



Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus

Jukka Salonen, Marjo Keskitalo
ja Marjo Segerstedt (toim.)



Ympäristö
Kasvintuotanto

Maa- ja elintarviketalous 110
331 s.

Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus

Jukka Salonen, Marjo Keskitalo
ja Marjo Segerstedt (toim.)

ISBN 978-952-487-135-8 (Painettu)

ISBN 978-952-487-136-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5073 (Painettu)

ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met110.pdf

Copyright

MTT

Jukka Salonen, Marjo Keskitalo ja Marjo Segerstedt (toim.)

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietohallinto, 31600 Jokioinen

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

sähköposti.julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2007

Kannen kuva

Juha Tiainen

Painopaikka

Tampereen Yliopistopaino Oy Juvenes Print

Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus

Jukka Salonen, Marjo Keskitalo ja Marjo Segerstedt (toim.)

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

Tiivistelmä

Monimuotoisuuden turvaaminen viljelyn keinoin oli yksi maa- ja metsätalousministeriön koordinoiman, vuosina 2003–2006 toteutetun monimuotoisuuden tutkimusohjelma MOSSEn tavoitteista. Tähän raporttiin on koottu tuloksia ohjelman hankkeista, joissa selvitettiin peltoluonnon monimuotoisuutta ja sitä ylläpitävää viljelyä.

Tutkimuksen mukaan peltoluonnon monimuotoisuutta voidaan edistää sisällyttämällä yksipuolisiin viljelykiertoihin viherkesantoja ja erikoiskasveja. Peltolajiston kannalta paras lopputulos syntyykin, kun peltoaukealla on suunnitelmallisesti erilaisia erikoiskasveja ja eri-ikäisiä kesantoja. Viherkesantojen perustamisessa tulisi välttää reheväkasvuisten heinien siemenseoksia. Erikoiskasveista parhaita taas ovat kukkivat kaksisirkkaiset sekä monivuotiset, runsasjuuriset kasvit. Paikkatietoon perustuvalla suunnittelulla monipuolisesta viljelystä voidaan saada muitakin ympäristöhyötyjä, joista esimerkkejä ovat ravinteiden huuhtoutumisen väheneminen ja maan fysikaalisen tilan paraneminen.

Tutkimus osoitti, että viljelyn monipuolistaminen erikoiskasvien avulla kiinnostaa viljelijöitä. Erikoiskasviviljelyn aloittamisen riskiä tulisi kuitenkin madaltaa taloudellisten kannustimien avulla ja erikoiskasvien tuotanto- ja markkinointiketjuja vakauttaa. Panostamalla uusien raaka-aineiden innovatiiviseen jatkojalostukseen, tuotekehitykseen ja tuotteiden saatavuuteen voidaan lisätä erikoiskasvien kysyntää ja sitä kautta peltokasvilajiston runsastumista.

Viljelytoimien vaikutuksia lajiston monimuotoisuuteen tutkittiin muutoksiin reagoivien eliöryhmien avulla. Tutkimuksessa luotiin seuranta-aineistoja hyödyntäen ekologiin ryhmiin perustuvat indikaattorit peltolinnuista, rikkakasveista ja päiväperhosista. Indikaattorit soveltuvat esimerkiksi ympäristötuen vaikuttavuuden seurantaan. Lisäksi tutkimuksessa kerättiin ensimmäinen alueellisesti kattava aineisto lierojen esiintymisestä Suomen peltomaissa ja tunnistettiin sen avulla lierojen runsautta määräävät avaintekijät.

Avainsanat: biodiversiteetti, erikoiskasvit, paikkatietojärjestelmät, kesanto, lierot, maaperäeliöstö, linnut, pölyttäjät, rikkakasvit, viljelijät, kuluttajat

Biodiversity in farmland

Jukka Salonen, Marjo Keskitalo and Marjo Segerstedt (eds.)

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

Biodiversity in agricultural habitats was focused in the research programme on biodiversity coordinated by the Ministry of Agriculture and Forestry in 2003-2006. The main objective was to gain new practical-orientated knowledge on the status and changes of biodiversity in agri-environment. New measures are required e.g. in crop production to meet the EU target for halting the loss of biodiversity by the year 2010.

This report compiles some key results from three projects which participated in the research programme. The biodiversity themes studied include functional biodiversity, benefits of diversified crop production with fallows and special crops, increased plant diversity in cultivated grasslands, economic calculations and the acceptance of such measures among the farmers and consumers.

Monitoring of the populations of selected species associated with farmland provides information on the sustainability of cropping measures. Applicability of existing data on farmland birds, butterflies and weeds was improved by condensing information on the population trends of single species into an indicator describing the average trends in ecological species groups. Moreover, a new survey resulted in a comprehensive picture of the distribution and abundance of earthworm species in the arable fields of Finland and identified the key factors affecting the properties of earthworm communities.

Biodiversity in farmland can be promoted with various cropping practices e.g. by introducing new field crops or fallows in the rotation. New information and planning ideas are provided for farmers and policy makers in order to diversify crop production at farm level. Indicators can be applied for monitoring the effectiveness of environmental and agricultural policy. Some of the results and recommendations are already implemented in the national Agri-Environment Support Scheme for the years 2007-2013.

Key words: biodiversity, butterflies, consumers, earthworms, fallow, farmland birds, GIS, grassland, pollinators, soil microbes, weeds

Alkusanat

Luonnon monimuotoisuuden turvaaminen on asetettu tavoitteeksi monilla toimialoilla Rion sopimuksen 1992 hengen mukaisesti. Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategiassa samainen tavoite sisältyy maatalouden kestäväen kehityksen periaatteisiin. Biodiversiteetin tutkimusohjelma FIBRE (1997–2002) loi hyvän tieteellisen perustan monimuotoisuuden tutkimukselle ja tuotti uuden tiedon ohella lisää alan asiantuntijoita.

Monimuotoisuuden tutkimusohjelma MOSSE (2003–2006) tarjosi mahdollisuuden jatkaa monen FIBRE-lähtöisen tutkimusryhmän työtä. Tutkimus kuitenkin suunnattiin paremmin käytännön tietotarpeita palveleviksi hankkeiksi. Tavoitteena oli saada uutta ja soveltamiskelpoista tietoa maatalousympäristöjen luonnon monimuotoisuuden tilasta ja sen muutoksista. Tähän raporttiin on koottu tuloksia kolmesta MOSSE-ohjelman hankkeesta, joiden yhteisenä teemana oli monimuotoinen peltoluonto. Hankkeet, niiden vastuulliset johtajat ja vastuuorganisaatiot olivat:

- Maatalousympäristön monimuotoisuuden merkitys ja hyödyntäminen kasvintuotannossa (LUMOpelto)
Jukka Salonen, MTT
- Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit
Juha Tiainen, RKTL
- Peltojen lieroyhteisöjen alueellisen vaihtelun kartoitus viljelymaan muutosten ennakoimista ja seuranta varten (LUMOliero)
Visa Nuutinen, MTT

Maatalousympäristön ekologisen tutkimuksen pitkään jatkunut yhteistyö Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT), Helsingin yliopiston (HY:n laitokset ja Luonnontieteellinen keskusmuseo), Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) välillä sai MOSSE-tutkimusohjelmassa jatkoa. Erityisenä yhteisen mielenkiinnon kohteena näillä tutkimuslaitoksilla ovat monimuotoisuuden turvaaminen ja seuranta sekä monimuotoisuuden muutoksia ilmentävät indikaattorit.

Tämä raportti on jaettu kolmeen teemaan, joista ensimmäinen käsittelee keksantöjen merkitystä pellon luonnonvaraisten eliölajien kannalta. Toisena teemana on viljelykiertojen monipuolistaminen erikoiskasvien avulla, mitä tutkittiin LUMOpelto-hankkeen MONIKASVI-osiossa Marjo Keskitalon johdolla monitieteisesti maamikrobeista kuluttajiin asti. Lopuksi arvioidaan, miten hyvin peltoluonnon tietyt indikaattorilajit ja niiden ekologiset ryhmät kuvaavat viljely-ympäristön tilaa ja reagoivat siinä tapahtuviin muutoksiin.

MOSSE-tutkimusohjelman maatalousaiheisten hankkeiden ohjausryhmään kuuluivat pj. Elina Nikkola, Tarja Haaranen, Markku Järvenpää ja Tuula

Pehu (2003–2004 myös Leena Vestala) MMM:stä, Pekka Salminen ja Silja Suominen YM:stä, Hannele Partanen Pro Agriasta, Mikko Jaakkola Lounais-Suomen ympäristökeskuksesta, Jaakko Holsti MTK:sta, Jyrki Pitkänen Kaakkois-Suomen TE-keskuksesta, Marcus Walsh BirdLife Suomesta ja sihteerinä Juha Pöyry Suomen ympäristökeskuksesta. Heille osoitamme kiitokset aktiivisesta osallistumisesta hankkeiden tavoitteiden tarkentamiseen, toiminnan painotuksen ohjaukseen ja välitulosten esittelyn yhteydessä käytyyn keskusteluun.

Hankkeiden eri osioista vastanneet ja niihin osallistuneet tutkijat tulevat esitellyiksi raportin erillisissä, itsenäisissä artikkeleissa. Tutkimustietoa on koonnut runsaslukuinen joukko teknistä henkilökuntaamme, opiskelijoita ja harjoittelijoita, joille lämpimät kiitokset innostuksesta työhön ja uuden oppimiseen. Tutkimusmestari Marjo Segerstedt vastasi raportin taittotyöstä ja toimittamisesta julkaisukuntoon. Kiitämme kaikkia hankkeisiin osallistuneita henkilöitä ja yhteistyötahoja.

Tutkimusryhmien jäsenistä monet ovat osallistuneet maatalouden ympäristötuen 2007–2013 sisällön valmisteluun. Hankkeissa tuotettiin runsaasti tuloksia, joihin perustuvien johtopäätösten ja suositusten vaikuttavuutta voi seurata pyrittäessä EU:n asettamien tiukkojen tavoitteiden mukaisesti pysäyttämään monimuotoisuuden köyhtyminen vuoteen 2010 mennessä.

Marraskuussa 2007
Tutkimusryhmien puolesta:

*Jukka Salonen, Visa Nuutinen, Juha Tiainen,
Terho Hyvönen, Marjo Keskitalo, Mikko Kuussaari*

Sisällysluettelo

1. Peltoluonto ja kesannot

Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille <i>Terho Hyvönen</i>	13
Viljapellon rikkakasvillisuus kesannoinnin jälkeen <i>Jukka Salonen ja Terho Hyvönen</i>	26
Kesantojen ekosysteemipalvelut: lintujen hyönteisravinto ja tuholaiden luontaiset viholliset <i>Erja Huusela-Veistola</i>	34
Viherkesantojen merkitys pölyttäjähönteisille <i>Mikko Kuussaari, Oskari Härmä ja Terho Hyvönen</i>	47
Kesantojen merkitys pesimälinnustolle <i>Juha Tiainen, Markus Piha ja Ville Vepsäläinen</i>	70

2. Monimuotoinen viljely

Monimuotoisuutta erikoiskasvien viljelystä <i>Marjo Keskitalo, Christian Eriksson, Kaija Hakala, Arsi Ikonen, Saara Kaipainen, Sirpa Kurppa, Ansa Palojärvi, Timo Pitkänen, Katriina Soini, Sirpa Thessler, Harri Turunen ja Heli Takamaa</i>	83
Erikoiskasvit kasvintuotannon monipuolistajina <i>Marjo Keskitalo</i>	102
Monipuolinen kasvinviljely pellon kasvukunnan ja ravinnetalouden säätelijänä <i>Kaija Hakala ja Marjo Keskitalo</i>	142
Kasvien ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuus ja sen hyödyntäminen <i>Ansa Palojärvi, Saara Kaipainen ja Sari Peura</i>	153
Viljelijöiden näkemyksiä erikoiskasviviljelystä <i>Heli Takamaa, Katriina Soini ja Arsi Ikonen</i>	164
Öljypellavan, kuminan ja tattarin kannattavuus erikseen ja osana viljantuotantoa <i>Harri Turunen</i>	178

Paikkatietosovelluksesta apua viljelyn suunnitteluun <i>Sirpa Thessler, Arsi Ikonen, Hanna Huitu, Marjo Keskitalo, Pentti Ruokokoski ja Hannu Ojanen</i>	189
Elintarvikkeiden kulutuksen ja maankäytön yhteydet monimuotoisuuteen <i>Sirpa Kurppa</i>	202
3. Monimuotoisuusindikaattorit	
Linnut maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorina <i>Juha Tiainen, Jukka Rintala, Jyrki Holopainen, Markus Piha, Tuomas Seimola, Ville Vepsäläinen ja Risto A. Väisänen</i>	215
Rikkakasveihin perustuva lajiston monimuotoisuusindikaattori <i>Terho Hyvönen ja Erja Huusela-Veistola</i>	233
Päiväperhosten kannankehitys maatalousluonnon monimuotoisuuden indikaattorina <i>Mikko Kuussaari, Janne Heliölä, Juha Pöyry ja Kimmo Saarinen</i>	246
Maatalousalueiden päiväaktiivisten suurperhoslajien ekologinen luokittelu ja kannankehitys <i>Janne Heliölä ja Mikko Kuussaari</i>	266
Maatalousalueiden kimalaisten elinympäristöt ja kannankehitys Suomessa <i>Juho Paukkunen, Janne Heliölä ja Mikko Kuussaari</i>	289
Lieroyhteisöjen alueellinen vaihtelu maaperän ja pellon käytön mukaan <i>Visa Nuutinen, Juhani Terhivuo, Elise Ketoja, Mervi Nieminen ja Taisto Sirén</i>	313

Content of Abstracts

Plant species diversity and seed-food production for farmland birds on set-asides <i>Terho Hyvönen</i>	14
Weed infestation of cereal crops after fallowing <i>Jukka Salonen and Terho Hyvönen</i>	27
Arthropods as ecosystem services of set-asides: insect food of birds and natural enemies of pest insects <i>Erja Huusela-Veistola</i>	35
Significance of rotational fallows and long-term set-asides for pollinator insects <i>Mikko Kuussaari, Oskari Härmä and Terho Hyvönen</i>	48
Importance of set-asides for breeding farmland birds <i>Juha Tiainen, Markus Piha and Ville Vepsäläinen</i>	71
Biodiversity from special crop production <i>Marjo Keskitalo, Christian Eriksson, Kaija Hakala, Arsi Ikonen, Saara Kaipainen, Sirpa Kurppa, Ansa Palojärvi, Timo Pitkänen, Katriina Soini, Sirpa Thessler, Harri Turunen and Heli Takamaa</i>	85
Diverse crop husbandry improves nutrient balance and productivity of fields <i>Kaija Hakala and Marjo Keskitalo</i>	143
Diversity and exploitation of rhizosphere microbes <i>Ansa Palojärvi, Saara Kaipainen and Sari Peura</i>	154
Farmers' perceptions of the special crops <i>Heli Takamaa, Katriina Soini and Arsi Ikonen</i>	165
GIS pilot for integration of environmental variation to crop planning <i>Sirpa Thessler, Arsi Ikonen, Hanna Huitu, Marjo Keskitalo, Pentti Ruokokoski and Hannu Ojanen</i>	190
Interrelatedness of food consumption and agricultural land use and the impact on rural biodiversity <i>Sirpa Kurppa</i>	203

Biodiversity indicators of Finnish agri-environments: a breeding bird indicator <i>Juha Tiainen, Jukka Rintala, Jyrki Holopainen, Markus Piha, Tuomas Seimola, Ville Vepsäläinen and Risto A. Väisänen</i>	216
Application of arable weeds as an indicator for sustainable agriculture <i>Terho Hyvönen and Erja Huusela-Veistola</i>	234
Population trends of butterflies as a farmland biodiversity indicator <i>Mikko Kuussaari, Janne Heliölä, Juha Pöyry and Kimmo Saarinen</i>	247
Ecological classification and population trends of day-active moths in agricultural areas <i>Janne Heliölä and Mikko Kuussaari</i>	267
Habitats and population trends of bumblebees in Finnish agricultural environments <i>Juho Paukkunen, Janne Heliölä and Mikko Kuussaari</i>	290
Regional variation of field earthworm communities in relation to soil properties and land use <i>Visa Nuutinen, Juhani Terhivuo, Elise Ketoja, Mervi Nieminen and Taisto Sirén</i>	314

1. Peltoluonto ja kesannot

Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille

Terho Hyvönen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, terho.hyvonen@mtt.fi

Tiivistelmä

Viljelykiertojen yksipuolistuminen on vähentänyt peltolajiston monimuotoisuutta. Viljelykiertoja voitaisiin monipuolistaa sisällyttämällä niihin viherkesantoja. Nykyisin vallitsevat viherkesannot eivät kuitenkaan ole lajiston monimuotoisuuden kannalta parhaita, sillä ne perustetaan voimakkaasti kilpailevilla monivuotisilla nurmikasveilla. Tämän tutkimuksen keskeinen tavoite oli selvittää, voidaanko vaihtoehtoisia siemenseoksia käyttämällä vaikuttaa viherkesantojen lajiston monimuotoisuuteen. Siemenseoksen lisäksi tutkittiin kesantojen perustamistavan, iän sekä niiton vaikutusta monimuotoisuuteen. Tutkimuskohteena olivat kasvit ja niiden linnuille tuottama siemenravinto. Tulokset perustuvat kahteen kenttäkokeeseen.

Siemenseoksen vaikutus lajiston monimuotoisuuteen oli odotusten mukainen. Heikommin kilpaileva nurmiröllilampaannataseos ja niittykasveja sisältävä siemenseos osoittautuivat puna-apila-timotei-nurminataseosta paremmaksi lajiston monimuotoisuuden ja lintujen siemenravinnon tuoton kannalta. Siemenseosten ero tuli esiin toisena kesantovuotena. Sänkikesannot suosivat monimuotoisuutta jo ensimmäisenä kesänä. Kesannon perustamistavan (kylvö suojaviljaan vs. ei suojaviljaa) vaikutus tuli selkeimmin esiin siemenravinnon tuotannossa. Suojavilja kilpaili hitaasti kasvuun lähteviä heiniä tehokkaammin yksivuotisia rikkakasveja vastaan ja vähensi joidenkin rikkakasvilajien siementuottoa. Niiton vaikutus jäi ensimmäisinä kesantovuosina vähäiseksi. Myöhempinä kesantovuosina niitto hillitsi monivuotisten rikkakasvien, pelto-ohdakkeen ja juolavehnän, runsastumista.

