuotto ja edustava lopputuote eli mädäte lannoitekäyttöön.

7.2 Aineisto ja menetelmät

7.2.1 Peltobiomassat – säilöntä, esikäsittely ja analyysituloksia

Peltobiomassaa oli tuotettu ja kerätty säilöön kahtena kesänä (2009 ja 2010). Ensimmäisenä kesänä Jokioisilla oli tuotettu puna-apilanurmea, mutta muuten biomassa oli apilaheinänurmea. Ensimmäisenä vuotena Mikkeliissä oli kerätty talteen vain yksi niittosato, mutta muuten biomassaa oli niitetty ja säilötty kahdesti kesällä.

Peltobiomassa oli tuoresäilötty hienonnettuna ilman säilöntäaineita, n. 10–20 litran ämpäreihin, ilmatiiviisti tiukkaan pakattuna (Kuva 7.1.). Säilöntä oli onnistunut aistinvaraisesti arvioiden hyvin; joidenkin ämpäreiden aivan pintakerroksessa oli avattaessa havaittavissa vaaleaa todennäköisesti homekasvustoa, joka poistettiin ennen syöttöä reaktoriin. Ennen syöttöä peltobiomassaan sekoitettiin vettä, tavoitteena syötteen kuiva-ainepitoisuus n. 10 %, jotta mädätys voitiin onnistuneesti suorittaa käytössä olevassa kooreaktorissa, joka toimii ns. märkäprosessina. Samalla biomassaa hienonnettiin pienen vesimäärän kanssa jätemylyllä, tavoitteena mahdollisimman hieno ja hyvin liettyvä syötemassa (Kuva 7.1.).

Säilötyistä peltobiomassoista analysoitiin kuiva-aine- (TS), orgaaninen kuiva-aine- (VS) ja kokonaistyppi (Kjeldahl-N) –pitoisuudet (Taulukko 7.1.). Kesän 2010 niittojen välillä oli nähtävissä selvä ero mm. kuiva-ainepitoisuudessa: alkukesän sato oli kosteampaa. Lisäksi, Jokioisten apila- ja apilaheinänurmimassojen N-pitoisuudet olivat selvästi Mikkelin apilaheinänurmen N-pitoisuutta korkeammat.



Kuva 7.1. Säilyttä puna-apilanurmea (vasemmalla, Jokioinen) sellaisenaan ja lietettynä reaktorisyytteenä, jota käytettiin II käsittelyjaksolla (oikealla, kevät 2010).

Taulukko 7.1. Biokaasutukseen käytettyjen säilytysten peltobiomassojen analyysituloksia.

Käsittely- jakso	Syöte	TS-%	VS-%	VS/TS, %	N (total)	
					g/kg	g/kg ka
I	Apilaheinä (Mikkeli)	21,8	20,3	93	3,63	16,7
II	Apila niitto 1	27,8	24,6	88	9,01	32,4
	Apila niitto 2	28,2	24,8	88	10,1	35,9
	Apilaseos (Jo- kioinen)	28,0	24,7	88	9,5	33,9
III	Apilaheinä niitto 1	18,6	17,2	92	2,9	16,9
	Apilaheinä niitto 2	36,9	33,8	92	7,8	21,1
	Apilaheinäseos Mikkeli	22,2	20,5	92	3,9	17,7
IV	Apilaheinä niitto 1	13,7	11,8	86	4,2	30,6
	Apilaheinä niitto 2	24,3	21,8	89	8,2	33,9
	Apilaheinäseos Jokioinen	16,8	14,7	88	5,3	31,5

7.2.2 Reaktorisyyttö ja -kuormitustiedot

Peltobiomassojen biokaasutukseen käytettiin täyssekoitteista kooreaktoria (CSTR, 200 litraa), jota syötettiin ylhäältä ja poiste otettiin alhaalta (Kuva 7.2.). Käyttötilavuutena oli 150 litraa, ja sekoitus oli ajastettu käynnistymään joka toinen tunti puolen tunnin ajaksi. Prosessia seurattiin jatkuvatoimisilla lämpötila- ja biokaasun metaanipitoisuusmittauksilla. Biokaasun tilavuusmittaustiedot kirjattiin manuaalisesti. Lisäksi, reaktorista otettiin näytteitä kahdesti tai kerran viikossa prosessiseurantaan ja -hallintaan liittyviä laboratorioanalyysjä varten.

Käsiteltävänä oli neljä erilaista syötettä (I–IV, Taulukko 7.2.). Yhtä syötettä käsiteltiin noin 3 kk:n ajan, jonka jälkeen biomassaa pidettiin reaktorissa vielä noin 3 viikon ajan ennen reaktori-tyhjennystä.



Kuva 7.2. Kooreaktori (200 litraa, HAMK, Hämeenlinna) ja syöttösuppilo.

Taulukko 7.2. Perustietoja peltobiomassojen biokaasutusjaksoilta.

Jakso	Aikaväli	Syöttöjakson kesto vrk	Loppupito vrk	Syöttöseoksen kuiva-aine %	Syötemäärä yhteensä kg kg ka		Syöte (I niitto/II niitto) ka
I	17.9.10- 11.1.10	86	26	8	68	15	apilaheinä Mikkeli
II	13.1.10- 10.5.10	93	17	6-12	71	20	apila Jokioinen (59/41)
III	25.8.10- 11.1.11	106	29	10	98	25	apilaheinä Mikkeli (67/33)
IV	18.1.11- 9.5.11	94	18	10	130	22	apilaheinä, Jokioinen (58/42)

Reaktorikäynnistyksessä käytettiin ymppinä Kalmarin tilan (Laukaa) lietelantareaktorin poistetta. Reaktorin lämpötila pidettiin mesofiilisenä, vaihdellen eri ajoissa välillä 35 – 39 °C. Reaktorikuormitus aloitettiin alhaisella kuormalla (1–1,5 kgVS/m³/vrk), ja nostettiin pian lopulliseen arvoon 2 kgVS/m³/vrk. Keskimääräinen viipymäaika reaktorissa oli n. 45 vrk. Reaktoria ei yleensä syötetty viikonloppuna. Koska käytettiin CSTR-reaktoria, reaktorin alkuymppi korvautui vähitellen syötteestä muodostuvalla mädätteellä. Reaktoripoistetta eli mädätettä alettiin kerätä lannoitekäyttöön, kun ympistä oli korvautunut noin kaksi kolmasosaa. Lannoitteeksi käytettiin reaktorin loppuajovaiheen poisteesä sekä tyhjennyksestä talteen otettu reaktorin loppusisältö.