Lyhytaikaisten viherkesantojen avulla voidaan lisätä kasvilajiston monimuotoisuutta. Niinpä kesantojen sisällyttäminen uuteen maatalouden ympäristötukeen 2007–2013 on ollut perusteltua. Lajiston monimuotoisuuden kannalta vaihtoehtoisten siemenseosten käyttö olisi suotavaa.

Avainsanat: biodiversiteetti, linnut, maatalouden ympäristötuki, rikkakasvit

Plant species diversity and seed-food production for farmland birds on set-asides

Terho Hyvönen

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
terho.hyvonen@mtt.fi

Abstract

Adoption of crop monocultures has decreased the diversity of crop rotations, which has been detrimental for the biodiversity of arable fields. Inclusion of short-term rotational fallows and long-term set-asides to crop rotations could diversify agricultural habitats. Green fallows are usually sown with competitive grass species that effectively prohibit germination of weed species from seed bank and thus decline plant species diversity. In the present study, plant species diversity and seed-food production for farmland birds in rotational fallows and long-term set-asides sown with less competitive seed mixtures were studied. In addition to seed mixtures, importance of establishment method, duration of fallowing and mowing for species diversity were also explored. The data were collected from two field experiments.

As expected, fallows and set-asides sown with alternative seed mixtures (*Festuca ovina*-*Agrostis capillaris* and *F. ovina*-*A. capillaris* with meadow plants) had higher species diversity of plants as well as higher seed-food production than *Trifolium pratense*-*Phleum pratense*-*Festuca pratensis* seed mixture. The difference between seed mixtures was observed in the second fallow year. Species diversity of stubble fallow was high already in the first year. The establishment method of fallows (under-sown vs. not under-sown) had the strongest effect on the seed-food production. Seed production of annual weeds was lower in under-sown plots due to strong competition of crop. Mowing prohibited the growth of some perennial weeds in third and fourth year of fallowing, however, for other species the effect was minor.

Short-term fallows and set-asides enhance species diversity of plants. Inclusion of green fallows as a measure of updated Finnish Agri-Environmental Scheme (2007-2013) is beneficial for biodiversity. For plant species diversity, application of alternative seed mixtures is recommendable.

Key words: agri-environmental support scheme, arable weeds, biodiversity, farmland birds

Johdanto

Karjatalouden ja kasvintuotannon eriytyminen on johtanut viljelykiertojen yksipuolistumiseen viljan tuotantoalueella Etelä- ja Länsi-Suomessa. Monivuotisten nurmikasvien katoaminen viljelykierrosta on vähentänyt lajiston monimuotoisuutta (Tiainen 2004). Viljelykiertoja voitaisiin monipuolistaa viherkesannoilla, jotka rikastuttavat kasvistoa ja muuta eliöstöä (Corbet 1995, Steffan-Dewenter & Tschardtke 1997) ja tarjoavat siemenravintoa peltolinuille (Pulliainen 1984, Evans 1997).

Kesanto on väliaikaisesti viljelyn ulkopuolella oleva peltolohko. Viljelyssä oleviin peltolohkoihin kohdistuu viljelytoimenpiteitä, kuten maan muokkaus, lannoitus ja torjunta-aineiden käyttö. Näihin toimenpiteisiin on sopeutunut rajattu joukko kasvilajeja, joista runsaimpia ovat yksivuotiset lajit. Peltolohkon jäädessä kesannolle kasvillisuus alkaa muuttua siemenpankista taimettuvien sekä pientareilta leviävien lajien myötä. Siemenpankista taimettuu lähinnä yksivuotisia lajeja, kun taas monivuotiset lajit leviävät pääosin peltolohkon ulkopuolelta (Rew ym. 1992). Kesantovuosien myötä vahvemmin kilpailevat monivuotiset lajit alkavat vallata tilaa yksi- ja kaksivuotisilta lajeilta (Wilson 1992, Steffan-Dewenter & Tschardtke 1997). Jatkuva kasvillisuuden muutos tuo haasteen lajiston monimuotoisuuden säilyttämiselle monivuotisilla kesannoilla. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuuteen voidaan vaikuttaa perustamisvaiheessa siemenseoksella ja myöhemmin niitolla.

Suosituimmat viherkesantojen perustamisessa käytetyt siemenseokset ovat halpoja ja pyrkivät nopeasti peittämään maanpinnan ehkäisten siten rikkakasvien taimettumista. Tähän tarkoitukseen soveltuvat hyvin monivuotisten heinien ja apilan seokset (Fisher & Davies 1991). Kasvilajiston monimuotoisuudelle edullisempia ovat heikommin kilpailevat kasvustot, jolloin siemenpankista pääsee taimettumaan enemmän kasvilajeja (Fisher & Davies 1991, Cloutche ym. 1995). Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuutta voidaan edistää myös suoraan kylvämällä monimuotoisuutta edistäviä lajeja, kuten pölyttäjiä suosivia niittykasveja tai peltolintujen ravintokasveja (Clarke ym. 1997). Kesantojen niitolla on havaittu olevan vain vähän vaikutusta kasvien lajimäärään, mutta sen on todettu hillitsevän joidenkin monivuotisten lajien kasvua (Hansson & Fogelfors 1998).

Tässä tutkimuksessa tutkittiin siemenseoksen, iän, perustamistavan ja niiton vaikutusta kesantojen kasvilajiston monimuotoisuuteen ja kykyyn tuottaa siemenravintoa linnuille. Tavoitteena oli kehittää lajiston monimuotoisuuden kannalta parempia kesantoja.

Aineisto ja menetelmät

Koejärjestelyt

Lyhytaikaiset kesannot

Lyhytaikaisia viherkesantoja tutkittiin Jokioisten Nummelan tilalle perustetussa nelivuotisessa (2003–2006) kenttäkokeessa, jossa kesannot olivat osana viljelykiertoa. Koe perustettiin 16,5 hehtaarin lohkolle, jonka maalaji oli aitosavi. Syksyllä 2002 peltolohko salaojitettiin ja lannoitettiin karjanlannalla (15 tn ha⁻¹). Vuonna 2001 lohko oli ollut nurmella ja vuonna 2002 lohkolle oli viljelty ohraa.

Koeasetelma oli ns. row-column -koe. Kokeessa oli kahdeksan käsittelyä (Taulukko 1), joista kustakin oli neljä toistoa. Koeruudun koko oli 0,3 hehtaaria (44 m x 66 m). Koekesannot erosivat toisistaan siemenseoksen, iän (1. tai 2. vuoden kesanto) ja perustamistavan (kylvetty suojaviljaan / ei suojaviljaa) suhteen (Taulukko 1). Voimakkaasti kilpailevana siemenseoksena käytettiin puna-apila-timotei-nurminataseosta (kylvömäärät 5, 4 ja 5 kg ha⁻¹) sekä heikommin kilpailevana siemenseoksena nurmiröllilampaannataseosta (kylvömäärä 7 ja 7 kg ha⁻¹). Jälkimmäisessä siemenseoksessa oli epäpuhtautena timotein siementä, joka kasvoi runsaana nurmiröllilampaannata - ruuduilla. Viherkesantoja verrattiin sänkikesantoon ja ohraan.

Ohraruudut kylvettiin touko-kesäkuun vaihteessa (lajike Kunnari (2003 ja 2004); lannoitus: 90 kg typpeä ha⁻¹ (2003 ja 2004); kylvötiheys: ei-suojavilja ruuduilla 450 kpl m⁻² ja suojaviljaruuduilla 350 kpl m⁻²). Heinäruudut kylvettiin kesäkuun puolivälissä (2003) ja toukokuussa (2004).

Elokuussa 2004 ohraruudut kultivoitiin puinnin jälkeen, koekenttä ajettiin kesantomurskaimella ja kynnettiin 20 cm syvyyteen, jonka jälkeen kaikille koelohkoille kylvettiin syysruis (lajike Elvi; kylvötiheys 500 kpl m⁻²; lannoitus keväällä 78 kg typpeä ha⁻¹ ja syksyllä 26 kg ha⁻¹). Keväällä 2006 kylvettiin kaikille koeruuduille ohra (lajike Rolfi; kylvötiheys 450 kpl m⁻²; lannoitus 104 kg typpeä ha⁻¹). Torjunta-aineita ei käytetty ohra- eikä ruisruuduilla lukuun ottamatta vuosina 2005 ja 2006 tehtyjä koalueita (neljä noin 8 m²:n koalaa kullekin koeruudulle) (ks. Salonen & Hyvönen 2007).

Taulukko 1. Lyhytaikaisten kesantojen kokeen viljelykierron käsittelyittäin 2003–2006. Nurmistölli-lampaannata -seoksessa oli epäpuhtautena timotein siementä.

Käsittely	2003	2004	2005	2006
Vilja	ohra	ohra	ruis	ohra
1-vuotinen sänki-kesanto	ohra	sänkikesanto	ruis	ohra
1-vuotinen nurmistölli-lampaannata kesanto	ohra	nurmistölli-lampaannata	ruis	ohra
1-vuotinen puna-apila-timotei-nurminata kesanto	ohra	puna-apila-timotei-nurminata	ruis	ohra
Suojaviljaan kylvetty 2-vuotinen nurmistölli-lampaannata kesanto	ohra + nurmistölli-lampaannata	nurmistölli-lampaannata	ruis	ohra
Suojaviljaan kylvetty 2-vuotinen puna-apila-timotei-nurminata kesanto	ohra + puna-apila-timotei-nurminata	puna-apila-timotei-nurminata	ruis	ohra
2-vuotinen nurmistölli-lampaannata kesanto	nurmistölli-lampaannata	nurmistölli-lampaannata	ruis	ohra
2-vuotinen puna-apila-timotei-nurminata kesanto	puna-apila-timotei-nurminata	puna-apila-timotei-nurminata	ruis	ohra

Pitkäaikaiset viherkesannot

Pitkäaikaisia viherkesantoja tutkittiin Ypäjälle perustetussa nelivuotisessa (2003–2006) kenttäkokeessa. Koe perustettiin noin 11,1 hehtaarin peltolohkolle, jonka vallitseva maalaji oli hietasavi. Kokeen esikasvina lohkolla oli ohra.

Koasetelmana oli strip-plot -kaistakoe, jossa samalla siemenseoksella kylvetty koerutuparit muodostivat horisontaaliset kaistat ja niittokäsittely vertikaaliset kaistat. Kokeessa oli kolme siemenseosta (puna-apila-timotei-nurminata, nurmistölli-lampaannata tai nurmistölli-lampaannata-niittykasvit) (Taulukko 2) ja kaksi niittokäsittelyä (niitto kerran vuodessa tai ei niittoa). Nurmistölli-lampaannataseoksissa oli epäpuhtautena timotein siementä, joka kasvoi runsaana koeruuduilla. Ruutukoko oli 0,25 ha (50 m x 50 m) ja kutakin koejäsentä oli neljä toistoa. Kuuden koeruudun muodostamat toistot erotettiin toisistaan ja pientareista viiden metrin levyisellä nurmikaistalla. Kokeen nurmikasvit kylvettiin 28.5.2003 ja niittykasvit 30.5.2003. Niittoruudut

niitettiin kesantomurskaimella vuosittain myöhään syksyllä (28.8.2003, 5.9.2004, 16.9.2005 ja 27.9.2006).

Taulukko 2. Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeelle kylvetyt lajit ja niiden kylvötiheydet.

Laji	Tieteellinen nimi	Kylvötiheys (*kg ha ⁻¹ tai siemeniä m ⁻²)
<i>Heinät ja apila</i>		
Lampaannata	<i>Festuca ovina</i> L.	7*
Nurminata	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	5*
Nurmirölli	<i>Agrostis capillaris</i> L.	7*
Timotei	<i>Phleum pratense</i> L.	5*
Puna-apila	<i>Trifolium pratense</i> L.	4*
<i>Yksi- tai kaksivuotiset niittykasvit</i>		
Hunajakukka	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth	5*
Ruisvirna	<i>Vicia villosa</i> Roth.	15*
Harakankello	<i>Campanula patula</i> L.	10
Valkoailakki	<i>Silene latifolia</i> Poir. ssp. <i>alba</i> (Mill.) Greuter & Burdet	10
<i>Monivuotiset niittykasvit</i>		
Ahdekaunokki	<i>Centaurea jacea</i> L.	5
Keltasauramo	<i>Anthemis tinctoria</i> L.	10
Mäkitervakko	<i>Lychnis viscaria</i> L.	10
Nurmikohokki	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	10
Purtojuuri	<i>Succisia pratensis</i> Moench	10
Päivänkakkara	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	10
Ruusuruoho	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult.	1
Särmäkuisma	<i>Hypericum maculatum</i> Crantz	10

Näytteenotto

Kasvit

Molemmilla kesantokokeilla tehtiin kasvikartoitus kaksi kertaa kasvukauden aikana (kesä- ja heinäkuun lopulla) kävelemällä koeruudut läpi ja tekemällä lajilista havaituista lajeista sekä arvioimalla kaikkien kasvien sekä kukkivien kasvien runsaus yhdeksänportaisella asteikolla (1 = kasvilajin peittävyys koeruudulla < 0,125 %, 2 = 0,125 < x < 0,5 %, 3 = 0,5 < x < 2 %, 4 = 2 < x < 4 %, 5 = 4 < x < 8 %, 6 = 8 < x < 16 %, 7 = 16 < x < 32 %, 8 = 32 < x < 64 %, 9 = x > 64 %).

Siemenet

Linnuille saatavilla olevan siemenravinnon määrää tutkittiin keräämällä siemennäytteet kasvukauden päätteeksi molemmilta kenttäkokeilta. Siemennäytteet (20 x 100 cm²) kerättiin pintamaasta (1-2 cm). Näytteet kerättiin lyhytaikaisten kesantojen kokeesta viljan puinnin jälkeen elokuun (vuosina 2004–2006) tai syyskuun (2003) lopulla ja pitkäaikaisten kesantojen kokeesta kasvustojen niiton jälkeen syyskuun lopussa (2005–2006) tai lokakuun alussa (2003–2004). Maanäytteet kuivattiin, siemenet eroteltiin maasta ja tunnistettiin lajilleen.

Tilastolliset menetelmät

Lyhytaikaisten kesantojen kokeen koasetelma (row-column –koe) mahdollisti aineiston analysoimisen kolmella eri mallilla (satunnaistettujen täydellisten lohkojen, epätäydellisten lohkojen tai row-column –kokeena) riippuen siitä millaista vaihtelua kokeessa esiintyy. Sekä kasvilajien että siemenaineistojen analysoinnissa käytettiin satunnaistettujen täydellisten lohkojen koetta. Aineistot analysoitiin parametrisellä varianssianalyysillä käyttäen vuoden 2004 aineistoa. Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeen analyyseissä käytettiin neljän vuoden aineistoa. Malleihin sisällytettiin luokittelevana tekijänä siemenseos ja niitto sekä toistotekijänä vuosi, ja analyysit tehtiin varianssianalyysillä. Aineistot muunnettiin logaritimuunnoksen avulla analyysien ja kaumaoletuksia vastaaviksi.

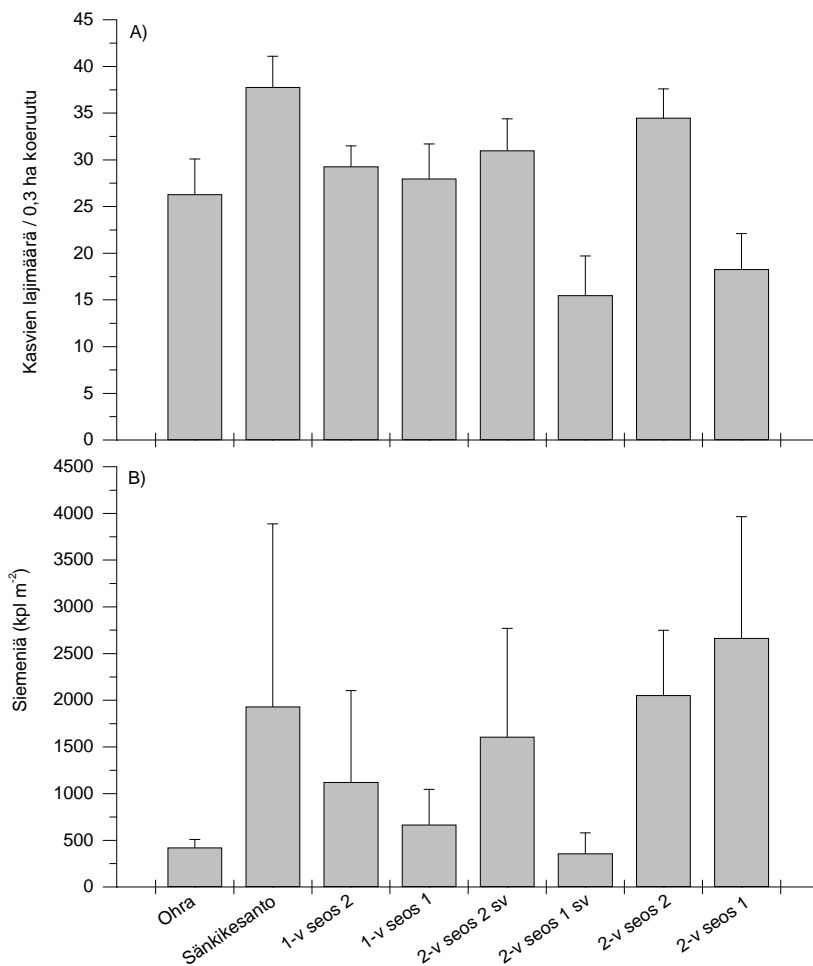
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lyhytaikaiset kesannot

Kasvien lajimäärä oli odotusten mukaisesti korkeampi heikommin kilpailevalla nurmirölli-lampaannataseoksella kuin vahvemmin kilpailevalla puna-apila-timotei-nurminataseoksella (Kuva 1A). Ensimmäisen vuoden kesannoilla lajimäärät eivät eronneet siemenseosten välillä ($P>0,05$), mutta toisen vuoden kesannoilla nurmirölli-lampaannataseoksen lajimäärä oli puna-apila-timotei-nurminataseosta korkeampi ($P<0,001$). Kokeen korkeimmat kasvialajimäärät saavutettiin sänkikesannoilla ja nurmirölli-lampaannataseoksella. Sänkikesantojen lajimäärä oli jo ensimmäisenä kesänä yhtä korkea kuin nurmirölli-lampaannataseoksella toisena vuonna. Suojaviljaan kylvö alensi kasvien lajimäärää ($P>0,01$) nurmirölli-lampaannataseoksella, mutta ei vaikuttanut puna-apila-timotei-nurminataseoksen lajimääriin.

Ensimmäisen vuoden kesannoilla runsaimmat kasvilajit olivat tyypillisiä viljapeltojen yksivuotisia rikkakasveja, kuten peltomatara, pihatähtimö ja saunakukka. Puna-apila-timotei-nurminataseosten kehittyessä heikoim-

mat yksivuotiset eivät menestyneet, jolloin lajimäärä laski. Tämä tuli toisena vuonna esiin, kun kasvusto oli voimakkaasti kehittynyt. Toisen vuoden ke-sannoilla vahvaa puna-apila-timotei-nurminatakasvustoa vastaan pystyivät kilpailemaan ainoastaan voimakkaasti kilpailevat monivuotiset lajit, kuten juolavehänä, pelto-ohdake ja pujo.



Kuva 1. Kasvien lajimäärä (A) (keskiarvo ja keskihajonta) ja lintujen siemenravinnon määrä (B) lyhytaikaisten kesantojen kokeessa vuonna 2004. Lyhenteiden selitykset: 1-v = yhden vuoden kesanto, 2-v = kahden vuoden kesanto, seos 1 = puna-apila-timotei-nurminata, 2 = nurmiröllil-lampaannata ja sv = suojaviljaan kylvetty.

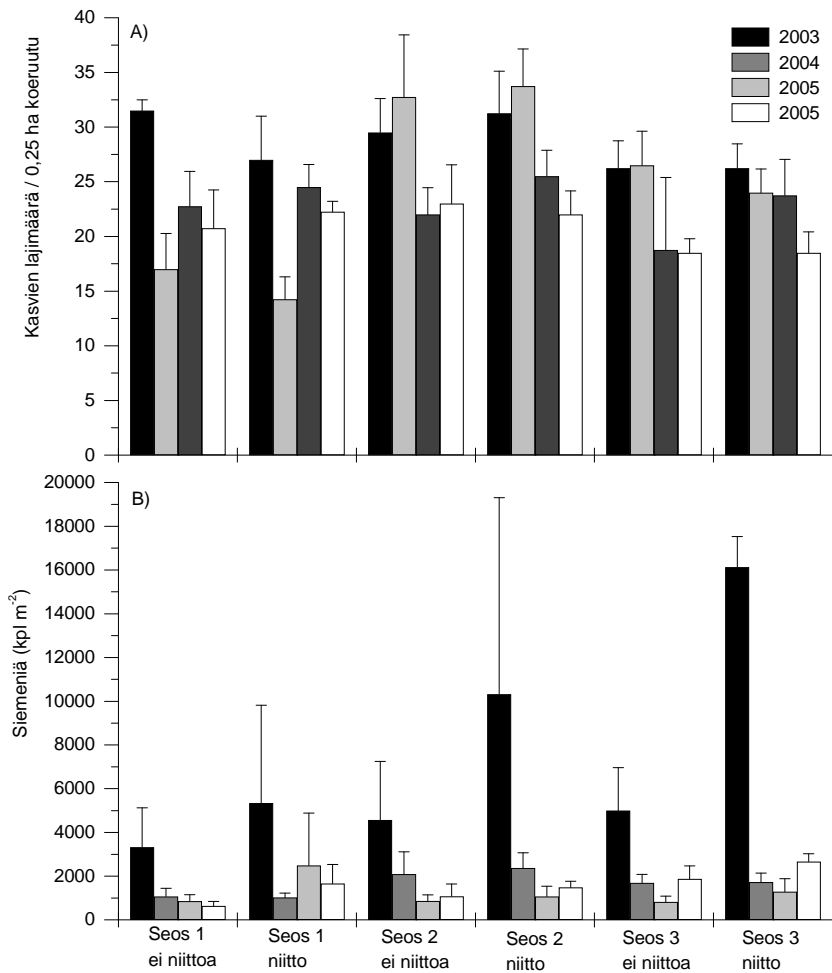
Lintujen siemenravinnon määrään vaikuttivat kesannon perustamistapa, ikä sekä siemenseos (Kuva 1B). Siemenseokset eivät eronneet ensimmäisenä vuonna rikkakasvien siementuoton suhteen ($P>0,05$). Sen sijaan toisen vuoden suojaviljaan kylvetyn puna-apila-timotei-nurminataseoksen rikkakasvien siemenmäärät olivat alhaiset, jolloin rikkakasvien siementuotanto oli nurmirölli-lampaannataseoksilla suurempi ($P<0,001$). Ilman suojaviljaa kylvetyn puna-apila-timotei-nurminataseoksen siementuoton keskiarvot olivat nurmirölli-lampaannataseosta korkeammat, mutta suuresta vaihtelusta johtuen erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Yksivuotisten kesantojen runsain siementuottaja oli pihatähtimö. Toisen vuoden kesannoilla eniten siemeniä tuottivat peltosaunio, peltolemmikki, jauhosavikka ja peltomatara. Neljän vuoden aikana kokeelta löydettiin yhteensä 25 rikkakasvilajin siemeniä.

Siemenseoksen merkitys kasvilajimäärään sekä lintujen siemenravinnon tuottoon oli keskeinen, muiden käsittelyiden merkityksen jäädessä vähäiseksi. Odotusten mukaisesti heikommin kilpailevan siemenseoksen (nurmirölli-lampaannata) ruuduilla oli korkeampi lajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto. Tulos on yhteneväinen aiempien havaintojen kanssa (Fisher & Davies 1991, Cloutche ym. 1995), joiden mukaan kylvämällä tehokkaasti kilpaileva kasvusto kesannolle voidaan torjua siemenpankista taimettuvia rikkakasveja. Suojaviljaan kylvöllä oli samanlainen vaikutus lintujen siemenravinnon tuottoon. Suojavilja kilpaili rikkakasvien kanssa ensimmäisenä vuonna alentaen niiden siementuottoa. Sänkikesannolla, jossa tukahduttavaa kasvillisuutta ei ollut, kasvilajiston monimuotoisuus ja siementuotto olivat korkeita jo ensimmäisenä vuonna.

Pitkäaikaiset viherkesannot

Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa kasvien lajimäärä oli korkein heikommin kilpailevassa nurmirölli-lampaannataseoksessa ja alhaisin vahvemmin kilpailevassa puna-apila-timotei-nurminataseoksessa (Kuva 2A). Lajimäärien ero oli selkein vuonna 2004, jolloin apilakasvusto oli kaikkein runsain. Kasvien lajimäärä ei eronnut niittykasviseoksen ja puna-apila-timotei-nurminataseoksen välillä ($P>0,05$). Kaikilla käsittelyillä kasvilajimäärä laski vuosien myötä ($P<0,001$), mutta niitto ei vaikuttanut kasvilajien määrään ($P>0,05$). Niiton vähäinen merkitys kasvilajien määrään ensimmäisinä kesantovuosina on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa (Hansson & Fogelfors 1998). Sen sijaan niiton havaittiin alentavan joidenkin monivuotisten lajien (pelto-ohdake ja juolavehna) runsautta niin tässä kuin aiemmissakin tutkimuksissa (Hansson & Fogelfors 1998). Koeruudut niitettiin myöhään syksyllä, jolloin kaikkien kasvilajien siemenet olivat kypsyneet. Aikaisemmin tehty niitto olisi voinut vaikuttaa lajistoon enemmän, koska se olisi ehkäissyt joidenkin lajien siementuoton kokonaan.



Kuva 2. Kasvien lajimäärä (keskiarvo ja keskihajonta) (A) ja lintujen siemenravinnon määrä (B) pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa. Lyhenteiden selitykset: seos 1 = puna-apila-timotei-nurminata, 2 = nurmiröllilampaannata ja 3 = nurmiröllilampaannata ja niittykasvit (ks. Taulukko 2).

Lintujen siemenravinnon määrään vaikuttivat sekä vuosi ($P < 0,001$) että niitto ($P < 0,05$). Lintujen siemenravinnon määrä oli kaikilla käsittelyillä korkein vuonna 2003 (Kuva 2B). Niiton positiivinen vaikutus siemenmäärään oli samana vuonna selkeimmin nähtävissä. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että niiton vaikutuksesta siemenet levisivät tasaisemmin koeruudulle ja siten niiden todennäköisyys joutua näytteeseen kasvoi. Siemenseoksella ei ollut vaikutusta siemenmäärään ($P > 0,05$), mutta siemenseoksen ja vuoden yhdysvaikutus oli merkitsevä ($P < 0,01$).

Runsaimmat siementuottajat muuttuivat vuosien myötä. Vuonna 2003 näytteissä oli eniten hunajakukan siemeniä, jota seurasivat pelto-orvokki ja peltolemmikki. Seuraavina vuosina (2004 ja 2005) runsaimmat lajit olivat peltolemmikki, saunakukka, peltomatara ja timotei. Vuonna 2006 kärkikolmikoon muodostivat peltolemmikki, ahdekaunokki ja timotei.

Tulosten hyödynnettävyys ympäristötuessa

Viherkesantojen myönteisten ympäristövaikutusten vuoksi kesannot ovat olleet yksi maatalouden ympäristötuen toimenpiteistä. Ensimmäisellä maatalouden ympäristötukikaudella (1995-1999) tuettiin pitkäaikaisten viherkesantojen perustamista. Toisella tukikaudella kesannot eivät olleet mukana ympäristötuessa, mutta yksi- tai kaksivuotisia kesantoja perustettiin CAP-tuella. Noin kolmannes Suomen maataloista veloitettiin kesannoimaan vähintään 10 % peltoalastaan CAP-säännösten perusteella. Esimerkiksi vuonna 2004 viherkesantojen pinta-ala Suomessa oli 0,2 miljoonaa hehtaaria (Maa- ja metsätalousministeriö 2004). Lajiston monivuotoisuuden kannalta nämä viherkesannot eivät kuitenkaan olleet kaikkein parhaita, sillä ne oli yleensä perustettu tehokkaasti kilpailevilla monivuotisilla nurmikasveilla, jolloin kasvistoista tuli tiheitä monokulttuureita. Monivuotinen viherkesanto on yksi uuden (2007-2013) maatalouden ympäristötuen toimenpiteistä.

Tukisäännösten mukaan monivuotinen viherkesanto tulee perustaa monivuotisten nurmi-, heinä- tai niittykasvien siemenillä mielellään suojaviljaan kylvämällä tai ne voivat olla jo aiemmin perustettuja. Lisäksi kesannon on säilyttävä vähintään kaksi kasvukautta samalla lohkolla, ja kesanto on niitettävä kerran kasvukaudessa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella monivuotisten viherkesantojen toimenpiteen tukiehdossa on sekä hyvää että huonoa kasvilajiston monivuotoisuuden näkökulmasta. Tulokset osoittivat siemenseoksen keskeisen merkityksen lajiston monivuotoisuudelle. Tukiehtojen mukaan kesannot voidaan perustaa vaihtoehtoisilla siemenseoksilla, mutta tukitaso on sama eri siemenseoksille. Tämä todennäköisesti vähentää viljelijöiden innokkuutta käyttää vaihtoehtoisia siemenseoksia, etenkin niittykasviseoksia, koska siemenet ovat kalliita. Taloudellisesti edullinen vaihtoehto on perustaa kesanto vanhaan nurmeen, joka taas on lajiston monivuotoisuuden kannalta huono vaihtoehto. Tukiehdossa suositellaan myös suojaviljaan kylvämistä, mikä vähentää linnuille tarjolla olevan siemenravinnon määrää.

Vuosittaisen niiton vaikutus kasvilajiston monivuotoisuuteen kesannoinnin ensimmäisinä vuosina osoittautui merkityksettömäksi. Sen sijaan niiton kyky vähentää joidenkin hankalien rikkakasvien runsautta on peltojen viljelyyn palauttamista ajatellen positiivista. Lisäksi jos kesanto on perustettu vanhaan nurmeen, niitolla voi olla merkitystä myös kasvilajiston monivuotoisuudelle.

Uusi maatalouden ympäristötuki sisältää monivuotisten viherkesantojen lisäksi maisemakesanto ja luonnon monimuotoisuuspiennar -toimenpiteet. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan jossain määrin soveltaa myös niihin. Luonnon monimuotoisuuspienareilla voitaisiin käyttää vaihtoehtoisia siemenseoksia lajiston monimuotoisuutta lisäämään. Maisemakesannoille tukisäännökset suosittelivat kylvettäväksi maisemaa monipuolistavia kasveja, kuten hunajakukkaa, silkkiunikkoa ja ruiskaunokkia. Niittykasvien kylväminen on tehokas tapa tuoda haluttua lajiston monimuotoisuutta kesannoille. Kasvilajien valinnassa kannattaa ottaa huomioon lajien kasvupaikkavaati-mukset ja lajien luontainen levinneisyysalue. Siemenseoksessa kannattasi olla sekä elinkiertojen (1-, 2- ja monivuotiset lajit) että fenologian (aikaisin ja myöhään kukkivat lajit) monimuotoisuutta kuin myös hyviä siemenkasveja linnuille ja mesikasveja pölyttäjähönteisille. Sen sijaan aggressiivisia tulo-kaslajeja ei pidä kylvää kesannoille eikä myöskään lajeja, jotka voivat ristey-tyä luontaisten lajien kanssa.

Kirjallisuus

- Clarke, J.H., Jones, N.E., Hill, D.A. & Tucker, G.M. 1997. The management of set-aside within a farm and its impact on birds. The 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds: 1179-1184.
- Cloutche, P., Peeters, A. & van Bol, V. 1995. Management of different covers of set-aside for weed control. Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1995: 339-346.
- Corbet, S. 1995. Insects, plants and succession: advantages of long-term set-aside. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53: 201-217.
- Evans, A.D. 1997. Seed-eaters, stubble fields and set-aside. Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1997: 907-914.
- Fischer, N.M. & Davies, D.H.K. 1991. Effectiveness of sown covers for the management of weeds in set-aside fallows: the Bush trials. Brighton Crop Protection Conference – Weeds 1991: 387-394.
- Hansson, M. & Fogelfors, H. 1998. Management of permanent set-aside on arable land in Sweden. *Journal of Applied Ecology* 35: 758-771.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2004. Maatilatilastollinen vuosikirja 2004. TIKE. 268 s.
- Pulliainen, E. 1984. Changes in the composition of the autumn food of *Perdix perdix* in west Finland over 20 years. *Journal of Applied Ecology* 21: 133-139.
- Rew, L.J., Wilson, P.J., Froud-Williams, R.J. & Boatman, N.D. 1992. Changes in vegetation composition and distribution within set-aside land. Teoksessa: Clarke J. (toim.). Set-aside. BCPC Monograph No. 50: 79-84.
- Salonen, J. & Hyvönen, T. 2007. Viljapellon rikkakasvillisuus kesannoinnin jälkeen. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 26-33.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 1997. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* 109: 294-302.
- Tiainen, J. 2004. Maatalousympäristön historia. Teoksessa: Tiainen, J. ym. (toim.). Elämää pellossa. Helsinki: Edita. s. 26-40.
- Wilson P.J. 1992. The natural regeneration of vegetation under set-aside in Southern England. Teoksessa: Clarke J. (toim.). Set-aside. BCPC Monograph No. 50: 73-78.

Viljapellon rikkakasvillisuus kesannoinnin jälkeen

Jukka Salonen ja Terho Hyvönen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, jukka.salonen@mtt.fi, terho.hyvonen@mtt.fi

Tiivistelmä

Viljelykiertoon sisältyvä kesanto muovaa pellon rikkakasvillisuutta. Nelivuotiseen kenttäkokeeseen koostettiin erilaisia kesantoja, jotka käsittivät seuraavien tekijöiden yhdistelmiä: a) kesto (1 tai 2 vuotta) b) perustaminen (suojaviljaan tai ilman sitä) ja c) siemenseseos. Verranteina käytettiin ohran yksivuotista sänkikesantoa ja jatkuvaa viljanviljelyä Kesantojen jälkeistä rikkakasvillisuutta tutkittiin rukiista vuonna 2005 ja ohrasta vuonna 2006. Havainnot tehtiin sekä ruiskuttamattomilta että herbisidein käsitellyiltä näytealoilta.

Kesantojen jälkeen rukiissa tavattiin runsaimmin rikkakasveja viljakierrossa. Seuraavana vuonna ohrassa puolestaan esiintyi enemmän rikkakasveja viherkesannoiduissa ruuduissa kuin viljakierrossa. Niukkakasvuisempien nurmiröllilampaannatakesantojen jälkeen rikkakasveja tavattiin runsaammin kuin tiheiden puna-apila-timotei-nurminatakesantojen jälkeen. Rukiin runsaimmat rikkakasvit olivat pihatatar, saunakukka ja timotei. Ohrassa puolestaan viihtyivät jauhosavikka, pihatähtimö ja pelto-ohdake.

Haitallisin seuraus kesannoinnista olivat viljakasvustoissa tavatut heinämäiset rikkakasvit, joista yleisimmät olivat timotei ja juolavehna. Muut rikkakasvit pystyttiin torjumaan varsin tehokkaasti, mutta Suomessa ei ole valmisteita näiden heinämäisten lajien valikoivaan torjuntaan ohrasta ja rukiista.

Puna-apilaa sisältäneiden kesantojen edullinen jälkivaikutus näkyi suurempina ruissatoina puhtaaseen viljakiertoon verrattuna. Rikkakasvien runsastumista tulisi ehkäistä jo kesantovuosina esimerkiksi niittämällä. Toinen vaihtoehto on torjua rikkakasveja kesannon lopetuksen yhteydessä joko kemiallisesti tai kyntäen tai näillä molemmilla menetelmillä. Siten monimuotoista peltoluontoa turvaavat kesannot eivät aiheuta merkittäviä kasvinsuojeluongelmia kierron seuraaville viljelykasveille.