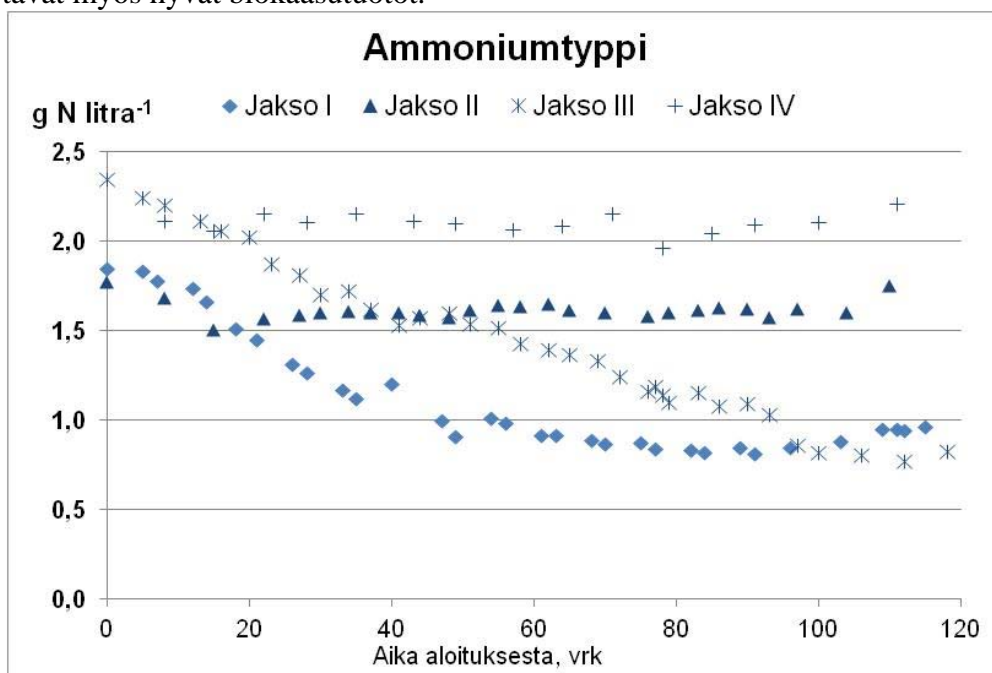
7.3 Tulokset ja niiden tarkastelu

Biokaasureaktorista otettujen näytteiden laboratorioanalyysien avulla seurattiin prosessin tilaa. Näin varmistettiin, että hajoamisprosessi pysyi hallinnassa, saavuttiin riittävä hajoaminen ja biokaasutuotto, ja saatiin näin tuotettua edustavaa lopputuotetta lannoitetarkoitukseen. Reaktorijon lisäksi, kahden ensimmäisen jakson syötteille tehtiin ns. metaanituottopotentialitesti panoskokeella, ja näitä tuottoja voitiin verrata jatkuvatoimisessa reaktorijossa saavutettuihin tuottoihin. Lisäksi, panoskokeella testattiin syötteen typen hajoamista ammoniakkimuotoon.

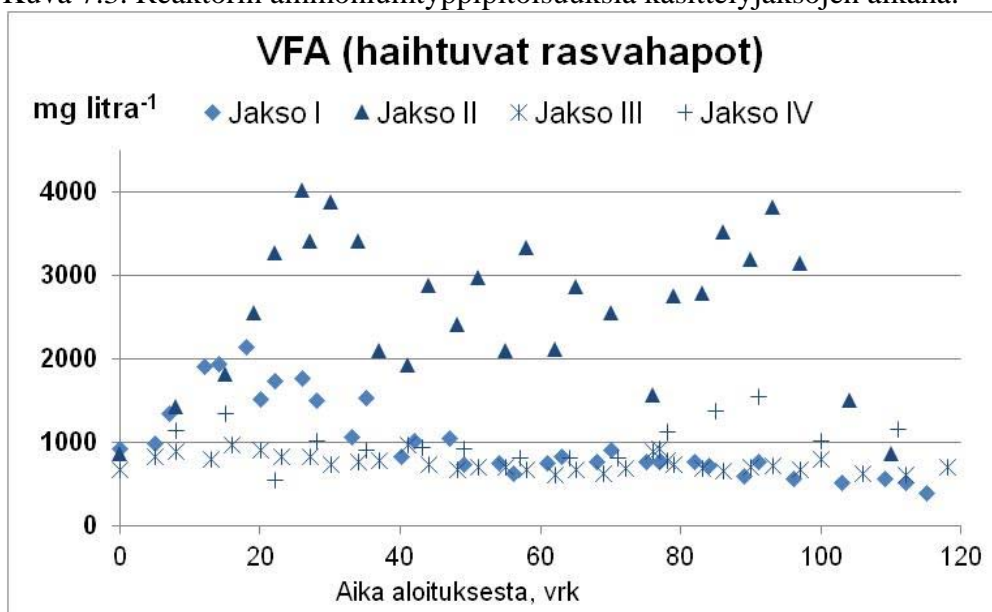
7.3.1 Prosessin tila

Koejaksojen aikana mitatuttujen reaktoriparametrien (ammoniakki-N, VFA, alkaliteetti, COD-liukoinen, pH) avulla arvioitiin prosessin tilaa.

Reaktorissa alkuympinä käytetyn Kalmarin tilan reaktorin poistelietteiden (=alkuymppit) ammoniumtyyppipitoisuudet (1,7–2,2 g/l) olivat korkeammat kuin mihin ammoniumpitoisuudet keskimäärin asettuivat tässä reaktorissa käytetyillä syötteillä, poikkeuksena viimeisen jakson apilaheinämässä (Jokioinen). Mikkelin apilaheinämässä reaktorin ammonium-N-pitoisuus laski tasolle n. 1 g/l, Jokioisten apilalla taso oli n.1,6 g/l ja apilaheinällä n. 2,1 g/l (Kuva 7.3.). Nämä pitoisuustasot ovat tyypillisiä eivätkä aiheuta ammoniakki-inhibitoriskiä reaktorissa. ReaktoripH asettui kaikissa ajoissa välille 7,6–8,2. Liukoisien COD-arvon ja haihtuvien rasvahappopitoisuusarvojen (VFA, Kuva 7.4.) perusteella II koejakso eli apilan biokaasutus oli selvästi epävaakaampaa kuin muilla syötteillä. Kaikki koeajot pysyivät kuitenkin hyvin hallinnassa, mitä osoittavat myös hyvät biokaasutuotot.