Avainsanat: kesanto, ohra, ruis, rikkakasvit, kasvinsuojelu, viljelykierto

Weed infestation of cereal crops after fallowing

Jukka Salonen and Terho Hyvönen

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
jukka.salonen@mtt.fi, terho.hyvonen@mtt.fi

Abstract

A field experiment with six different green fallow types was established to study the weed infestation in cereal stands after rotational fallows. The following factors were included: 1) duration of the fallow (1 or 2 years), 2) establishment method (undersown or not undersown) and 3) seed mixture. Spring barley and barley stubble were included as a reference in combinations of 4-year crop sequences. The resultant weed infestation was studied in winter rye in 2005 and in spring barley in 2006. The biomass (dry weight) of weeds was assessed from the untreated and treated (metsulfuron-methyl in rye, MCPA/clopyralid/fluroxypyr in barley) quadrates before harvesting the crop in August.

The biomass of weeds in rye was either lower or non-differing after fallows compared to cereal rotation. In contrast, one year later the weed biomass in spring barley was higher or non-differing in the fallowed plots. The weed infestation was relatively low after the competitive *Trifolium-Phleum pratense-Festuca pratensis* fallow and highest after the 2-year *Agrostis capillaris-Festuca ovina* fallow. *Polygonum aviculare*, *Tripleurospermum inodorum* and *Phleum pratense* were the most abundant species in rye whereas *Chenopodium album*, *Cirsium arvense* and *Stellaria media* were predominant in spring barley. Herbicide treatment controlled effectively the broad-leaved weeds.

The most severe weed management problem resulting from fallowing was an increased infestation of grass species, both naturally regenerated and sown ones, particularly *Phleum pratense*. *Elymus repens* was dominant in all rotations. Grass weeds pose an actual threat as there are no selective grass herbicides for rye and barley on the Finnish market. Therefore, various options for weed management should be considered already during the fallow years.

Key words: crop rotation, fallow, barley, rye, weeds, weed control

Johdanto

Nykyinen kevätiljavaltainen kasvintuotanto Etelä- ja Länsi-Suomessa ei suosi viljely-ympäristössä viihtyvää luonnonvaraista eliöstöä. Karjatalouden tarpeisiin viljeltävän nurmen on arveltu vähenevän jatkossakin, mutta tuki- ja tuotantopolitiikka vaikuttaa siihen, kuinka vapautuva peltoala tulee jakautumaan viljanviljelyn ja kesannoinnin kesken (Lehtonen ym. 2004). Monivuotisten kasvien tai lyhytaikaisten viherkesantojen sisällyttäminen viljakiertoon parantaisi monen kasvi- ja hyönteislajin elinoloja (Hyvönen ym. 2005).

Pellon kesannoinnista koituvien ympäristöhyötyjen rinnalla tulee arvioida agronomisia vaikutuksia, eli kasvintuotannolle koituvia hyötyjä ja haittoja. Näitä on tarkasteltu mm. viljan viljelyn kannalta MTT:n aiemmissa tutkimuksissa (Känkänen 2001). Kesanto oli 1960- ja 1970-luvuilla merkittävä kestorikkakasvien torjuntakeino, jonka merkitys, luomutuotantoa lukuun ottamatta, on vähentynyt kemiallisten torjuntavaihtoehtojen myötä.

Viljelykiertoon sisältyvä kesanto muovaa aina rikkakasvillisuutta sekä kesantovuosina että sen jälkeen. Pellon kasvillisuuden muutoksiin vaikuttavat mm. pellon ja sen lähialueiden luontainen kasvilajikoostumus, kesantokasvit sekä itse kesannointi (perustaminen, muokkaukset, niitot, lopetus) (Firbank ym. 1995).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla eri tavalla perustettujen, eri kasvilajeja sisältävien ja kestoltaan vaihtelevien kesantojen vaikutusta seuraavina vuosina viljeltävien kevät- ja syysviljojen rikkakasvillisuuteen. Rikkakasvien torjuntamahdollisuuksien arvioimiseksi kasvustonäytteet kerättiin sekä ruiskuttamattomilta että kemiallisesti käsitellyiltä näytealoilta.

Aineisto ja menetelmät

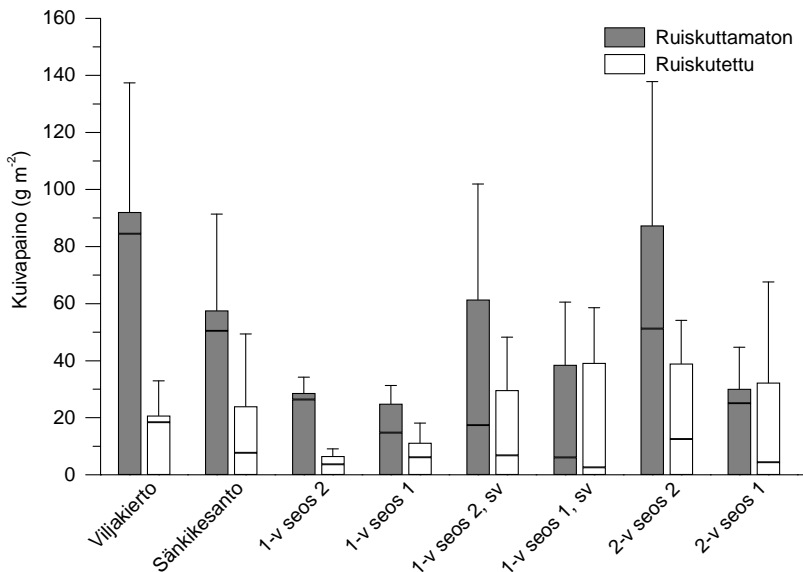
Erilaisia kesantoja vertailevassa kenttäkokeessa tutkittiin kesannon siemen-seoksen, keston (1 tai 2 vuotta) ja perustamistavan (kylvö suojaviljaan tai ilman sitä) merkitystä rikkakasvillisuuden muovaajana. Reheväkasvuiseksi kasvustoksi valittiin puna-apila-timotei-nurminata –seos ja heikommin kilpaillevaksi seokseksi nurmirölli-lampaannata, jossa oli myös timoteita epäpuh- tautena. Kesannoituja ruutuja verrattiin yhtenä vuonna ohran kesantosänkenä olleeseen kiertoon ja puhtaaseen ohran ja rukiin nelivuotiseen kiertoon.

Nelivuotinen (2003–2006) kenttäkoe perustettiin Jokioisille savimaalle. Kukin koeruutu oli 0,3 hehtaaria (44 m x 66 m) ja row-column –järjestelyllä toteutetussa kokeessa oli neljä kerrannetta. Tarkempi kuvaus koeasetelmasta, viljelykierrosta ja viljelytoimista on tämän koostejulkaisun toisessa artikkelissa (Hyvönen 2007).

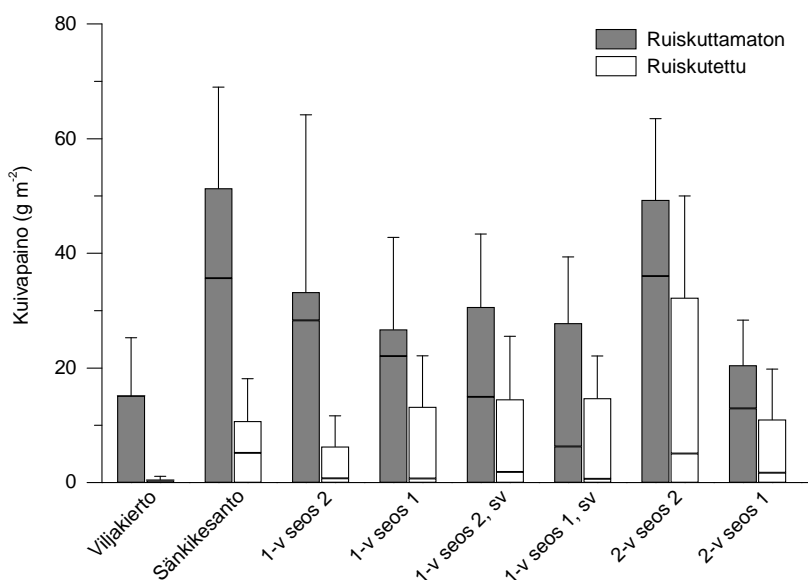
Vuosiin 2003-2004 ajoittuneen kesannoinnin jälkeistä rikkakasvillisuutta tutkittiin vuonna 2005 syysrukiista (lajike Elvi) ja vuonna 2006 ohrasta (lajike Rolfi). Viljan rikkakasvien torjuntaa selvitettiin ruiskuttamalla jokaiseen koeruutuun neljä näyteruutua (2 m x 10 m). Rukiin rikkakasvit torjuttiin metsulfuroni-metyylillä (Ally 20 DF, 20 g/ha, vettä 200 l/ha) ja ohran rikkakasvit kolmoiseseoksella MCPA/klopyralidi/fluroksipyyri (Ariane S, 2,0 l/ha, vettä 200 l/ha). Kasvinäytteet kerättiin ruiskutetuilta ja ruiskuttamattomilta näytealoilta elokuussa ennen viljan pintia. Rikkakasvien määrä laskettiin kasvilajeittain ja punnittiin kuivauksen (+30-40 oC) jälkeen.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rikkakasvit tuottivat biomassaa ($P < 0,001$) enemmän rukiissa kuin ohrassa seuraavana vuonna. Ero saattoi osittain johtua kesän 2006 kuivista sääoloista. Rukiissa oli vähiten rikkakasveja yksivuotisten kesantojen ja rehevänä kasvaneen kaksivuotisen puna-apila-timotei-nurminadan jälkeen (Kuva 1).



Kuva 1. Rukiin rikkakasvien kuivapaino (keskiarvo ja keskihajonta) erilaisten kesantojen jälkeen vuonna 2005. Pylväiden alaosa on leveälehtisten osuus ja yläosa heinien osuus kokonaiskuivapainosta. Lyhenteet: *Kesannon kesto*:1-v =1-vuotinen kesanto, 2-v=2-vuotinen kesanto, *Siemenseos*: seos1=puna-apila-timotei-nurminata, seos2=nurmirölli-lampaannata ja sv=suojaviljaan kylvetty.



Kuva 2. Ohran rikkakasvien kuivapaino (keskiarvo ja keskihajonta) erilaisten kesantojen ja rukiin jälkeen vuonna 2006. Pylväiden alaosa on leveälehtisten osuus ja yläosa heinien osuus kokonaiskuivapainosta. Lyhenteet ks. Kuva 1.

Puhtaimmat ohrakasvustot olivat puolestaan viljakieannon ruuduissa ja edelleen kaksivuotisen puna-apila-timotei-nurminadan jälkeen (Kuva 2). Erot heinämäisten lajien runsaudessa ruiskuttamattoman ja ruiskutetun ruudun välillä johtuvat lähinnä heinien laikuittaisesta esiintymisestä, sillä ruiskutettu valmiste ei tehoa heiniin.

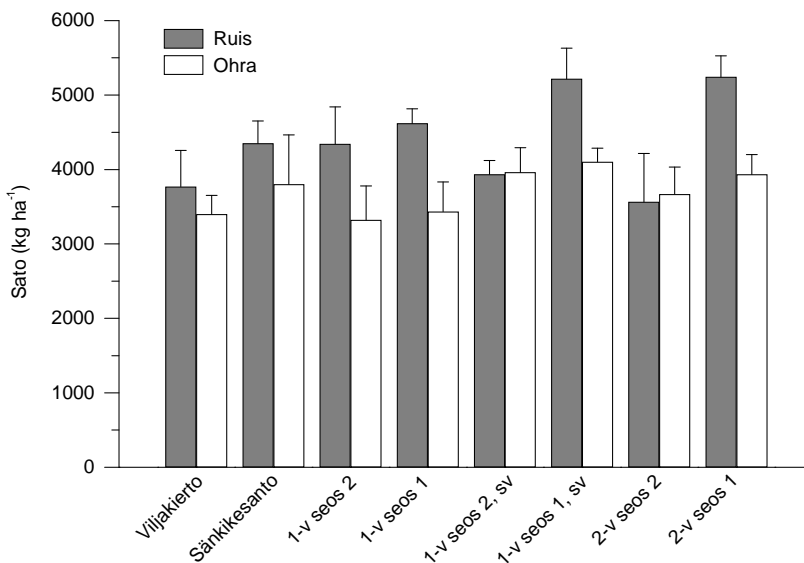
Rikkakasvien kemiallinen torjunta vähensi tehokkaasti leveälehtisten rikkakasvien määrää (Kuvat 1 ja 2). Torjuntateho mitattuna rikkakasvien kuivapainon vähenemisenä ruiskuttamattomaan verranteeseen nähden oli tyypillisesti 60-85 % ruiskuvustoissa ja 85-95 % ohrakasvustoissa. Kemiallisen torjunnan hyöty jäi kuitenkin heikoksi niissä kasvustoissa, joissa heinämäiset rikkakasvit, lähinnä timotei ja/tai juolavehna, olivat runsastuneet kesantovuosina. Heinämäisten rikkakasvien valikoivaan torjuntaan ohrasta ja rukiista ei Suomen markkinoilla ole valmisteita hukkakauran torjuntaan hyväksytyjä valmisteita lukuun ottamatta.

Ruiskuvustoissa runsaimpina esiintyneet leveälehtiset rikkakasvit olivat pihatatar, saunakukka, peltolemmikki ja jauhosavikka. Pihatatarta esiintyi ruiskutetuissakin ruuduissa runsaimmin, koska valittu herbisidi metsulfuronimetyyli tehoi siihen vain tyydyttävästi. Jauhosavikkaa pääsi puolestaan taimettumaan keväällä tavanomaista runsaammin, koska myöhään (18.9.2004) kylvetty, kevään 2005 kuivuudesta kärsinyt ruis jäi normaalia harvemmaksi.

Toisaalta rukiin myöhäinen kylvö saattoi vähentää rikkakasvien kokonaismäärää, kuten on havaittu aiemmissa tutkimuksissa (Huusela-Veistola ym. 2006).

Ohran runsaimmat leveälehtiset rikkakasvit olivat jauhosavikka, pihatähtimö ja pelto-ohdake, jotka kaikki ovat kevätiljan tyypillisiä rikkakasveja Suomessa (Salonen ym. 2001). Ruiskutettuihin ruutuihin jäi pääasiassa pelto-ohdaketta, jonka pienetkin taimet tuottivat muita lajeja enemmän biomassaa. Heinämäisten rikkakasvien osuus ohran rikkakasveista oli merkittävin suoja-tilaan perustettujen kesantojen jälkeen. Kaikkien rikkakasvien biomassan osuus koko kasvuston (vilja+rikkakasvit) biomassasta oli keskimäärin 5-6 % (min. 2 %, max. 10 %) sekä rukiissa että ohrassa.

Kesantojen erinomainen esikasviarvo viljelykierrossa näkyi erityisesti ruissadoissa (Kuva 3). Varsinkin puna-apilan jälkeen (seos 1) sadot olivat viljakierros satoja suuremmat. Ruis lakoontui hieman enemmän niissä ruuduissa, joista saatiin lopulta eniten satoa. Rukiin jälkeen viljellyssä ohrassa satoerot eri kesantovaihtoehtojen välillä tasoittuivat. Sadot puitiin ruiskuttamattomilta aloilta (n. 100 m²), eli tässä kokeessa ei tutkittu rikkakasvien kemiallisen torjunnan vaikutusta viljan satoon.



Kuva 3. Rukiin ja ohran sato (keskiarvo ja keskihajonta) kesantovuosien jälkeen. Lyhenteet ks. Kuva 1.

Rukiin hyviin satoihin viherkesannoinnin jälkeen vaikutti osittain sekin, että syksyn 2004 märissä oloissa rukiin kylvö ja orastuminen onnistuivat paremmin kesantojen jälkeen kuin ohralla ja sänkikesantona olleissa ruuduissa. Heikoimmat ruissadot saatiin nurmirölli-lampaannata-kesannoituista ruuduista, mikä pääosin johtui runsaasta rikkakasvillisuudesta.

Kesannoinnin haitallisin seuraus seuraavien vuosien viljelylle oli eittämättä heinämaisten rikkakasvien runsastuminen. Timotei osoittautui tässä koeksarjassa malliesimerkiksi siitä, miten viljelykasvi muuttuu rikkakasviksi viljelykierrossa.

Lyhytaikaisista kesannoista ei muissa maissa ole havaittu aiheutuvan merkittäviä rikkakasviongelmia seuraaville viljelykasveille, jos rikkakasvien torjunta on aktiivista jo kesannointivuosina tai viimeistään kesannon lopetuksessa (Clarke ym. 1995). Tehokkaimpia menetelmiä estää rikkakasvien runsastuminen ovat kesannon kylvö peittäville kasveilla, toistuvat niitot siementuotannon estämiseksi, muokkaukset ja kemiallinen torjunta. MTT:n kesantokoikkeella näistä menetelmistä oli vertailussa rehevä puna-apilavaltainen kasvusto, joka osoittautui hyväksi kilpailijaksi rikkakasveja vastaan.

Kesannon hoidossa rikkakasvien siementuotannon ehkäiseminen on keskeisin strategia, jolla vältetään rikkakasviongelmilta seuraavina vuosina. Heinämäisten rikkakasvien osalta niitto ennen siementen muodostumista on tehokkain vaihtoehto (Clarke & Cooper 1992, Lechner ym. 1992), mikä käytännössä tarkoittaa useita niittoa kasvukauden aikana. Leveälehtisiä rikkakasveja vastaan mekaaninen torjunta muokkauksin ja/tai kemiallinen torjunta ovat varteenotettavia vaihtoehtoja (Clarke & Froud-Williams 1989).

EU:n ensimmäinen kesannointiohjelma käynnistyi vuonna 1988 vapaaehtoisuuden pohjalta ylituotannon rajoittamiseksi (Clarke ym. 1995). Suomessa kesantoalan viimeisin huippu saavutettiin 1990-luvun alkupuoliskolla, jolloin noin neljännes Suomen peltoalasta oli (velvoite)kesannolla (Turkki 2001). Uudessa maatalouden ympäristötukiohjelmassa (2007-2013) painotetaan kesannoinnin merkitystä monimuotoisen viljely-ympäristön kannalta. Kesantoja oikein hoitamalla nämä hyödyt saavutetaan niin, että pellon kasvukunto säilyy.

Kirjallisuus

Clarke, J.H. & Cooper, F.B. 1992. Vegetation changes and weed levels in set-aside and subsequent crops Teoksessa: Clarke J. (toim.). Set-aside. BCPC Monograph 50: 103-110.

Clarke, J.H. & Froud-Williams, R.J. 1989. The management of set-aside and its implications on weeds. Proceedings 1989 Brighton Crop Protection Conference – Weeds. Brighton, UK. s. 579-584.

- Clarke, J.H., Melander, B. & Orlando, D. 1995. Comparison of the effect of weed control strategies for rotational set-aside in United Kingdom, Denmark and France. Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds. Brighton, UK. s. 329-338.
- Firbank, L.G., Clark, N.A. & Garstang, J.G. 1995. Agronomic and environmental evaluation of set-aside under the CAP reform scheme. Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Weeds. Brighton, UK. s. 1019-1024.
- Huusela-Veistola, E., Jalli, H., Salonen, J., Pahkala, K. & Laine, A. 2006. Sowing time affects the abundance of pests and weeds in winter rye. *Agricultural and Food Science* 15: 43-60.
- Hyvönen, T. 2007. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 13-25.
- Hyvönen, T., Huusela-Veistola, E., Kuussaari, M. & Härmä, O. 2005. Kesannot kierto – lajiston monimuotoisuutta kesantojen avulla. *Koetoiminta ja käytäntö* 62: 11.
- Känkänen, H. (toim.). 2001. Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä. Viljelyjärjestelmät -tutkimuksen loppuseminaari, Jokioinen, 7.3.2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25. Jokioinen: MTT. 41 s.
- Lechner, M., Hurle, K. & Zwerger, P. 1992. Effect of rotational fallow on weed infestation. Teoksessa: Clarke J. (toim.). Set-aside. BCPC Monograph No. 50: 97-102.
- Lehtonen, H., Pyykkönen, P. & Niemi, J. 2004. CAP-uudistuksen vaikutukset kasvintuotantoon. Teoksessa: Lehtonen, H. (toim.). CAP-uudistus Suomen maataloudessa. MTT:n selvityksiä 62. Jokioinen: MTT. s. 25-42.
- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2001. Weeds in spring cereal fields in Finland – a third survey. *Agricultural and Food Science* 10: 347-364.
- Turkki, A. 2001. Viherkesantojen ja aluskasvien käytön yleiset näkymät viljan viljelyssä. Teoksessa: Känkänen, H. (toim.). Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä. Viljelyjärjestelmät-tutkimuksen loppuseminaari, Jokioinen, 7.3. 2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25: 31-34.

Kesantojen ekosysteemipalvelut: lintujen hyönteisravinto ja tuholaisten luontaiset viholliset

Erja Huusela-Veistola

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600
Jokioinen, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin, millaisia vaikutuksia kesannon perustamistavalla ja hoidolla oli kesantokasvustoissa esiintyviin niveljalkaisiin ja miten vaikutukset muuttuivat kesannon iän myötä. Tutkimuskohteena olivat niveljalkaisten ylläpitämät ekosysteemipalvelut: lintujen hyönteisravinto ja tuhoeläinten luontaiset viholliset. Aineistoa kerättiin kahdesta vuonna 2003 perustetusta kenttäkokeesta, joissa koetekijöinä olivat siemenseos, perustamistapa, niitto ja kesannon ikä. Jotta tarkastelu perustuisi mahdollisimman monipuoliseen aineistoon, näytteitä koottiin neljällä erilaisella menetelmällä. Tuhoeläimiä kerättiin keltaisilla liimapyydyksillä ja maan pinnalla liikkuvia petoniveljalkaisia kuoppapyydyksillä. Eri hyönteisryhmien saatavuutta lintujen ravinnoksi puolestaan tarkasteltiin haavinta- ja hyönteisimurinäytteiden avulla.

Tulosten perusteella siemenseoksella ei ole vaikutusta tuhoeläinten ja petoniveljalkaisten määrään. Lintujen hyönteisravinnon kokonaismäärä imurinäytteissä oli suurin apila-nurminata-timoteikesannossa, mutta haavinta-aineistossa siemenseosten välillä ei havaittu eroa. Tulokset vaihtelivat hyönteisryhmittäin ja vuosittain, eikä seoksia voitu laittaa paremmuusjärjestykseen.

Niitolla ei ollut vaikutusta tuhoeläinten tai petoniveljalkaisten määriin, mutta kaskaita, luteita ja kärpäsiä oli vähemmän niitetyissä kuin niittämättömissä ruuduissa. Tuhoeläimiä oli samana vuonna perustetuissa viherkesannoissa yhtä paljon kuin ohrapellossa, kun taas toisen vuoden kesannoissa niitä esiintyi merkitsevästi vähemmän. Tuholaisten luontaisista vihollisista runsain ryhmä olivat hämähäkit, joita oli merkitsevästi enemmän toisen vuoden kesantokasvustoissa ja sänkikesannossa. Pitkäaikaisessa kesantokokeessa kasikaiden ja hämähäkkien määrä kasvoi kolmen vuoden tarkastelujakson aikana. Monessa hyönteisryhmässä seoksen ja niiton vaikutukset vaihtelivat eri vuosina.

Yleisesti kesannon ikä ja kasvuston rakenne vaikuttivat siemenseosta ja kasvillisuuden monimuotoisuutta enemmän luontaisten vihollisten ja lintujen hyönteisravinnon määrään. Monimuotoisuuden kannalta paras lopputulos saadaan, kun samalla alueella on samanaikaisesti erilaisia ja eri-ikäisiä kesantoja.

Avainsanat: kesanto, niveljalkaiset, hyönteiset, hämähäkit, tuohyönteiset, linnut, biologinen torjunta, funktionaalinen biodiversiteetti

Arthropods as ecosystem services of set-asides: insect food of birds and natural enemies of pest insects

Erja Huusela-Veistola

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
erja.huusela-veistola@mtt.fi

Abstract

Pest control by predatory arthropods has often been mentioned as an important ecosystem service but arthropods may also be an important source of food for other trophic levels, e.g. for birds. In this study, effects of different establishment and management methods of rotational fallows and long-term set-asides on arthropods were studied from the viewpoint of functional diversity. Arthropod data were collected from two field experiments. In the experiment of short-term rotational fallows, seed mixture and establishment method of fallows were studied in 2004. In the experiment of long-term set-asides, effects of seed mixtures, mowing and age of set-aside on arthropods were studied from 2004 to 2006. Diverse sampling methods were used. Pest insects were collected with yellow sticky traps whereas epigeal predatory arthropods were sampled with pitfall traps. Insect food available to birds was assessed from samplings with sweep nets and D-vac suction sampler. No difference among seed mixtures was detected in numbers of pest insects or their natural enemies. Total abundance of insects in D-vac samples was highest in conventional clover-timothy fallow, but in sweep net samples no difference between seed mixtures was detected. Because order of seed mixtures depended on insect group and varied among years certain seed mixture can not be recommended. Mowing of set-aside did not have any effect on numbers of pest insects or epigeal predators. However, in D-vac catches of Auchenorrhyncha, Heteroptera and Diptera were lower in mown plots than in unmown plots. In the short-term experiment, cereal pests were more abundant in the first year green fallows and in spring barley than in fallows sown in previous year. On the contrary, spider abundance was significantly higher in fallows sown during the previous year. In the long-term experiment, number of spiders increased during the three year period in tandem with numbers of leafhoppers. Generally, from the viewpoint of many insect groups except pollinators or butterflies, age of green fallow and vegetation structure (biomass) were more important than seed mixture or plant species richness. Because the requirements of different species differ landscape should contain set-asides varying ages and compositions.

Key words: invertebrates, insects, pests, fallow, set-aside, natural enemies, farmland birds, functional biodiversity

Johdanto

Viljelyn yksipuolistuminen ja luonnon monimuotoisuuden väheneminen voivat vaikuttaa viljely-ympäristön ekosysteemitointoihin ja hyödyllisinä pidettyihin ekosysteemipalveluihin. Kevätviljapainotteisia viljelykiertoja voitaisiin monipuolistaa sisällyttämällä niihin yksi- tai monivuotisia kesantoja, jolloin kasvillisuuden ja muun eliöstön monimuotoisuus todennäköisesti lisääntyisi (mm. Corbet 1995). Lajiston monimuotoisuuden lisääntymisen voi olettaa heijastuvan ekosysteemipalvelujen saatavuuteen, kuten tuhoeläinten luontaisten vihollisten ja lintujen hyönteisravinnon määriin.

Monimuotoiset ja monivuotiset kasvustot parantavat tuholaisten luontaisten vihollisten menestymistä. Monivuotiset kesannot voivat osaltaan parantaa luontaisten vihollisten elossa säilymistä tarjoamalla suoja- ja talvehtimispaikkoja sekä vaihtoehtoista ravintoa (Landis ym. 2000). Etenkin maan pinnalla liikkuvia moniruokaisia petoniveljalkaisia, kuten maakiitäjäisiä ja hämähäkkejä, pidetään tärkeänä torjuntapuskurina, joka voi rajoittaa tuholaismäärän kasvua jo kannankasvun alkuvaiheessa (Helenius 1990).

Monimuotoiset kesantokasvustot voivat ylläpitää monipuolista ja runsasta hyönteisfaunaa, jonka vaikutukset puolestaan heijastuvat muille trofiatasoille. Linnut tarvitsevat hyönteisravintoa erityisesti poikasaikana, koska kasvavat poikaset tarvitsevat eläinvalkuaista (Potts 1986). Koska eri lajit pesivät eri aikaan ja monilla lajeilla on useampia pesyeitä, hyönteisravinnon tarvekin jakaantuu pitkälle ajalle. Hyönteisravinnon saatavuuden vähenemistä maatalousympäristön muutosten myötä on pidetty tärkeänä tekijänä mm. peltopyynn ja muidenkin peltolintulajien taantumiselle (Potts 1986, Tiainen ym. 2004).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, millaisia vaikutuksia kesannon perustamistavalla ja hoidolla on kesantokasvustoissa esiintyviin niveljalkaisiin, ja miten vaikutukset muuttuvat kesannon iän myötä. Lajikohtaista monimuotoisuutta ei tässä yhteydessä tarkasteltu vaan lähtökohtana olivat kesantojen tuottamat niveljalkaisiin liittyvät ekosysteemipalvelut. Tärkeimpänä kysymyksenä oli, miten kesantojen perustaminen, hoito ja ikä vaikuttavat lintujen hyönteisravinnon saatavuuteen ja tuhoeläinten luontaisten vihollisten määriin.

Aineisto ja menetelmät

Koejärjestely

Lyhytaikaiset kesannot

Lyhytaikaisten viherkesantojen kenttäkoe perustettiin Jokioisiin kesällä 2003. Koeasetelma oli ns. row-column koe, jossa koeruudun koko oli 0,3 ha ja jokaista koejäsentä oli neljä toistoa. Viherkesannot erosivat toisistaan siemenseoksen (puna-apila-nurminata-timotei tai nurmirölli-lampaannata), iän (1. tai 2. vuoden kesanto) ja perustamistavan (kylvetty suojaviljaan tai ei suojaviljaa) suhteen. Viherkesantoja verrattiin sänkikesantoon ja ohraan. Koejärjestely on kuvattu tarkemmin edellä (Hyvönen 2007).

Monivuotiset viherkesannot

Kesällä 2003 Ypäjälle perustettiin monivuotinen kesantokoe, jossa koeteki-jöinä olivat eri kasviseokset (puna-apila-nurminata-timotei, nurmirölli-lampaannata, nurmirölli-lampaannata-niittykasvit) ja kesannon hoito (niitto-myöhään syksyllä tai ei niittoa). Niittykasviseoksessa oli yksivuotisia lajeina hunajakukka ja ruisvirna sekä varsinaisina niittykasveina ahdekaunokki, harakankello, keltasauramo, mäkitervakko, nurmikohokki, purtojuuri, päivänkakkara, ruusuruoho, särmäkuisma ja valkoailakki. Koeasetelmana oli strip-plot (kaistakoe), jossa horisontaaleina kaistoina oli siemenseokset ja vertikaaleina kaistoina niitto. Ruutukoko oli 0,25 ha ja kutakin koejäsentä oli neljä toistoa. Kylvömäärät ja koejärjestely on esitetty tarkemmin edellä (Hyvönen 2007).

Näytteenotto

Niveljalkaisia kerättiin neljällä erilaisella näytteenottomenetelmällä, koska haluttiin tutkia eri kesantojen vaikutuksia niveljalkaisiin mahdollisimman monipuolisesti. Kelta-ansa- ja kuoppapyydysnäytteitä kerättiin kolme kertaa kasvukauden aikana, kesä-, heinä- ja elokuussa. Haavintänäytteitä (60 haavin vetoa kultakin koeruudulta) otettiin viisi kertaa kesässä (kesäkuusta elokuuhun noin kahden viikon välein). Lisäksi pitkäaikaisesta kesantokoikeesta otettiin D-vac hyönteisimurinäytteet (10 osanäytettä/ruutu, $\approx 0,092\text{m}^2$) kerran kesäkuussa ja kerran heinäkuussa.

Kelta-ansanäytteistä laskettiin tärkeimpien tuhoeläimien lukumäärät (kahu-kärpänen *Oscinella frit*, tuomikirva *Rhopalosiphum padi*, viljakaskas *Javesella pellucida*, juovakirpat *Phyllotreta sp.*, rapsikuoriainen *Meligethes aeneus*). Tuhoeläinten luontaisia vihollisia, maan pinnalla liikkuvia petoniveljalkaisia,

kerättiin kuoppapyydyksillä. Tarkasteltavat petoryhmät olivat kovakuoriaisiin kuuluvat maakiitäjaiset (Carabidae) ja lyhytsiipiset (Staphylinidae) sekä hämähäkieläimiin kuuluvat hämähäkit (Araneida) ja lukit (Opiliones). Imuri- ja haavintanäyteaineistot analysoitiin ryhmätasolla. Tarkasteltavat hyönteisryhmät olivat luteet (Heteroptera), kaskaat (Auchenorrhyncha), kirvat (Aphidodea), ripsiäiset (Thysanoptera), perhoset (Lepidoptera), sääsket (Diptera: Nematocera), kärpäset (Diptera: Brachycera ja Cyclorhapha) ja kovakuoriaiset (Coleoptera).

Tarkasteltaessa eri ryhmien esiintymisen tasaisuutta laskettiin ryhmäkohtaiset diversiteetti- (Shannon diversity $H' = -\sum p_i \ln p_i$ jossa p_i on ryhmän i osuus) ja tasaisuusindeksit (Hill evenness $E' = (\sum p_i^2)^{-1} / \exp H'$).

Haavinta- ja imurinäytteiden tilastollisissa analyyseissä oli mukana myös peltopyyn poikasten hyönteisravintoindeksi (CFI ”chick food index”; Potts & Aebischer 1991): $CFI = 0,121x_1 + 0,120x_2 + 0,083x_3 + 0,006x_4 + 0,00004x_5$ (missä x_1 = maakiitäjäisten, x_2 = sahapistiäis- ja perhostoukkien, x_3 = lehtikuoriaisten ja kärsäkkäiden, x_4 = luteiden ja kaskaiden sekä x_5 = kirvojen lkm).

Tilastolliset menetelmät

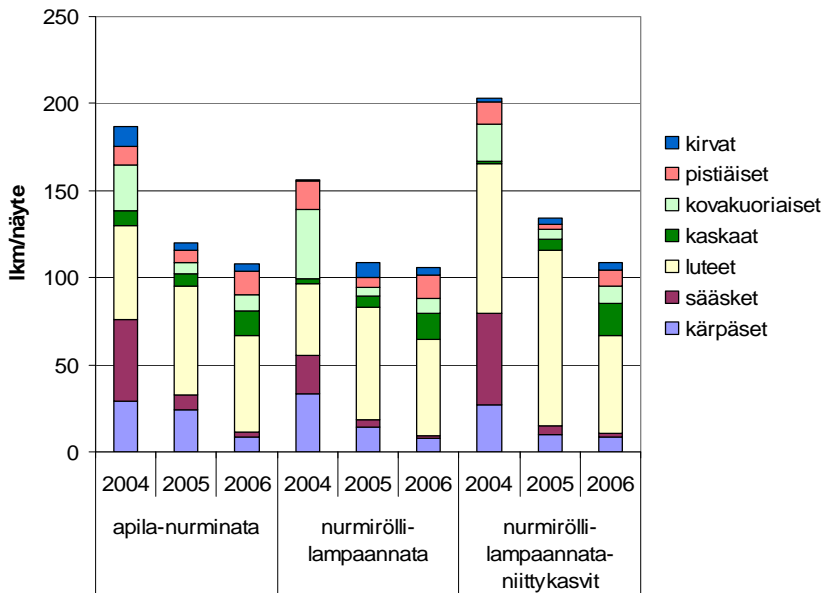
Lyhytaikaisen kesantokokeen tulosten analysointi tehtiin vuoden 2004 aineistosta, jossa oli mukana kaikki seitsemän eri tavoin perustettua kesantoa ja verranteena ohraruudut. Analyysit tehtiin pääosin varianssianalyysillä. Kahu-kärpästen ja aaltojuovakirppojen määrä analysoitiin ei-parametrisellä Friedmanin testillä.

Koska kesantojen kylvövuonna (2003) näytteenotto jäi muita vuosia vähäisemmäksi ja niittokäsittely tehtiin vasta myöhään syksyllä hyönteisnäytteenottojen jälkeen, monivuotisen kesantokokeen tilastollisiin analyyseihin otettiin mukaan havainnot kolmelta vuodelta (2004-2006). Malleihin sisällytettiin luokittelevana tekijänä siemenseos ja niitto sekä toistotekijänä vuosi. Analyysit tehtiin varianssianalyysillä. Tarpeen mukaan käytettiin logaritmitai neliöjuurimuunnosta analyysien oletusten toteutumisen varmistamiseksi. Tuhoeläinten osalta vuoden 2003 kelta-ansa-aineistot analysoitiin erikseen. Tulosten tarkastelussa on keskitytty havaittuihin tilastollisesti merkitseviin eroihin.