Kuva 7.3. Reaktorin ammoniumtyyppipitoisuuksia käsittelyjaksojen aikana.



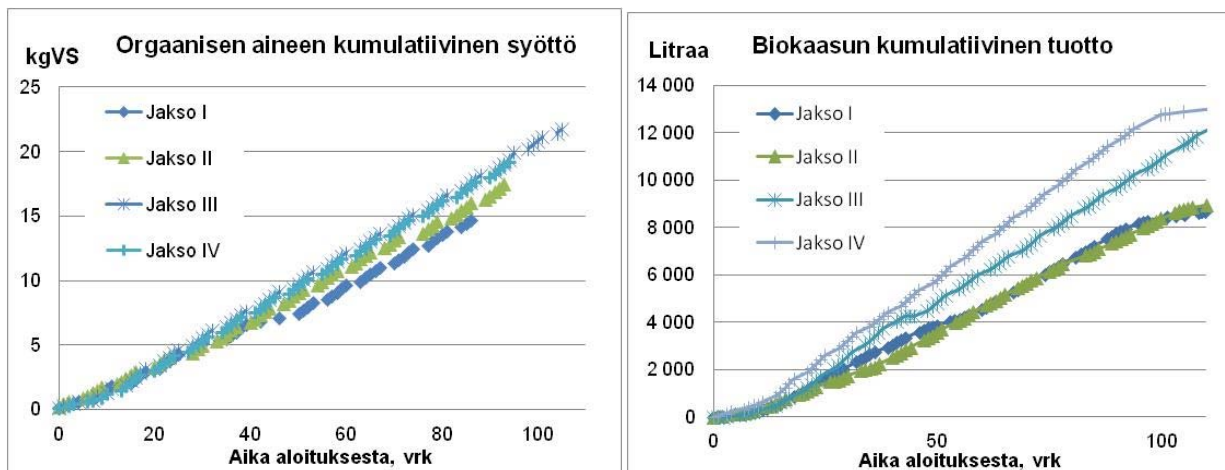
Kuva 7.4. Reaktorin VFA-pitoisuuksia käsittelyjaksojen aikana.

7.3.2 Biokaasu- ja metaanituotto

Koejaksojen kumulatiiviset orgaanisen aineen eli VS-syöttömäärät ja biokaasutuotot on esitetty kuvassa 7.5. Taulukossa 7.3. on esitetty biokaasu- ja metaanituotto energia-arvoineen. Apilan (jakso II) biokaasutuotto oli alempi kuin apilaheinillä. Apilasta saadun biokaasun metaanipitoisuudessa oli selvästi enemmän vaihtelua kuin apilaheinillä, osoittaen epävakampaa prosessin tilaa, mikä myös todettiin edellä muissa prosessiparametreissa.

Kahden ensimmäisen koejakson metaanituoton vertailu panoskokeilla mitattuihin tuottoihin antoi hyvin vastaavat tulokset: apilaheinän metaanituotto jatkuvatoimisessa reaktorissa oli suhteessa n. 15 % parempi kuin apilalla. Vastaavasti panoskokeilla mitattu apilaheinän tuotto oli n. 19 % parempi (kts. luku 7.3.3). Jatkuvatoimisen reaktorin tuotot olivat noin 75 % ja 77 % panoskokeilla mitatusta metaanituottopotentialista apilaheinälle ja apilalle, vastaavasti. Tämä on hyvä tuottotulos jatkuvatoimiselle reaktorille.

Kun huomioidaan syötteiden biomassantuotto hehtaarilta (kts. Luku 6.), saadaan biokaasuenergiatuotto hehtaaria kohden (Taulukko 7.4). Paras hehtaariohtainen kaasuntuotto (37 MWh/ha) saatiin Jokioisten puna-apila-timoteinurmesta, jonka hehtaarisato oli korkea. Bensiiniksi muutettuna tämä tarkoittaa noin 4 000 litraa bensiiniä hehtaarilta. Muilla nurmilla tuotto oli noin 20 MWh/ha.



Kuva 7.5. Reaktorin orgaanisen aineen kumulatiivinen kuormitus (kgVS) ja kumulatiivinen biokaasutuotto (litraa) koko koejakson ajalta.

Taulukko 7.3. Koejaksojen biokaasutuotto.

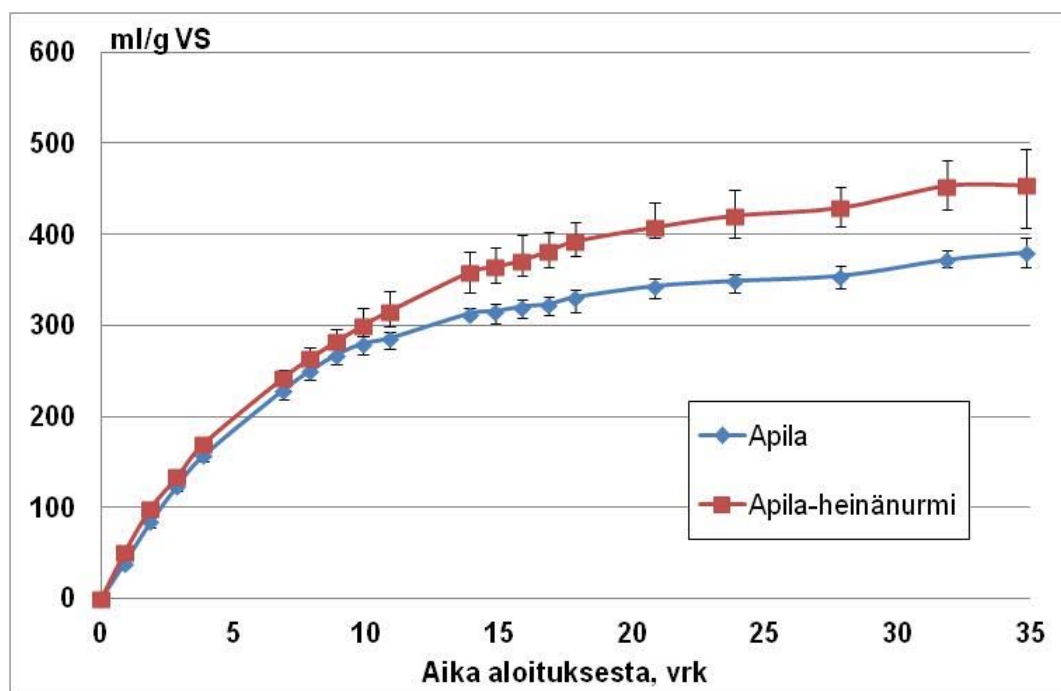
Koe- jakso	Biokaasutuotto			Metaanipitoisuus, %		Metaanituotto l/kgVS	Energiatuotto	
	l/kgVS	l/kgTS	l/kg	keskiarvo	vaihtelu		kWh/tTS	ekv bens l/tTS
I	537	500	109	54,5	52-58	293	2725	308
II	498	439	123	55,5	48-61	276	2438	276
III	558	515	114	53,9	52-56	301	2777	314
IV	653	571	96	58,8	55-62	384	3360	380

Taulukko 7.4. Biokaasuenergiatuotto (hehtaarilta ja energiasisällöltään vastaava bensiinimäärä).