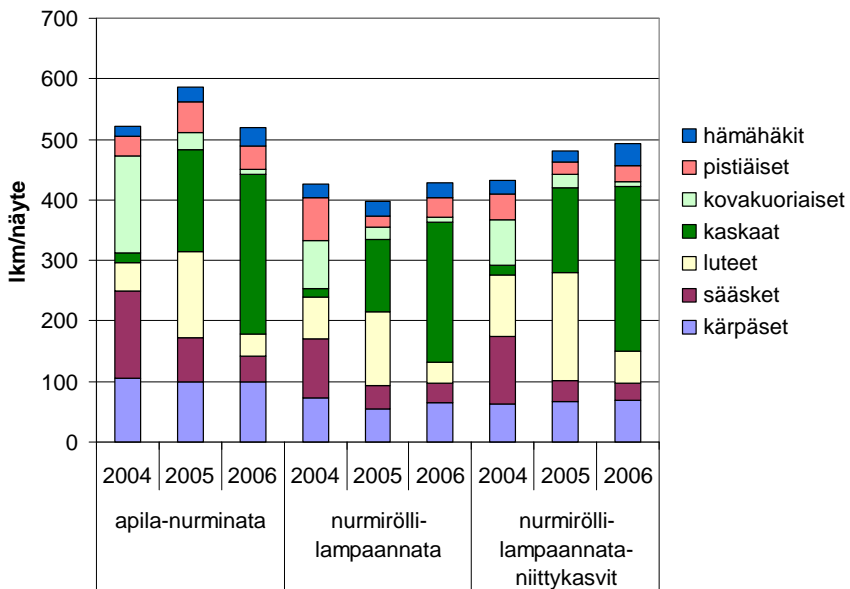
Tulokset

Eri menetelmillä kerätyt aineistot poikkesivat toisistaan. Haavinta-aineistossa dominoivana ryhmänä oli kaikkina vuosina luteet (Kuva 1). Imuriaineistoa

puolestaan dominoivat vuonna 2004 kärpäset, sääsket ja kovakuoriaiset, mutta myöhemmin kaskaat olivat runsaimpia (Kuva 2).



Kuva 1. Eri hyönteisryhmien runsaudet pitkäaikaisesta kesantokokeesta otetuissa haavintänäytteissä vuosina 2004-2006.



Kuva 2. Eri hyönteisryhmien runsaudet pitkäaikaisesta kesantokokeesta otetuissa imurinäytteissä vuosina 2004-2006.

Kesantojen perustamistapa

Tuhoeläinten tai petoniveljalkaisten määrät eivät poikenneet merkitsevästi eri siemenseoksella perustetuissa kesannoissa. Lintujen hyönteisravinnon kokonaismäärä imurinäytteissä oli suurin apila-nurminata-timotei-kesannossa, mutta haavinta-aineistossa siemenseosten välillä ei havaittu eroa (Taulukko 1). Paras siemenseos vaihteli hyönteisryhmittäin. Lyhytaikaisessa kesantokokeessa toisena kesantovuonna nurmirölli-lampaannata- ja sänkikesannossa oli muita kasvustoja enemmän pistiäisiä ($P < 0,01$), kun puolestaan suojaviljaan kylvetyssä puna-apila-nurminatakesannoissa oli muita kasvustoja enemmän luteita ja kaskaita ($P < 0,01$). Monivuotisessa kokeessa puna-apila-nurminataseoksessa oli eniten kärpäsiä, sääskiä ja kovakuoriaisia. Luteita oli eniten niittykasviseoksessa (Kuva 1). Monen ryhmän kohdalla seosten väliset erot vaihtelivat eri vuosina (Taulukko 1, seos x vuosi -yhdyksvaikutus tilastollisesti merkitsevä). Esimerkiksi vuonna 2004 nurmirölli-lampaannatakasvustossa peltopyyn hyönteisravintoindeksi oli muita seoksia suurempi, mutta muina vuosina ei eroa seosten välillä havaittu.

Kesannon kylvö suojaviljaan ei vaikuttanut hyönteisten määrään kesannoissa seuraavana vuonna. Sen sijaan kesannon perustamisvuonna hämähäkkejä oli enemmän suojaviljan kanssa kylvetyissä kesannoissa.

Niitto

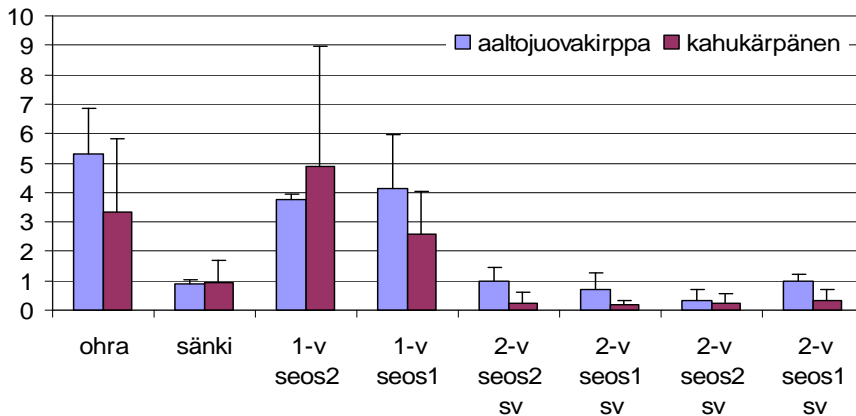
Niitto ei vaikuttanut kuoppapyödyksillä kerättyjen petoniveljalkaisten määriin tai tuhoeläinten määriin kelta-ansoissa. Niitolla ei myöskään ollut vaikutusta haavinta- ja imurinäytteiden kokonaissaaliisiin tai peltopyyn hyönteisravintoindeksiin (Taulukko 1). Tiettyihin kasvustossa esiintyviin hyönteisryhmiin niitto kuitenkin vaikutti. Imuriaineistoissa kaskaita, luteita ja kärpäsiä oli vähemmän niitetyissä kuin niittämättömissä ruuduissa. Haavinta-aineistossa niitolla ei ollut vaikutusta kaskaiden määrään apila-nurminataseoksessa, mutta muissa seoksissa niitto vähensi kaskasrunsautta.

Kesannon ikä

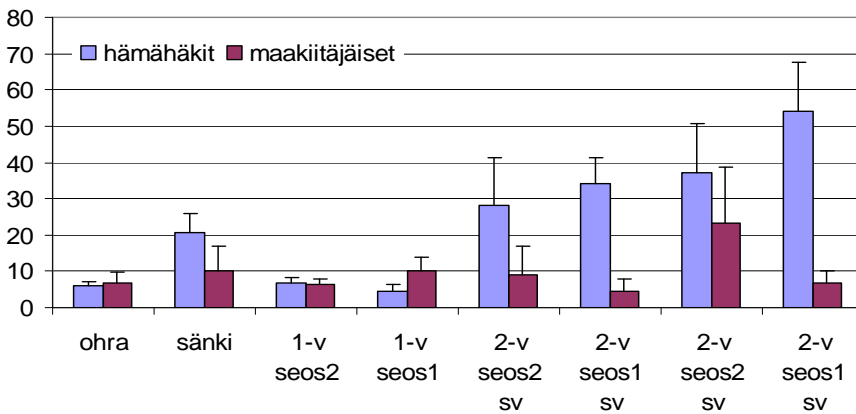
Lyhytaikaisessa kesantokokeessa tuhoeläimiä (kahukärpäsiä ja aaltojuovakirppoja) oli samana vuonna perustetuissa viherkesannoissa jokseenkin yhtä paljon kuin ohrakasvustossa. Sen sijaan toisen vuoden kesannoissa tuholaisia oli merkitsevästi vähemmän (Kuva 3, $P < 0,05$). Tuholaisten luontaisista vihollisista runsain ryhmä oli hämähäkit, joita oli merkitsevästi enemmän toisen vuoden kesantokasvustoissa ja sänkikesannossa verrattuna ohrakasvustoon ja samana vuonna perustettuihin viherkesantoihin (Kuva 4, $P < 0,001$).

Taulukko 1. Yhteenveto pitkäaikaisen kesantokokeen imuri- ja haavintanäytteiden varianssianalyysituloksista. Vuodet 2004-2006 mukana analyysissä. ° P<0.1, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001; CFI= peltopyynn hyönteisravintoindeksi, H'= ryhmäkohtainen diversiteetti-indeksi, E'= ryhmäkohtainen tasaisuusindeksi (¹=ei analysoitu).

	niitto	seos	vuosi	niitto x seos	niitto x vuosi	seos x vuosi
Haavintanäytteet						
kokonaismäärä			**			
CFI			***			*
H'		**	**			**
E'		°	***			**
luteet		*			*	°
kaskaat		**	***	*		***
kärpäset		*				**
sääsket		**	***			**
kovakuoriaiset			***		*	**
pistiäiset		**	***	*		***
perhoset		*				***
kirvat		**	*			***
ripsiäiset			***			*
Imurinäytteet						
kokonaismäärä	°	*				
CFI	°		**			
H'			***		*	*
E'			***			**
luteet	°	*	**			
kaskaat	°		***	*		
kärpäset	*	**				
sääsket		*	***	*		
kovakuoriaiset		*	***			
pistiäiset		**	*			***
perhoset ¹⁾						
kirvat ¹⁾						
ripsiäiset						
hämähäkit	°		**			*



Kuva 3. Aaltojuovakirpan ja kahukärpäsen runsaudet (keskiarvo ja keskihajonta) lyhytaikaisesta kesantokokeesta otetuissa kelta-ansanäytteissä vuonna 2004. Lyhenteet: 1-v= 1-vuotinen kesanto, 2-v= 2-vuotinen kesanto, seos1= puna-apila–nurminata, seos2= nurmirölli–lampaannata ja sv= suojaviljaan kylvetty.



Kuva 4. Hämähäkkien ja maakiitäjäisten runsaudet (keskiarvo ja keskihajonta) lyhytaikaisesta kesantokokeesta kesäkuussa 2004 otetuissa kuoppapyydynäytteissä. Lyhenteet: 1-v= 1-vuotinen kesanto, 2-v= 2-vuotinen kesanto, seos1= puna-apila–nurminata, seos2= nurmirölli–lampaannata ja sv= suojaviljaan kylvetty.

Monivuotisesta kesantokokeesta otettujen imurinäytteiden perusteella kasakaiden ja hämähäkkien määrä kasvoi kolmen vuoden tarkastelujakson (2004-2006) aikana (Kuva 2). Sama trendi oli havaittavissa kuoppapyydynäytteiden hämähäkkimäärissä ja haavinta-aineiston kaskasmäärissä. Muissa hyönteis-

ryhmissä ei ollut havaittavissa selvää trendiä kesannon iän suhteen, mutta monella ryhmällä seoksen ja niiton vaikutukset vaihtelivat eri vuosina.

Haavinta-aineistossa kokonaissaalis ja peltopyyn hyönteisravintoindeksi olivat suurimmat vuonna 2004 ja pienivät ajan mittaan. Vaikka imuriaineyteen kokonaissaaliit eri vuosina olivat jokseenkin yhtä suuret, ryhmäkohtainen diversiteetti-indeksi pieneni selvästi vuosi vuodelta. Peltopyyn hyönteisravintoindeksi oli vuonna 2004 kuitenkin muita vuosia pienempi.

Tulosten tarkastelu

Käsittelyjen vaikutus

Tässä tutkimuksessa käytetyt siemenseokset ja hoitotavat eivät eronneet merkittävästi toisistaan tuhoeläinten ja petoniveljalkaisten kannalta. Imuriaineiston perusteella perinteisellä nurmiseoksella (apila-nurminata-timotei) perustetussa viherkesannossa lintujen hyönteisravinnon kokonaismäärä oli vaihtoehtoseoksia suurempi, mutta haavinta-aineiston perusteella ei eroa eri seosten välillä ollut. Paras kesantosiemenseos riippui tarkasteltavasta hyönteisryhmästä ja vaihteli vuosittain, joten seoksia ei voitu laittaa paremmuusjärjestykseen. Lajikohtaista tarkastelua ei tässä yhteydessä tehty ja onkin todennäköistä, että ryhmien sisällä lajikoostumuksessa voi olla eroja. Kasvillisuuden monimuotoisuuden erot (Hyvönen 2007) eivät välttämättä heijastu suoraan niveljalkaisrunsauteen. Niittykasvien merkitys korostuu etenkin perhosilla ja pölyttäjähönteisillä, joiden määrissä havaittiinkin eroja eri siemenseosten välillä (Kuussaari ym. 2007). Muiden hyönteisryhmien runsauteen niittykasveilla ei välttämättä ole kovin suurta merkitystä ainakaan silloin, kun kasvusto on muuten heinävaltainen.

Niitolla havaittiin selkeimmät vaikutukset kaskaisiin, joita oli vähemmän niitetyissä kasvustoissa. Kasvuston rakenne onkin tärkeä kaskasyhteisöihin vaikuttava tekijä (Brown ym. 1992) ja niiton on havaittu vähentävän kaskaiden runsautta, lajimäärää ja diversiteettiä (Morris 1981). Imuriaineistossa myös kärpäsiä ja luteita oli vähemmän niitetyissä kesannoissa, mutta muuten niiton vaikutukset jäivät vähäisiksi. Tulokset eivät tukeneet aiempia tutkimuksia, joiden mukaan hämähäkkejä ja maakiitäjäisiä olisi vähemmän niitetyissä kuin niittämättömissä kesannoissa (Moreby & Southwood 2000). Niiton ajankohdalla on merkitystä vaikutuksen suuruuteen (Morris 1981). Tässä kokeessa niitto tehtiin myöhään syksyllä, kasvijäte jätettiin maahan, eikä ennen-jälkeen tilannetta seurattu.

Kaskaiden ja hämähäkkien määrä lisääntyi kesantokasvuston iän myötä. Tämä tulos vahvisti aikaisemmissa suojakaistan sukkessiotutkimuksissa saatuja tuloksia (Huusela-Veistola 1998, Huusela-Veistola & Vasarainen 2000).

Muiden hyönteisryhmien osalta ei selvää trendiä ollut havaittavissa. Hyönteisten runsaudelle on tyypillistä suuri kasvukausien välinen vaihtelu, joka tuli esiin tässäkin tutkimuksessa. Kolme vuotta ei ole vielä riittävän pitkä aika pitkäaikaisten vaikutusten tutkimiseen.

Eri menetelmillä kerätyt hyönteisaineistot poikkesivat toisistaan. Peltopyyn hyönteisravintoindeksi on kehitetty Sussex-tutkimuksen yhteydessä Englannissa eikä ole välttämättä suoraan sovellettavissa Suomen olosuhteisiin. Indeksiksi on alun perin laskettu pinta-alakohtaiselle imurinäyteaineistolle, joten eri näytteenottomenetelmille lasketut indeksit eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Tässä yhteydessä indeksillä on pyritty kuvaamaan lintujen hyönteisravinnon saatavuutta tarkemmin yhden esimerkkilajin, peltopyyn, kannalta.

Tulosten hyödynnettävyys ympäristötuessa

Kesannointi on yksi tapa lisätä yksipuolisen kevätiljavaltaisen viljelyn monimuotoisuutta. Etenkin monivuotiset kasvustot voivat ylläpitää monipuolista ja runsasta hyönteisfaunaa. Viherkesantojen avulla voidaan korvata ja ylläpitää sellaisia ekosysteempipalveluja, jotka ovat vähentyneet viljely-ympäristöstä luonnontilaisten ja puoliluonnontilaisten ruohostomaiden ja nurmien vähentymisen myötä.

Kesannointi ei hyvin toteutettuna lisää tuhoeläinriskiä. Tässä tutkimuksessa tuhoeläinmäärät kesannoilla olivat erittäin pieniä. Lyhytaikaisessa kesantokokeessa tuhoeläimiä oli samana vuonna perustetuissa viherkesannoissa jokseenkin yhtä paljon kuin ohrassa, mutta toisen vuoden kesannoissa tuholaisia oli merkittävästi vähemmän. Monivuotisessa kesantokokeessa ei minään vuonna havaittu merkittäviä tuhoeläinmääriä.

Viherkesannon siemenseoksella tai niitolla ei tässä tutkimuksessa havaittu selkeää vaikutusta petoniveljalkaisten määriin. Erojen pienuutta voi selittää niveljalkaisten liikkuminen ruudulta toiselle, vaikka ruudut olivatkin melko suuria. Toisaalta kasvillisuuden monimuotoisuuden tärkeydestä huolimatta niveljalkaisten runsaus ei välttämättä heijastele pelkästään kasvien lajimäärän muutoksia (Perner ym. 2005). Esimerkiksi hämähäkeille kasvuston rakenteellinen monimuotoisuus näyttäisi olevan kasvilajien lajirunsautta tärkeämpää. Aiemmissa suojakaistatutkimuksissa on havaittu, että kasvilajistoltaan suhteellisen yksinkertainen, mutta monivuotinen kasvusto voi ylläpitää runsasta hämähäkkiyhteisöä (Huusela-Veistola 1998). Hämähäkkien määrä kesantokokeissa kasvoi ajan myötä. Onkin todennäköistä, että suksession myötä luontaisten vihollisten osuus kasvaa ja tuhohyönteisten osuus pienenee (Corbet 1995).

Haavinta- ja hyönteisimurinäytteiden avulla tarkasteltiin lintujen hyönteisravinnon saatavuutta. Hyönteisaineisto lajiteltiin karkeasti ryhmätasolle eikä lajikohtaista tai saaliin kokoluokkaan perustuvaa tarkastelua tehty. Heikomin kilpailevat nurmirölli- tai niittykasvisiemenseokset eivät lisänneet lintujen hyönteisravinnon määrää. Niitosta ei ollut hyötyä, vaan joidenkin ryhmien kannalta haittaa. Eri hyönteisryhmien saatavuus vaihteli vuosittain ja kasvukauden aikana. Peltopyynn hyönteisravintoindeksissä oli havaittavissa enemmän vuosien välistä kuin seosten välistä vaihtelua. Eri lintulajien ravinnon käyttöä tai valikointia ei tässä yhteydessä tutkittu. Vaikka eri hyönteisryhmien osuus eri lintulajien ravintona vaihtelee, tarkastellut hyönteisryhmät ovat monelle peltolinnulle tärkeää ravintoa (Holland ym. 2006).

Yleisesti kesannon iällä ja kasvuston rakenteella näyttäisi olevan siemenseosta ja kasvillisuuden monimuotoisuutta suurempi vaikutus luontaisten vihollisten ja lintujen hyönteisravinnon määrään. Lisäksi kasvuston rakenne voi vaikuttaa lintujen saalistustehokkuuteen. Koska eri lajien ja ryhmien elinympäristövaatimukset ja runsaudet vaihtelevat, monimuotoisuuden kannalta olisi parasta, jos alueella olisi samanaikaisesti erilaisia ja eri-ikäisiä kesantokasvustoja. Siemenseosten valinnassa voidaan käyttää kriteerinä muiden eliöryhmien, kuten kasvien (Hyvönen 2007) ja pölyttäjähönteisten (Kuussaari ym. 2007) monimuotoisuutta.