	Vuosi	Nurmisato kg ka/ha	Kaasutuotto kWh/tTS	Kaasutuotto MWh/ha	Bensiini litraa/ha
Mikkeli	2009	6 881	2 725	19	2 100
	2010	7 671	2 777	21	2 400
Jokioinen	2009	7 084	2 438	17	1 900
	2010	11 118	3 360	37	4 100

7.3.3 Panoskoetulokset

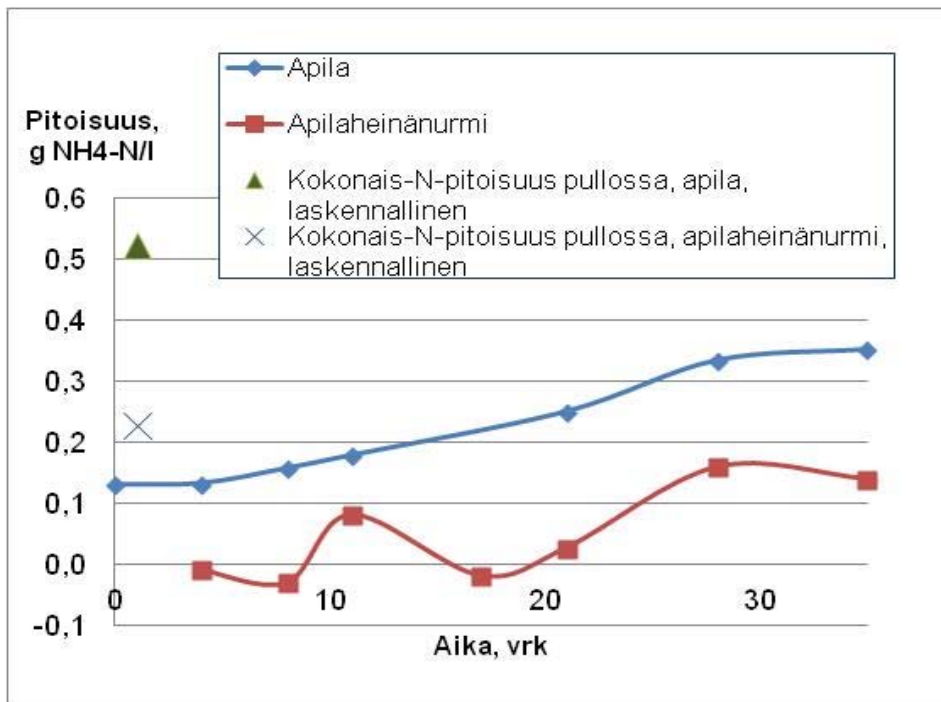
Kahden ensimmäisen koejaksojen syötteistä tehtiin panoskoeluonteiset metaanituottomääritykset käyttäen ympäinä lantareaktorin poistetta (Kalmarin tilalta). Apilaheinä tuotti metaania (421 l/kgVS) noin 19 % enemmän kuin apila (354 l/kgVS) (Kuva 7.6.; Taulukko 7.5.). Nämä tuottotulokset olivat perustana, kun arvioitiin kyseisten biomassojen hajoamista jatkuvatoimisessa reaktorijossa. Lehtomäki ym. (2007) ovat raportoineet seuraavat metaanituotot: apila 280–300 l/kgVS ja timotei-apila 370–380 l/kgVS, eli timotei-apilan metaanituotto oli noin 20–30 % korkeampi kuin apilan. Tuottoon luonnollisesti vaikuttaa mm. se, mikä on biomassan heinä-apilasuhde.



Kuva 7.6. Kumulatiivinen metaanituotto (ml/gVS) panoskoeksessa.

Taulukko 7.5. Apilamassojen metaanituotot panoskoekiden tuloksena (28 vrk). (Tuotot laskettu perustuen TS- ja VS-pitoisuuksiin: apila 27,7 % ja 24,7 %; apilaheinä 23,1 % ja 21,6 %).

	litraa/kg	keski- hajonta	litraa/kgTS	keski- hajonta	litraa/kgVS	keski- hajonta
Apila (Jokioinen)	87,5	3,2	316	11	354	13
Apilaheinä (Mikkeli)	90,9	5,5	394	24	421	25



Kuva 7.7 Ammoniumpitoisuusmuutokset (ja näytteen laskennallinen kokonaistyyppipitoisuus) panoskoepullossa (ympin ammoniumtyypen vaikutus vähennetty).

Panoskokeiden aikana pyrittiin seuraamaan myös ammoniumpitoisuusmuutoksia koepulloissa, joissa oli siis näytettä ja ymppeä. Lantaympille ominaisen korkean ammoniumpitoisuuden vuoksi näytteiden osuus koepullossa olevasta tyypestä/ammoniakista jäi vähäisemmäksi, jolloin näytteiden ammoniumpitoisuusmuutoksetkin jäivät osin ymppeityypin hajonnan alle. Apilaheinälle (Mikkeli) ei onnistuttu mittamaan selkeää pitoisuuden kasvua, mutta apilalle (Jokioinen) saatiin selvempi trendi näkyviin (Kuva 7.7). Apilan ammoniumtyypipitoisuus oli kokeen alussa n. 25 % ja lopussa eli 35 vrk:n jälkeen noin 67 % sen kokonaistyyppipitoisuudesta. Vastaavasti apilaheinämassan ammonium-N oli sen kokonaistypestä n. 62–70%, kokeen loppuvaiheessa. Nämä vastaavat hyvin myös reaktorijossa parhaimmillaan saavutettuja, reaktoripoisteesta mitattuja ammonium/kokonaistyyppi-suhteita (kts. luku 7.3.4.).