Kirjallisuus

- Brown, V.K., Gibson, C.W.D. & Kathirithamby, J. 1992. Community organisation in leaf hoppers. *Oikos* 65: 97-106.
- Corbet, S. 1995. Insects, plants and succession: advantages of long-term set-aside. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53: 201-217.
- Helenius, J. 1990. Effect of epigeal predators on infestation by the aphid *Rhopalosiphum padi* and on grain yield on oats in monocrops and mixed intercrops. *Entomologica Experimentalis et Applicata* 54: 225-236.
- Holland, J.M., Hutchinson, M.A.S., Smith, B. & Aebischer, N.J. 2006. A review of invertebrates and seed-bearing plants as food for farmland birds in Europe. *Annals of Applied Biology* 148: 49-71.
- Huusela-Veistola, E. 1998. Effects of perennial grass strips on spiders (Araneae) in cereal fields and impact on pesticide side-effects. *Journal of Applied entomology* 122: 575-583.
- Huusela-Veistola, E. & Vasarainen, A. 2000. Plant succession in perennial grass strips and effects on the diversity of leafhoppers (Homoptera, Auchenorrhyncha). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80: 101-112.

- Hyvönen, T. 2007. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 13-25.
- Kuussaari, M., Härmä, O. & Hyvönen, T. 2007. Viherkesantojen merkitys pölyttäjähönteisille. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 47-69.
- Landis, D.A., Wratten, S.D. & Gurr, G.M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-210.
- Moreby, S.J. & Southwood, S.J. 2000. Management of stubble-set-aside for invertebrates important in the diet of breeding farmland birds. *Aspects of Applied Biology* 62: 39-46.
- Morris, M.G. 1981. Responses of grassland invertebrates to management by cutting. III Adverse effects on Auchenorhyncha. *Journal of Applied Ecology* 18: 107-123.
- Perner, J., Wytrykush, C., Kahmen, A., Buchmann, N., Egerer, I., Creutzburg, S., Odat, N., Audorff, V. & Weisser, W. 2005. Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands. *Ecography* 28: 429-442.
- Potts, G.R. 1986. *The Partridge: Pesticides, Predation and Conservation*. London, UK: Collins.
- Potts, G.R. & Aebischer, N.J. 1991. Modelling the population dynamics of the Grey Partridge: conservation and management. Teoksessa: Perrins, C.M., Lebreton, J.D. & Hiron, G.J.M. (toim.). *Bird population studies: their relevance to conservation and management*. Oxford: Oxford University Press. s. 373-390.
- Tiainen, J., Piha, M., Piironen, J., Rintala, J. & Vepsäläinen, V. 2004. Maatalousympäristön pesimälinnusto. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing. s. 147-163.

Viherkesantojen merkitys pölyttäjähönteisille

Mikko Kuussaari¹⁾, Oskari Härmä²⁾ ja Terho Hyvönen³⁾

¹⁾Suomen ympäristökeskus, Luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelma, PL 140, 00251 Helsinki, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

²⁾Forssan luonnonhistoriallinen museo, PL 46, 30101 Forssa, oskari.harma@lounaisluonto.net

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, terho.hyvonen@mtt.fi

Tiivistelmä

Viherkesannot tarjoavat pölyttäjähönteisille potentiaalisen elinympäristön, mutta kesantojen merkitys pölyttäjille vaihtelee suuresti kesannon kasvillisuuden ja kestoajan mukaan. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kahden kenttäkokeen avulla kesannon perustamistavan, siemenseoksen, iän ja hoidon merkitystä kimalaisten ja päiväaktiivisten perhosten monimuotoisuudelle.

Lyhytaikaisten kesantojen kokeessa havaittiin, että siemenseos ja kesannon ikä vaikuttivat monimuotoisuuteen perustamistapaa (suojaviljaan vs. ilman suojaviljaa) enemmän. Eri siemenseoksilla perustetut kesannot eivät eronneet monimuotoisuudeltaan toisistaan ensimmäisenä vuonna, mutta toisen vuoden nurmiröllilampaannatakesannoilla lajimäärä oli suurempi kuin puna-apilatumotei-nurminatakesannoilla. Sänkikesannoilla saavutettiin jo ensimmäisenä vuonna yhtä suuri pölyttäjien lajimäärä kuin nurmiröllilampaannatakesannoilla kahdessa vuodessa. Pölyttäjiä esiintyi eniten koekäsittelyillä, joilla kukkakasvien lajimäärä ja peittävyys olivat suurimpia.

Pitkäaikaisten kesantojen kokeessa pölyttäjien lajimäärä kasvoi koko neljävuotisen kokeen ajan kaikilla käsittelyillä. Pölyttäjien lajimäärä ja runsaus olivat suurimmat niittykasveja sisältäneen siemenseoksen käsittelyillä koko kokeen ajan, mutta ero muihin siemenseoksiin pieneni kahtena viimeisenä koevuonna. Tämä selittyi suureksi osaksi sillä, että pelto-ohdake runsastui kolmantena ja neljäntenä vuonna niittämättömillä koealueilla. Kylvetyistä niittykasveista suurin merkitys pölyttäjille oli ensimmäisenä vuonna hunajakukalla, toisena ruisvirnalla ja kahtena viimeisenä ahdekaunokilla. Pientareisiin verrattuna kimalaisten runsaus lisääntyi viherkesannoilla nopeammin kuin päiväperhosten runsaus. Kesannoilla oli kimalaisille suurempi merkitys kuin päiväperhosille.

Koetulosten mukaan viherkesantojen hyödyt pölyttäjähönteisille lisääntyvät, kun kesantojen perustamisessa käytetään heikommin kilpailevien heinien siemeniä. Mesikasvien sisällyttäminen siemenseoksiin lisää huomattavasti kesantojen merkitystä pölyttäjille. Hyödyt lisääntyivät kesantojen iän kasvaessa ainakin neljän ensimmäisen vuoden ajan.

Avainsanat: kesanto, viherkesannointi, pölyttäjät, päiväperhoset, kimalaiset, luonnon monimuotoisuus

Significance of rotational fallows and long-term set-asides for pollinator insects

Mikko Kuussaari¹⁾, Oskari Härmä²⁾ and Terho Hyvönen³⁾

¹⁾Finnish Environment Institute, Research Programme for Biodiversity, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

²⁾Natural History Museum of Forssa, P.O. Box 46, FI-30101 Forssa, Finland, oskari.harma@lounaisluonto.net

³⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, terho.hyvonen@mtt.fi

Abstract

We examined with two field experiments the significance of establishing method, seed mixture, age and management of rotational fallows and long-term set-asides for diurnal Lepidoptera and bumblebees in intensively cultivated farmland. The results of the rotational fallow experiment showed that seed mixture and age of the fallow had greater effect on species richness than establishing method (sown with or without the previous crop). Seed mixtures did not differ during the first year but in the second year species richness was higher in *Agrostis capillaris* - *Festuca ovina* than *Trifolium pratense* - *Festuca pratensis* - *Phleum pratense* fallows. Stubble fields reached as high pollinator species richness already during the first year as *A. capillaris* - *F. ovina* fallows in the second year. Pollinators were most abundant in the treatments in which species richness and coverage of flowering plants was highest. In the long-term set-aside experiment pollinator species richness increased throughout the four-year experiment in all treatments. Pollinator species richness and abundance were highest during the whole experiment in those seed mixture treatments containing meadow plants, but the difference to the other seed mixtures decreased during the last two years. This was largely explained by increasing abundance of *Cirsium arvense* during the third and fourth year in the unmown treatments. Of the sown plants *Phacelia tanacetifolia* was the most important nectar plant for pollinators during the first year, *Vicia villosa* in the second year and *Centaurea jacea* during the last two years. Comparison with field margins showed that bumblebee abundance in set-asides in relation to field margins increased faster than butterfly abundance and that set-asides were more important habitat for bumblebees than for butterflies. The experiments showed that the benefits of rotational fallows and set-asides for pollinators increase when set-asides are established using seeds of less competitive grasses and seed mixtures including nectar plants. The benefits increase with the set-aside age at least during the first four years.

Key words: set-aside, rotational fallow, pollinator insects, butterflies and day-active moths, bumblebees, biodiversity

Johdanto

Pölyttäjähönteisillä, kuten mesipistiäisillä ja perhosilla, on suuri taloudellinen merkitys monien viljelykasvien pölyttäjinä (Allen-Wardell ym. 1998, Klein ym. 2007), mutta niiden populaatiot ovat taantuneet monissa maissa maatalouden tehostumisen seurauksena (Steffan-Dewenter ym. 2005, Biesmeijer ym. 2006). Pölyttäjähönteiset ovat kärsineet erityisesti tehostuneesta maankäytöstä ja avointen puoliluonnontilaisten elinympäristöjen, kuten niittyjen ja pientareiden, vähenemisestä (Goulson ym. 2006, Kuussaari ym. 2007). Suomessa erilaisten ruohostomaiden väheneminen on ollut tärkein mesipistiäisten ja perhosten uhanalaistumisen syy (Pöyry ym. 2004). Myös lisääntynyt kasvinsuojeluaineiden käyttö on heikentänyt pölyttäjien elinmahdollisuuksia maatalousalueilla (Dover ym. 1990, de Snoo ym. 1998). Mesipistiäisten ja perhosten tiheydet ovatkin selvästi korkeampia luonnonmukaisesti viljellyillä kuin tavanomaisesti viljellyillä pelloilla (Bäckman ym. 2004, Rundlöf & Smith 2006, Holzschuh ym. 2007).

Viherkesannot tarjoavat pölyttäjähönteisille potentiaalisen elinympäristön, mutta niiden merkitys vaihtelee suuresti kesannoille syntyvän kasvillisuuden ja kesantojen kestoajan mukaan (Corbet 1995, Van Buskirk & Willi 2004). Kahdellakymmenellä monivuotisella viherkesannolla Uudellamaalla tehdyssä tutkimuksessa päiväperhosten yksilömäärä oli selvästi, ja lajimäärä niukasti, alhaisempi kuin läheisillä pellonpientareilla (Vaittinen 2004, Kuussaari & Heliölä 2004). Muita päiväaktiivisia suurperhosia näillä keskimäärin kuuden vuoden ikäisillä kesannoilla tavattiin hieman enemmän kuin pellonpientareilla. Kyseisessä tutkimuksessa perhosten laji- ja yksilömäärä korreloi voimakkaasti mesikasvien runsauden kanssa ja samanlainen suuntaus on havaittu monissa ulkomaisissa perhos- ja mesipistiäistutkimuksissa (Steffan-Dewenter & Tschardtke 1997, 2001).

Katsauksessaan kesantojen biodiversiteettivaikutuksiin Van Buskirk ja Willi (2004) totesivat, että yleensä hönteisten laji- ja yksilömäärien on havaittu kasvavan kesannon iän myötä. Lyhytaikaisten kesantojen, jotka perustetaan voimakkaasti kilpailevilla heinä-apilaseoksilla, on arvioitu tarjoavan heikosti elinmahdollisuuksia päiväperhosille verrattuna pitempiaikaisiin 5-10 vuoden ikäisiin kesantoihin (Feber & Smith 1995). Saksassa tehdyssä 1-4 vuoden ikäisten ja ilman kylvöä perustettujen viherkesantojen vertailussa päiväperhosten lajimäärä oli yhtä suuri eri-ikäisillä kesannoilla (Steffan-Dewenter & Tschardtke 1997). Samassa tutkimuksessa mesipistiäisten lajimäärä oli suurimmillaan toisaalta 2-vuotiailla kesannoilla ja toisaalta yli 30-vuotiailla niityillä (Steffan-Dewenter & Tschardtke 2001). Viime vuosina Englannissa tehdyissä tutkimuksissa on saatu rohkaisevia tuloksia mesikasvien kylvämisen vaikutuksista kimalaisten runsauteen. Maatalouden ympäristötuella peltojen reunoille on perustettu monimuotoisuuskaistoja (Carvell ym. 2004, 2007,

Pywell ym. 2005, 2006), joiden voidaan ajatella olevan pienimuotoisia viherkesantoja.

Viherkesantojen, kuten myös luomupeltojen suhteellisen merkityksen luonnon monimuotoisuudelle voidaan arvioida olevan suurin kaikkein intensiivisimmin viljellyillä maatalousalueilla (Bengtsson ym. 2005, Tschardt ym. 2005). Kesantopellon perustaminen ekstensiivisesti viljellylle alueelle ei usein juurikaan vaikuta alueen kokonaisbiodiversiteettiin, mutta intensiivisellä viljelyalueella kesantopelto voi tuoda merkittävän lisän alueelliseen lajiston monimuotoisuuteen. Euroopan Unionin CAP-tukeen kuuluva 10 % kesannointivelvoite on edellyttänyt kesantojen perustamista CAP-tukea saavien maatilojen alueelle, ja on osaltaan edistänyt monimuotoisuutta myös Euroopan intensiivisimmillä viljelyalueilla.

Suomalaisilla maatalousalueilla karjatalouden ja kasvintuotannon eriytyminen on yksipuolistanut viljelykiertoja Etelä- ja Länsi-Suomen viljanviljelyalueilla. Monivuotisten nurmikasvien katoaminen viljelykierrosta on aiheuttanut elinympäristöjen monimuotoisuuden vähenemisen maisematasolla. Ajan myötä maisematason monimuotoisuuden väheneminen heijastuu myös lajistolliseen monimuotoisuuteen, sillä maisemarakenteen heterogeenisyyden ja lajistollisen monimuotoisuuden välillä on tyypillisesti voimakas riippuvuus (Benton ym. 2003, Kivinen ym. 2006). Viherkesannot tarjoavat mahdollisuuden monipuolistaa viljelykiertoja viljanviljelyvaltaisilla alueilla. Vuonna 2007 alkaneella tukikaudella viherkesantojen perustamiseen on mahdollista saada myös maatalouden ympäristötukea. Tukiehtojen mukaan kesantojen on oltava vähintään kaksi kasvukautta samalla paikalla.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kahden kenttäkokeen avulla selvittää kesannon perustamistavan, siemenseoksen, iän ja hoidon merkitystä kahden pölyttäjähönteisryhmän, kimalaisten ja päiväaktiivisten suurperhosten, monimuotoisuudelle intensiivisesti viljellyillä maatalousalueilla. Ensimmäisessä kokeessa tutkittiin eri tavoin perustettujen, viljelykierron osana olevien 1- ja 2-vuotisten viherkesantojen merkitystä pölyttäjähönteisille. Toinen kenttäkoe keskittyi pitkäaikaisen kesannon perustamistavan ja hoidon monimuotoisuusvaikutuksiin.

Aineisto ja menetelmät

Koeasetelmat ja koealueet

Lyhytaikaisten kesantojen koe

Vuosina 2003-2005 Jokioisissa toteutetussa lyhytaikaisten kesantojen kokeessa tutkittiin, miten kesannon perustamistapa (kylvö suojaviljaan ja ilman

suojaviljaa), siemenseos (1 = voimakkaasti kilpaileva puna-apila-timotei-nurminata-seos ja 2 = heikommin kilpaileva nurmirölli-lampaannata-seos) ja kesannon ikä (1 ja 2 vuotta) vaikuttavat pölyttäjähönteisten monimuotoisuuteen. Kokeessa oli kahdeksan erilaista käsittelyä, joista jokaisesta oli neljä toistoa:

- Vilja (ohra)
- 1-vuotinen sänkikesanto
- 1-vuotinen puna-apila-timotei-nurminatakesanto
- 1-vuotinen nurmirölli-lampaannatakesanto
- Suojaviljaan kylvetty 2-vuotinen puna-apila-timotei-nurminatakesanto
- Suojaviljaan kylvetty 2-vuotinen nurmirölli-lampaannatakesanto
- 2-vuotinen puna-apila-timotei-nurminatakesanto
- 2-vuotinen nurmirölli-lampaannatakesanto

Koe toteutettiin pölyttäjähönteisten kannalta riittävän suuressa mittakaavassa, sillä kukin koekäsittely oli pinta-alaltaan 0,3 ha. Kaikki 32 käsittelyä toteutettiin samalla 16,5 hehtaarin peltolohkolla (ks. tarkemmin Hyvönen 2007). Kokeen toisen vuoden syksyllä kesannointikäsittelyt lopetettiin ja kaikille koekäsittelyille kylvettiin syysruis.

Pitkäaikaisten viherkesantojen koe

Vuosina 2003-2006 Ypäjällä toteutetussa pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa tutkittiin, miten kesannon perustamisessa käytetty siemenseos ja kesannon hoito vuosittain niittämällä tai ilman niittoa vaikuttavat pölyttäjähönteisten monimuotoisuuteen ja pölyttäjähönteisyhteisön kehitykseen. Kokeessa oli kuusi erilaista käsittelyä, joista jokaisesta neljä toistoa:

- puna-apila-timotei-nurminata (seos 1), vuosittainen niitto
- puna-apila-timotei-nurminata (seos 1), ei niittoa
- nurmirölli-lampaannata (seos 2), vuosittainen niitto
- nurmirölli-lampaannata (seos 2), ei niittoa
- nurmirölli-lampaannata-niittykasvit (seos 3), vuosittainen niitto
- nurmirölli-lampaannata-niittykasvit (seos 3), ei niittoa

Yhteensä 24 neljänneshectaarin kokoista koekäsittelyä toteutettiin samalla 11,1 hehtaarin peltolohkolla. Niittykasviseokseen valittiin 12 pölyttäjähönteisille potentiaalisesti hyvää lajia yksi-, kaksi- ja monivuotisia mesikasveja: hunajakukka, ruisvirna, harakankello, valkoailakki, ahdekaunokki, keltasauramo, mäkitervakko, nurmikohokki, purtojuuri, päivänkakkara, ruusu-ruoho ja särmäkuisma (ks. koeasetelmasta tarkemmin Hyvönen 2007).

Pellonpientareet. Molempiin kenttäkokeisiin liittyen pölyttäjähönteisten esiintymisestä kerättiin vertailukelpoista aineistoa kymmeneltä pellonpientareelta kenttäkokeen välittömästä läheisyydestä. Pellonpiennarten arvioitiin olevan pölyttäjähönteisten tärkeimpiä esiintymispaikkoja tutkimusalueilla ennen kesantokokeiden perustamista, koska laajempia muita puoliluonnontilaisia, avoimia elinympäristöjä ei esiintynyt koealueiden ympäristössä.