7.3.4 Lopputuote eli mädäte

Viimeisen syötön jälkeen reaktorissa olevan massan annettiin hajota vielä n. 3–4 viikkoa ennen reaktorin tyhjennystä (kts. ”loppupito”, Taulukko 7.2.). Lannoituskokeita varten otettiin lopuksi koko reaktorisäilto talteen. Lisäksi lannoituskokeisiin kerättiin reaktoripoistetta varsinaisen koejakson loppuosalta päivittäin. Talteen kerätyt määrät ja näiden sisältämät typpimäärät on esitetty Taulukossa 7.6. Ammoniumtyypin osuus poisteen kokonaistypestä oli Jokioisten massoilla noin 55–67 % ja Mikkelin massoilla noin 43–44 %.

Taulukko 7.6. Reaktoripoisteiden massat ja typpimäärät lannoitekäyttöön.

Koejakso	Jaksolla kerätty kg	Loppu-tyhjennys kg	Kerätty kg	yhteensä kg ka	Kjeldahl gN/kg	-typpi gN/kg ka	N-määrä kg	Ammon/totalN %
I	-	110	110	4,5	2,3	56,2	2,5	44
II	64	116	180	7,7	3,2	75,1	5,8	55
III	103	143	246	9,4	2,3	59,9	5,7	43
IV	71	150	221	11,0	3,5	70,0	7,7	67

7.4 Johtopäätökset

Tässä tuotettiin peltobiomassasta mädätettä lannoitustestaukseen. Tavoitteena oli saada tuotettua biokaasukooreaktorissa hyvin hajonnutta eli hyvin biokaasua tuottanutta mädätettä, joka vastaisi mahdollisimman hyvin myös täyden mittakaavan reaktorista saatavaa lopputuotetta. Kooreaktori toimi märkäprosessina, jossa syötteen kuiva-ainepitoisuus vaihteli välillä 8–12 %, eli peltobiomassat oli lietetty suureen määrään vettä. Käytännössä tämä ei ole järkevä prosessikonsepti peltobiomassan käsittelyyn, vaan tähän soveltuu paremmin ns. kuivaprosessi tai massan yhteiskäsittely lietelannan tai muun lietemäisen materiaalin kanssa. Tässä ei kuitenkaan haluttu sekoittaa peltobiomassaan mitään muuta reaktorisyytettä, jotta saatiin tuotettua mädätettä, jonka lannoitevaikutusta voitiin suoraan verrata koeviljelmälle jätettyyn viherlannoitusnurmeen. Kooreaktorit oli käsittelyjakson alussa ympätty lantaympillä, joka peltobiomassasyötön edetessä vähitellen korvautui pois reaktorista. Mädätettä alettiin ottaa talteen vasta, kun alkuympin laskennallinen osuus reaktoripoisteesta oli maksimissaan noin kolmannes. Näin varmistettiin, että mädäte oli pääosin muodostunut käsittelyssä olleesta biomassasta.

Prosessiseuranta- ja tuottoarvojen perusteella kaikki neljä noin 3 kk:n mittaista käsittelyjaksoa onnistuivat hyvin, biokaasutuotot olivat hyvällä tasolla ja mädätteen tyypestä merkittävä osa oli muuntunut ammoniumtyppimuotoon. Seosnurmi (apilaheinä) tuotti biokaasua ja metaania paremmin kuin apilanurmi sekä panosluonteisessa metaanituottotestissä että jatkuvatoimisessa reaktorikäytössä. Tuotot olivat myös hyvin verrannollisia aiemmin raportoituihin peltobiomassojen tuottoihin.

7.5 Kirjallisuus

- Juura, J. 2010. Peltobiomassan biokaasutus. AMK-opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Lehtomäki A., Paavola T., Luostarinen S. ja Rintala J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologia ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Jyväskylän yliopisto. Saatavissa:

8 Koko hankkeen tulosten yhteenveto

Hankkeen päätavoitteena oli parantaa maatalojen ravinteiden käytön tehokkuutta, biologisen typen-sidonnan hyötysuhdetta sekä maatalouden valkuaisomavaraisuutta. Tavoitteisiin pyrittiin sekä ta-loudellisilla tarkasteluilla että biologisilla kokeilla. Biologisesti typpeä sitovien kasvien viljelyn laajuus on riippuvainen niiden viljelyn taloudellisista edellytyksistä. Tämän taustalla puolestaan on kasvien suhteellinen kilpailukyky Suomen viljelyolosuhteissa: niiden tuottama hehtaarisato, sadon laatu sekä viljelyvarmuus mutta myös sadontuottamiseksi edellytetty panostus ja tuotteesta saatu hinta. Nämä yhdessä tuotannon tuen kanssa määrittävät, millaisen katetuoton eri kasvit tuottavat. Katetuotto puolestaan on keskeinen mittari, jonka perusteella viljelijät tekevät kasvivalintojaan. Palkokasvien tuotannon biologisten edellytysten/kilpailukyvyn parantamista palvelivat hankkeessa tutkimukset, joissa tutkittiin palkoviljojen viljelyvarmuuden lisäämistä tukikasvien avulla, suora-kylvön mahdollisuuksia ja härkäpavun kasvinsuojelua. Tämän lisäksi etsittiin uusia potentiaalisia palkokasveja ja -lajikkeita, jotka voisivat menestyä ja tuottaa parempaa satoa Suomessa.

Biologisesti typpeä sitovien palkokasvien etuna on, että ne kykenevät sitomaan kasvuun tarvitse-mansa typen itse. Tämä on erityisen tärkeää luomutuotannossa. Lisäksi palkokasvit ovat hyviä esikasveja vähentäen seuraavan kasvin typpilannoitustarvetta myös tavanomaisessa tuotannossa. Siten lannoitetyypen korkea hinta parantaa ko. kasvien kilpailukykyä muihin kasveihin nähden. Myös viherlannoituksen suhteellinen kannattavuus paranee tällöin. Ongelmana kuitenkin on, että erityisesti viherlannoitusmassaan kertyvän typen hallinta on ongelmallista, koska esimerkiksi ke-vätkylvöisten kasvien tapauksessa typpi voi vapautua kasvien tarpeeseen nähden sopimattomaan aikaan. Lisäksi kasvukauden ulkopuolella on suuret määrät typpeä maassa ja tällöin muodostuu typen huuhtoutumisen riski. Sen vuoksi kolmannessa biologisen tutkimuksen osiossa tarkasteltiin viherlannoitusnurmen palkokasvien sitoman typen käytön tehostamista. Keräämällä viherlannoituskasvusto talteen ja biokaasuttamalla biomassa voidaan tuottaa energiaa ja saada jäännöksenä lannoitteeksi sopivaa mädätettä. Mädate voidaan levittää pellolle kasvien kasvun kannalta oikeana ajankohtana ja typpipitoinen vihermassa on myös suojassa huuhtoutumiselta, kun se on mädätys-prosessissa eikä pellolla. Sadon korjuusta, varastoinnista ja kuljetuksista samoin kuin mädätteen varastoinnista, kuljetuksista ja levittämisestä takaisin pellolle aiheutuu kustannuksia, jotka on kyet-tävä kattamaan bioenergian tuotannolla ja mädätteen lannoitusvaikutuksella.

Palkoviljojen viljelyä rajoittaa niiden vaateliaisuus kasvupaikan suhteen sekä viljelykiertovaati-mukset. Nämä seikat yhdessä esikasvivaikutuksen kanssa voidaan ottaa huomioon tilatason tarkas-telussa tilamallilaskelmissa. Tilatason tarkastelun avulla on myös mahdollista ottaa huomioon tilan kasvintuotannon kytkentä kotieläintalouteen. Palkoviljojen valkuaispitoisuus on korkeampi kuin tavanomaisten viljojen, joten ne voivat korvata myös tuontivalkuaista eläinten rehuissa, mikäli niitä kyetään tuottamaan ja/tai ostamaan kilpailukykyiseen hintaan. Tämän tilatason mallinnuksen avulla tila voidaan kytkeä myös rehumarkkinoihin.

Palkoviljojen viljelyn laajuus on sidoksissa niiden suhteelliseen kannattavuuteen. Herneen ja eri-tyisesti härkäpavun viljelyn luotettavaa taloudellista vertailua muihin kasveihin nähden vaikeuttaa kuitenkin hinta- ja satotietojen puutteellisuus. Käytettyjen, osin laskennallisten hinta- ja sato-oletusten perusteella kasvikohtaisissa katetuottolaskelmissa härkäpapu ja herne osoittautuivat yhtä kannattaviksi kuin kevätiljat ja rypsi. Ne olivat vertailun kasveista jopa suhteellisesti kannatta-vimpia vuosina 2009 ja 2010, kun viljojen hinnat olivat matalalla ja lannoitteiden sekä valkuais-rouheiden hinnat olivat korkeat. Katetuotto sisältää myös valkuaiskasvituen, mutta yksittäisten kasvien tarkasteluissa ei otettu huomioon palkokasvien typensidonnan jälkivaikutusta, joka on sitä arvokkaampi, mitä korkeampi on typen hinta. Se parantaa palkoviljojen asemaa suhteessa muihin

vertailussa olleisiin kasveihin edelleen. Tämä otetaan huomioon tilatason tarkastelussa. Herneen ja härkäpavun siemenen koko on iso ja tiheän kasvuston aikaansaamiseksi kylvösiementä tarvitaan runsaasti. Tässä suhteessa pienisiemeniset reuherneet vaikuttavat lupaavilta. Sertifioitu siemen on kallista, joten herneen ja härkäpavun viljelyn laajenemisen yhtenä taloudellisena edellytyksenä onkin nykyistä selvästi edullisempi kylvösiemen. Tässä tutkimuksessa herneen ja härkäpavun kate-laskelmissa osa siemenestä oli tilalla tuotettua ja osa ostettua samassa suhteessa kuin viljojen viljelyssäkin.

Biologinen typensidonta on olennainen typenlähde luonnonmukaisessa tuotannossa, mutta biologista typensidontaa voidaan hyödyntää nykyistä laajemmin myös tavanomaisessa tuotannossa. Viljelyjärjestelmien kuten tavanomaisen ja luonnonmukaisen tuotannon taloudellisen tuloksen vertailun ongelma on samankaltainen kuin palkoviljojen ja muiden yksittäisten kasvien taloudellisessa vertailussa: sato- ja hintatietojen saatavuus on niukkaa luomun osalta. Tämän vuoksi tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, millaisilla sato- ja hintaoletuksilla laskelmat on laadittu. Tutkimuksen laskelmissa oletettiin, että luomutuotannon hehtaarisadot ovat tavanomaiseen tuotantoon verrattuna samassa suhteessa alemmat kuin luomuhinnat olivat tavanomaisten tuotteiden hintoja korkeammat (luomun hintapreemio). Näin ollen molemmilla tuotantotavoilla myyntituotto kunkin kasvin viljeltyä hehtaaria kohti on luomussa sama tai hieman suurempi kuin tavanomaisessa tuotannossa. Tilatasolla kokonaismyyntituotto on luomutilalla kuitenkin alempi kuin vastaavalla tavanomaista tuotantoa harjoittavalla tilalla, koska myyntikasveja tuotetaan luomutilalla pienemmällä alalla, mutta vastaavasti ostopanosmenot ovat alhaisemmat kuin tavanomaisessa tuotannossa. Tuotantosuuntakohtaisissa katetuottotarkasteluissa luomutuotanto on tavanomaista kannattavampaa laskelmissa tehtyjen oletusten perusteella. Luomuviljely perustuu biologisen typensidonnan hyödyntämiseen, mutta myös tavanomaisessa tuotannossa typensitojakasvien sisällyttäminen viljelykasvivalikoimaan pienentää typpilannoitteen hintamuutosten vaikutusta tilan katteeseen. Tutkimuksen ohjelmointimalleissa tavanomaisellakin tilalla tuotetaan palkoviljoja, joten yksittäisenä tekijänä typen hinnan muuttuminen ei vaikuta merkittävästi kasvien viljelylaajuuteen, koska viljelykierron vaatimukset rajoittavat kannattavimpien kasvien viljelyä.

Luomumaidontuotannossa näyttää olevan mahdollista päästä tavanomaista tuotantoa parempaan katteeseen jopa ilman maidosta saatavaa lisähintaa, vaikka tuotostaso on alempi, mutta tuki vastaavasti korkeampi. Pelkästään kasvinviljelyn osalta luomutuotantoa harjoittava maitotila tai biologista typensidontaa nurmissa hyödyntävä tavanomainen maitotila ovat taloudellisesti kilpailukykyisiä tavanomaisen heinänurmiin perustuvan maidontuotannon kanssa. Puitavan herneen ja härkäpavun viljely rajoittuu maantieteellisesti eteläiseen Suomeen ilmasto-oloista johtuen, mutta pohjoisempina seoskasvustoina viljojen kanssa viljeltäessä niistä saadaan valkuaispitoista kokoviljasäilörehun raaka-ainetta.

Biologisesti sidottu typpi tulee pääosin hyödynnettyä sidontavuonna korjattaessa biologisesti typpeä sitovan kasvin sato. Osa sidotusta tyyppistä jää kasvustojätteisiin ja on hyödynnettävissä viljelykierrossa seuraavan kasvin kasvuun. Tämän ns. jälkivaikutustypen merkitys on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin suoraan typpeä sitovan kasvin sadon mukana hyödynnettävän biologisen typensidonnan merkitys. Nykyisessä maataloustuotannossa biologisesti sidotun typen osuus on alle 5 % maataloudessa vuosittain käytetystä kokonaistyyppimäärästä. Biologisen typensidonnan osuuden nostaminen vaatisi merkittäviä muutoksia viljelykäytäntöihin ja viljelykasveihin. Sen teoreettinen maksimi Suomen olosuhteissa olisi tehtyjen laskelmien perusteella noin 90 kg/ha, mutta realistinen potentiaalinen typensidontamäärä on noin 25 kg/ha jokaista viljelyhehtaaria kohti laskettuna. Tähän päästään, jos nykyisellä nurmialalla kaikissa kasvustoissa olisi typensitojakasvi (apilat, mailaset) mukana, hennettä, härkäpapua ja lupiinia viljeltäisiin niille sopivilla lohkoilla viljelykiertovaatimukset huomioon ottaen ja viherlannoituskasvustoja käytettäisiin nykyinen määrä. Tällöin biologisen typensidonnan osuus vastaisi noin 30 % tällä hetkellä keskimäärin käytetystä väkilannoitetyypimäärästä.

Palkoviljoja pidetään yleisesti viljelyvarmuudeltaan heikohkoina kasveina. MTT:n lajikekoeaineistoista määritetty satovaihtelu kuitenkin osoittaa, että herneen satovaihtelu ei ole kevätiljoja suu-
rempaa. Vastaavaa tietoa ei ole saatavilla härkäpavusta havaintojen puuttumisen/vähäisyyden
vuoksi. Herneen tuloksia voitaneen pitää osoituksena siitä, että herneelle soveltuvilla kasvupaikoil-
la sillä on potentiaalia tuottaa kohtalaisen varmasti hyviä satoja kevätiljoihin verrattuna. Lakou-
tuminen on ollut pitkään herneen viljelyn suurin viljelytekni-
nen ongelma. Lakoontumista on kui-
tenkin onnistuttu vähentämään jalostuksen keinoin puolilehdettömien hernelajikkeiden avulla sato-
tason kärsimättä. Lakoon voidaan vaikuttaa myös viljelytekni-
sesti tukikasvia käyttämällä ja paran-
taa siten viljelyvarmuutta. Tulosten perusteella kauran, kääpiökauran tai ohran viljely herneen tu-
kikasvina vähentää lakoa ja viivästyttää laon etenemistä. Kaura estää herneen lakoutumisen usein
kokonaan ja viivyttaa laon alkamista enemmän kuin muut kevätiljat. Se estää lakokasvuston pai-
numista täysin maata vasten muita viljoja paremmin. Tukikasvi voi kuitenkin pienentää herneen
siemensatoa etenkin vuosina, jolloin herneen kasvu on heikkoa, mutta sato voi alentua myös hyvi-
nä hernevuosina. Hernesatoa alentava kilpailuvaikutus on hyväksyttävä, jos tukikasvia käyttämällä
halutaan vähentää lakoa. Vaikka tukikaura yleensä pienensikin herneen siemensatoa, oli kauran ja
herneen yhteissato aina suurempi kuin tukikasvittoman herneen sato. Parhaiten lakoa estänyt kaura
tuotti myös suurimmat yhteissadot herneen kanssa. Vain kääpiökauran ja herneen seos tuotti kes-
kimäärin yhtä suuren yhteissadon.

Muokkaamatta viljely on yleistynyt myös Suomessa nopeasti. Tutkimustulosten mukaan herneen
viljely muokkaamattomassa maassa on kevätiljoja haasteellisempaa, mikä osaltaan kuvaa herneen
vaateliaisuutta kasvuolosuhteisiin nähden. Suorakylvössä onnistuminen riippuu paljon pellon omi-
naisuuksista. Mitä kuohkeampaa ja vettä läpäisevämpää maa on, sitä paremmin herne suorakylvet-
tynäkin menestyy. Sateiset alkukesät ovat erityisen hankalia, koska herne kärsii helposti hapen
puutteesta. Myös herneen kasvitautiongelmat voivat tulla esiin voimakkaammin suorakylvetyssä
kuin muokatussa ympäristössä. Herne on kuitenkin hyödyllinen kasvi suorakylvön viljakierrossa,
sillä herneen havaittiin vähentävän vehnän kasvilevintäisiä tauteja. Edullisina kesinä herneestä
saadaan suorakylväen lähes yhtä suuria satoja kuin kynnetyltä pelloilta. Taloudellisessa mielessä
suorakylvön haittana on lisäksi se, että ainakin jäykällä savimailla kylvösiemenen määrää on suo-
rakylyssä lisättävä, jotta päästäisiin suuren sadon edellyttämään kasvutiheyteen.

Kiinnostus härkäpavun viljelyyn on kasvanut nopeasti viime vuosina, mutta kokemusta härkäpa-
vun kasvinsuojeluongelmista ja viljelyvarmuudesta on kertynyt Suomen olosuhteissa vasta vähän.
Rehevästä kasvatavastaan huolimatta härkäpavu ei ole erinomainen kilpailija rikkakasveja vastaan,
koska sen alkukehitys on hidas. Kemiallisen rikkakasvitorjunnan ongelmana on härkäpavun herk-
kyys monille tehoaineille. Härkäpavun rikkakasvien torjuntaan sopii Fenix (tehoaine aklonifeeni)
ennen härkäpavun taimettumista, mutta ei viljelykasvin taimille ruiskutettuna. Juolavehnan ja huk-
kakauran torjumiseen soveltuu Agil 100 EC (propakvitsafoppi). Lupiinin rikkakasvien kemiallises-
sa torjunnassa saatiin lupaavia tuloksia Lentagran WP (pyridaatti), Basagran SG (bentatsoni), Fe-
nix (aklonifeeni) ja Senkor (metributsiini) -valmisteilla. Huomionarvoista on, että härkäpavulla
kuten herneelläkin, voidaan rikkakasveja hallita rikkakasviharauksen avulla.

Härkäpavun kasvitautien esiintymiseen vaikuttaa merkittävimmin kasvukauden sää. Koska härkä-
pavun yleisimmät kasvitautinaiheuttajat (tyvitaudit ja suklaalaikku) säilyvät siemenessä ja kasvi-
jätteessä, ovat kylvösiemenen terveys sekä viljelykierto oleellimmat kasvitautiriskejä vähentävät
tekijät. Onnistuneella peittauksella voidaan siemenlevintäisten tautinaiheuttajien vahinkoa vähen-
tää merkittävästi. Ongelmana on kuitenkin markkinoilla olevien peittausvalmisteiden vähäinen
määrä sekä jauhemaisten valmisteiden tekninen soveltumattomuus. Suklaalaikun kasvustoruisku-
tuksessa on kiinnitettävä huomiota torjunnan ajoitukseen. Torjuntatarpeen arviointi ja torjunnan
onnistuminen edellyttävät aktiivista kasvuston kunnon, oireiden ja sääolojen seuranta.

Vaikka härkäpavulla ei viljelyn alkuvuosina ole havaittu pahoja tuhoeläinongelmia, on niiden ilmaantumiseen kuitenkin varauduttava. Kemiallinen torjunta voi olla tarpeen, jos hernekärsäkkäitä esiintyy keväällä erittäin runsaasti tai kukintavaiheessa kasvustoissa on paljon kirvoja. Tällä hetkellä käytävissä on vain luonnonpyretriini, koska herneen tuhoeläinten torjuntaan käytettävillä pyretroidi-valmisteilla ei ole virallista hyväksyntää härkäpavun tuhoeläinten torjuntaan. Kasvintuhoojien tarkkailu (tunnistus ja seuranta) sekä kasvinsuojelun ja muiden viljelyteknisten toimenpiteiden optimointi ovat uuden viljelykasvin yleistyessä tarpeen.

Sinilupiinilajikkeista potentiaalisimmat Suomessa viljeltäviksi ovat Haags Blaue ja Sonet, joilla on lyhin kasvuaika. Kontu on edelleen aikaisin kaikista kokeissa olleista härkäpapulajikkeista. On kuitenkin useita lajikkeita, jotka ovat satoisampia ja rehuarvoltaan parempia kuin Kontu. Tätä tietoa käytetään hyödyksi tulevaisuuden jalostusohjelmissa. Linssien lajikekokeet puolestaan ovat nostaneet esiin kolme lupaavaa lajiketta: Milestone, Redbow ja Rosebud. Kokoviljasäilörehuseoksiin sopivat vihantarehuherneet Arvika ja Florida, härkäpavut Tangenta ja Gracia sekä valkolupiinit Energy ja Ludic.

Viherlannoitusta käytetään erityisesti luomukasvinviljelytilan viljelykierrossa keinona sitoa tyypeä seuraavien kasvien käyttöön. Viherlannoituksen ongelmana on vihermassaan sisältyvän typen vapautumisen hallinta. Tähän voidaan vaikuttaa joko viljelyteknisesti (syyskylvöisten kasvien viljely, myöhäinen kyntö) tai keräämällä maanpäällinen vihermassa biokaasun tuotantoon. Viherlannoitusnurmen mädättämisen edut suoraan maahan muokattuun nurmibiomassaan ovat lähinnä typen huuhtoutumisriskin pieneminen, bioenergiasta saatava tuotto sekä mahdollisuus palauttaa tyypeä sisältävä mädäte takaisin halutuille peltolohkoille lannoitteeksi. Hyvätuottoisen nurmen mädätteellä on mahdollista lannoittaa suurempi ala kuin miltä se on korjattu. Nurmimassan biokaasuenergiatuotot olivat keskimäärin 20 MWh/ha ja mädätteen kokonaistypestä noin puolet oli muuntunut ammoniumtyypimuotoon. Seosnurmi (apilaheinä) tuotti biokaasua ja metaania paremmin kuin apilanurmi. Seosnurmi puoltaa myös puhtaita apilanurmia pienempi typen huuhtoutumisriski.

Viljelijän näkökulmasta viherlannoitusnurmen tai nurmibiomassan tuottaminen energian tuotantoa varten on taloudellisesti perusteltua vain, jos siitä saatava taloudellinen tulos on samansuuruinen tai suurempi kuin pellon vaihtoehtoisessa käytössä. Viljelijän saamana hyötynä on otettava huomioon myös mahdollinen viljelykierron monipuolistumisesta saatava hyöty esimerkiksi maan rakenteen ja kasvukunnon pitkän aikavälin paranemisen kautta sekä viljelijän pellolle palautettavan mädätteen lannoitusvaikutuksen nettohyöty. Yhteiskunnan näkökulmasta hyötynä on myös typpi-huuhtoumien väheneminen, mahdollisuus korvata fossiilisia polttoaineita bioenergialla ja edistää hajautettua energiatuotantoa. Biomassan korjuu-, kuljetus-, käsittely- ja varastointiketjujen hankkiminen sekä biokaasulaitosten perustaminen vaatii kuitenkin suuria investointeja. Siten taloudellisesti kannattavan nurmen biokaasutuotannon aikaan saaminen edellyttäne nykyisillä energian hinnoilla tukea sekä viljelyyn että biokaasun tuotantoon.

Muiden palkokasvien kuin apilan viljely on ollut Suomessa vähäistä. Kuitenkin näiden kasvien kyky biologiseen typensidontaan ja valkuaisen tuotantoon tekee niistä kiinnostavan nykyisessä toimintaympäristössä. Niiden viljelyn laajentamiseen liittyy monia haasteita, jotka kytkeytyvät niin kasvien ominaisuuksiin ja viljelytekniikkaan kuin sadon käyttöön esimerkiksi eläinten rehuna. Palkoviljamarkkinat ovat edelleen pienet, vaikka esimerkiksi kaupalliset toimijat ovat pyrkineet edistämään härkäpavun viljelyä. Pienet volyymit aiheuttavat helposti epävakautta palkoviljamarkkinoille. Pienet tuotantomäärät ovat myös logistisesti hankalia muutoin kuin paikallisessa käytössä. Tarvitaan eri tahojen pitkäjänteistä kehittämis- ja yhteistyötä, jotta palkokasvien mahdollisuudet saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