Koealueet. Molemmat koealueet sijaitsivat laajoilla intensiivisesti viljellyillä ja tuulelle alttiilla peltoaukeilla, joilla etäisyydet metsäalueisiin olivat suomalaisittain suuria. Jokioisten koealuetta 500 m säteellä ympäröivästä alueesta 80 % oli maatalousmaata, 19 % rakennettua aluetta ja 1 % metsää tai harva- puustoista aluetta. Vastaavasti Ypäjällä koealuetta ympäröivästä alueesta 92 % oli maatalousmaata, 4 % rakennettua aluetta, 3 % vesistöjä ja 1 % harva- puustoista aluetta.

Pölyttäjähönteisten laskennat

Pölyttäjähönteisten esiintymisestä kerättiin tietoa molemmilta koealueilta ja niitä ympäröiviltä pellonpientareilta päiväperhostutkimuksissa laajasti käytettyä linjalaskentamenetelmää (Pollard & Yates 1993, Heliölä & Kuussaari 2005) käyttäen. Pientareet mukaan lukien jokaiselta tutkimustoistolta laskettiin kimalaiset ja päiväaktiiviset suurperhoset 250 m matkalta ja 5 m levyiseltä linjalta. Yhdellä Jokioisten koealueen ohralohkolla ei tehty lainkaan perhoslaskentoja, koska sen alueella sijaitsi makasiinirakennus. Laskennat toteutettiin neljä kertaa kesässä, noin kahden viikon välein kesä-heinäkuussa. Ainoa poikkeus koskee pellonpientareita vuonna 2005, jolloin heinäkuun alkupuoliskon epäsuotuisten säiden takia jouduttiin tyytymään kolmeen laskentaan kesän aikana. Kaikki laskennat teki sama laskija (Oskari Härmä).

Laskennat suoritettiin aurinkoisella ja mahdollisuuksien mukaan heikkotuulisella säällä noudattaen maatalousympäristön päiväperhosseurannan laskentaohjeita (Heliölä & Kuussaari 2005). Laskentojen tuuliolosuhteuksista jouduttiin osalla laskentakerroista hieman tinkimään, koska koealueet olivat poikkeuksellisen tuulelle alttiita avoimia peltoalueita. Lyhytaikaisten kesantojen kokeessa keskimääräinen laskentojen lämpötila, pilvisuus ja tuulisuus olivat 21°C, 53 % ja 3,2 Beaufortia, ja pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa 22°C, 52 % ja 3,4 Beaufortia.

Kaikista laskentalinjalla havaituista pölyttäjistä kirjattiin muistiin tieto, oliko yksilö kukalla vai ei. Kukilla havaituista yksilöistä kirjattiin lisäksi kasvilaji, jolla yksilö oli, kun se havaittiin ensimmäisen kerran. Käytännöllisesti katsoen kaikki kimalaiset määritettiin niiden ollessa kukalla pyydystämättä yksilöitä haaviin. Kimalaisista mantukimalaisryhmän kolme lajia (*Bombus lucorum* -ryhmä) on erotettavissa toisistaan vain mikroskoopin avulla ja sen takia niitä käsitellään tässä tutkimuksessa yhtenä lajina. Samoin menetellään vai-

keasti tunnistettavien *Psithyrus*-suvun loiskimalaisten kanssa, joita ei myöskään kyetty erottamaan toisistaan maastossa. Kimalaisten ohella linjoilta laskettiin myös tarhamehiläiset (*Apis mellifera*). Sen sijaan ampiaisia ja muita mesipistiäisiä ei käsitellä tässä raportissa lainkaan, koska niistä kertyi hyvin niukasti havaintoja eikä muita mesipistiäisiä kyetty määrittämään maastossa.

Päiväperhosten (Papilionoidea) ohella linjoilta laskettiin kaikki muut havaitut suurperhoset, jotka olivat pääosin mittareita (Geometridae) ja yökkösiä (Noctuidae). Vaikeasti lajilleen tunnistettavat perhoset otettiin kiinni määrittystä varten.

Kukkakasvien runsaus

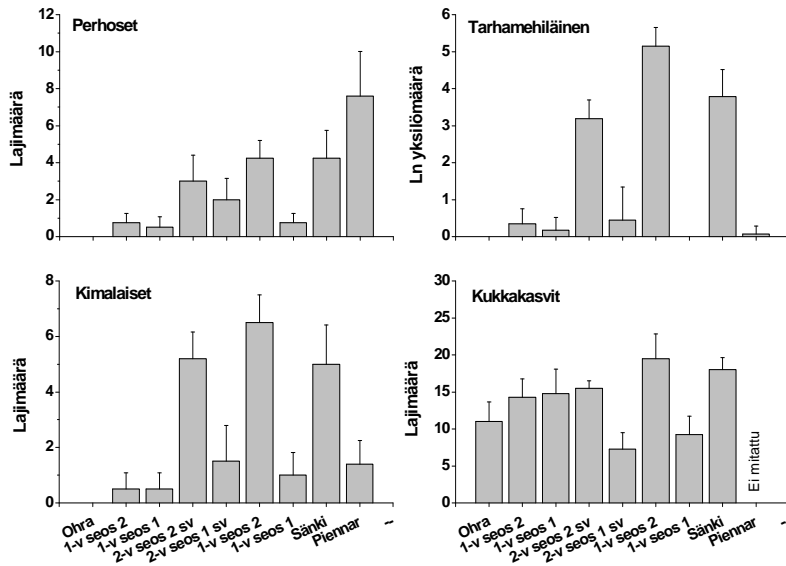
Koealueiden kasvillisuutta tutkittiin vuosittain kaksi kertaa kesässä, kesä- ja heinäkuun loppupuoliskolla. Kaikilta koealueilta arvioitiin lajikohtaisesti kasvien peittävyys yhdeksänportaisella asteikolla (Hyvönen 2007). Pölyttäjähönteisten esiintymistä potentiaalisesti selittävinä muuttujina käytettiin hönteis- ja itsepölytteisten kukkakasvien lajimäärää ja kokonaispeittävyttä koealueilla. Nämä muuttujat laskettiin kahden kesä- ja heinäkuussa tehdyn kasvillisuustutkimuksen keskiarvoina. Pientareiden kasvillisuutta ei tutkittu.

Tulokset

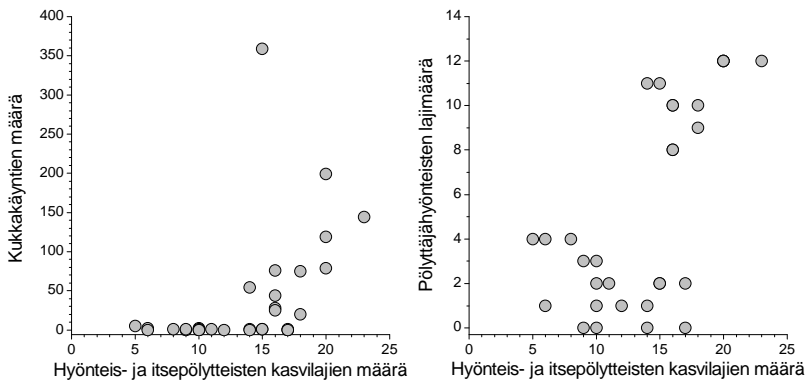
Lyhytaikaisten kesantojen koe

Koekäsittelyiden väliset erot

Lyhytaikaisten kesantojen kokeessa pölyttäjämäärät jäivät keskimäärin melko alhaiselle tasolle, mutta koekäsittelyiden välillä oli silti selkeitä eroja. Kolme koekäsittelyä erottui sekä pölyttäjien laji- että yksilömääriltään selvästi muita runsaampina (Kuva 1). Nämä olivat 2-vuotinen nurmirölli-lampaannatakesanto, sänkikesanto ja suojaviljaan kylvetty 2-vuotinen nurmirölli-lampaannatakesanto. Odotusten mukaisesti kilpailijoina heikommilla heinälajeilla (nurmirölli ja lampaannata) tehty kylvö tuotti pölyttäjähönteisten osalta monimuotoisemman kesannon kuin voimakkailla kilpailijakasveilla tehty puna-apila-timotei-nurminata-kylvö. Sänkikesantoa lukuun ottamatta suurimmat pölyttäjämäärät havaittiin 2-vuotisilla kesannoilla. Yksivuotisilla viherkesannoilla havaittiin hyvin vähän pölyttäjähönteisiä. Kaksivuotisista viherkesannoista suojaviljaan kylvetyillä kesannoilla oli vähemmän pölyttäjiä kuin ilman suojaviljaa kylvetyillä koealueilla. Perhosten ja kimalaisten lajimäärät ja tarhamehiläisen runsaus vaihtelivat koekäsittelyiden välillä hyvin samansuuntaisesti (Kuva 1).



Kuva 1. Keskimääräiset perhosten ja kimalaisten lajimäärät, tarhamehiläisen yksilömäärät sekä kukkakasvien lajimäärät lyhytaikaisten kesantojen kokeen toisena vuonna.



Kuva 2. Kukkakäyntien määrän ja pölyttäjähönteisten lajimäärän suhde kukkakasvien lajimäärään lyhytaikaisten kesantojen kokeen toisena vuonna.

Myös kukkakasvien lajimäärä oli keskimäärin suurin 2-vuotisilla nurmiröllilampaannatakesannoilla ja sänkikesannoilla, mutta kukkakasvien lajimäärässä oli vähemmän vaihtelua koekäsittelyiden välillä kuin pölyttäjähönteisten lajimäärässä (Kuva 1). Kukkakasvien kokonaispeittävyys oli suurin niillä käsittelyillä, joille oli kylvetty puna-apilaa heinien ohella. Tiheät puna-

apilakasvustot estivät tehokkaasti rikkakasvien taimettumisen. Puna-apilan kukinta ajoittui pääosin elokuulle, jolloin pölyttäjähöynteisiä ei enää laskettu.

Taulukko 1. Pölyttäjähöynteisten kukkakäynnit kasveilla lyhytaikaisten kesantojen kokeessa vuonna 2004.

Kukkakasvilaji	Kukkakasvien peittävyys (%)	Kukkakäyntien lukumäärä (ja %)		
		Kimalaiset	Tarhamehiläinen	Perhoset
Pelto-ohdake <i>Cirsium arvense</i>	0,07	-	33 (3,1)	-
Peltopillike <i>Galeopsis bifida</i>	0,05	1 (0,6)	-	-
Kirjopillike <i>Galeopsis speciosa</i>	0,04	4 (2,4)	-	-
Rantanätkelmä <i>Lathyrus palustris</i>	0,01	1 (0,6)	-	-
Peltolemmikki <i>Myosotis arvensis</i>	0,34	4 (2,4)	2 (0,2)	1 (16,7)
Voikukka <i>Taraxum officinale</i>	0,03	5 (3,0)	9 (0,8)	-
Alsikeapila <i>Trifolium hybridum</i>	0,003	2 (1,2)	7 (0,7)	-
Puna-apila <i>Trifolium pratense*</i>	7,71	4 (2,4)	1005 (94,4)	-
Valkoapila <i>Trifolium repens</i>	0,74	97 (58,8)	-	-
Peltosaunio <i>Tripleurospermum inodorum</i>	0,82	-	-	4 (66,7)
Hiirenvirna <i>Vicia cracca</i>	0,02	6 (3,6)	-	1 (16,7)
Aitovirna <i>Vicia sepium</i>	0,004	2 (1,2)	-	-
Pelto-orvokki <i>Viola arvensis</i>	0,06	39 (23,6)	9 (0,8)	-
Yhteensä		165	1065	6

* = Kesannolle kylvetty kasvilaji.

Taulukko 2. Pölyttäjien keskimääräisten ja kokonaislaji- ja yksilömäärien kehitys lyhytaikaisten kesantojen kokeessa ja ympäröivillä pellonpientareilla.

Käsittely	Keskimääräinen lajimäärä			Keskimääräinen yksilömäärä		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Ohra	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0
1-v seos 2	0,3	1,8	1,8	0,3	2,0	2,8
1-v seos 1	0,3	1,3	1,0	0,3	1,3	2,8
2-v seos 2 sv	1,3	9,3	1,3	1,3	44,0	1,8
2-v seos 1 sv	0,5	3,8	0,3	0,8	6,0	0,3
2-v seos 2	1,8	11,8	3,3	2,8	213,8	5,0
2-v seos 1	0,8	1,8	1,3	0,8	2,8	1,5
Sänkikesanto	0,8	10,3	1,5	0,8	69,0	4,0
Pellonpiennar	18,1	9,8	10.1*	66,5	34,9	26.4*
	Kokonaislajimäärä			Kokonaisyksilömäärä		
Koekäsittelyt	7	27	10	26	1345	81
Pellonpientareet	40	30	33*	660	341	264*

* Vuonna 2005 pellonpientareilla saatiin huonon sään takia tehtyä vain 3 laskentakierrosta normaalin 4 kierroksen sijaan.

Kukkakäynnit ja kukkakasvien runsaus

Kaikista pölyttäjähönteishavainnoista 86 % oli kukkakäyntejä. Kimalaisilla (80 %) ja tarhamehiläisellä (99 %) kukkakäyntien osuus havainnoista oli huomattavasti suurempi kuin perhosilla (16 %). Kukkakäyntejä havaittiin koealueella yhteensä 13 kasvilajilla (Taulukko 1). Kimalaisten ja tarhamehiläisen kukkakäynnit keskittyivät melko voimakkaasti kaikkein runsaimmille mesikasveille, erityisesti valkoopilalle. Harvalukuisemmista kukkakasveista pelto-orvokki houkutti suhteellisen runsaasti kimalaisia. Kukkakäyntien määrä korreloi koealueen kukkakasvien lajimäärän kanssa (Kuva 2). Pölyttäjien lajimäärä korreloi sekä kukkakasvien lajimäärän (Kuva 2) että niiden peittävyuden kanssa.

Lajiston muutos kesantokierron aikana

Pölyttäjien runsaus muuttui odotetulla tavalla kolmevuotisen kokeen aikana (Taulukko 2). Ensimmäisenä vuonna pölyttäjähönteisiä oli kesantokäsittelyilläkin hyvin vähän. Toisena vuonna pölyttäjien määrä kasvoi voimakkaasti pölyttäjille suotuisilla kolmella kesantokäsittelyllä, mutta muilla alueilla vain vähän. Kolmantena vuonna pölyttäjien määrä jälleen laski, kun kaikilla koealueilla kasvoi syysruista.

Vertailu pientareisiin

Kimalaisten ja tarhamehiläisen runsaudet olivat parhailla kesantokäsittelyillä huomattavasti suurempia kuin ympäröivillä pellonpientareilla, mutta parhaidenkaan kesantokäsittelyiden perhoslajimäärä ei yltänyt pientareiden lajimäärän tasolle lyhytaikaisessa kokeessa (Kuva 1). Lajikohtainen tarkastelu osoitti, että tutkimusaineiston runsaimmat kimalaislajit ja tarhamehiläinen esiintyivät suotuisilla kesantokäsittelyillä huomattavasti runsaampina kuin pellonpientareilla (Taulukko 3). Perhosilla tilanne oli päinvastainen. Useat perhoslajit olivat huomattavasti runsaampia pellonpientareilla kuin pölyttäjille suotuisimmilla kesannoilla ja yksikään perhoslaji ei ollut kesannoilla selkeästi runsaampi kuin pellonpientareilla (Taulukko 3).

Taulukko 3. Pölyttäjähyönteislajit ja yksilömäärät (yksilöitä/1000 m laskentalinjaa) lyhytaikaisten kesantojen kokeen toisena kesänä 2004. V1-V6: kuusi keston, seoksen ja perustamistavan suhteen erilaista viherkesantokäsittelyä.

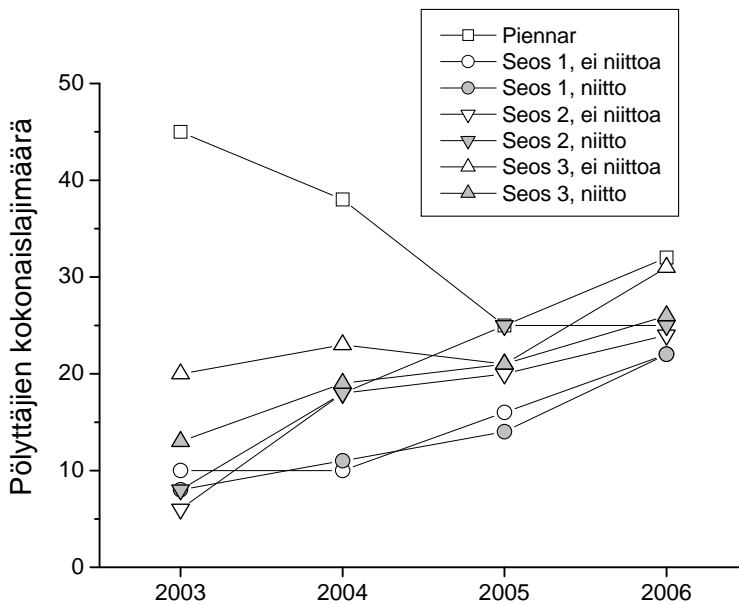
Laji	Koekäsittely:	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Sänki	Piennar
	Kesto:	1-v	1-v	2-v	2-v	2-v	2-v	1-v	moni-v
	Seos:	2	1	2	1	2	1	ei	ei
	Suojavilja:	ei	ei	kyllä	kyllä	ei	ei	ei	ei
Tarhamehiläinen									
<i>Apis mellifera</i>		2	1	102	5	759	0	202	0,4
Kimalaiset									
<i>Bombus distinguendus</i>		0	1	5	3	4	1	2	0,4
<i>Bombus hortorum</i>		1	1	2	0	4	1	3	0,4
<i>Bombus lapidarius</i>		0	0	7	0	8	0	10	1,2
<i>Bombus lucorum</i>		1	0	11	2	24	0	14	1,6
<i>Bombus pascuorum</i>		0	0	0	0	2	0	6	0
<i>Bombus pratorum</i>		0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bombus ruderarius</i>		0	0	10	1	6	1	13	2,8
<i>Bombus soroensis</i>		0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Bombus veteranus</i>		0	0	16	3	10	0	7	1,2
<i>Psithyrus</i> sp.		0	0	1	0	2	0	0	0,4
Päiväperhoset									
<i>Thymelicus lineola</i>		0	0	0	0	0	0	0	6,4
<i>Pieris napi</i>		2	0	0	0	1	0	1	0
<i>Polyommatus semiargus</i>		0	0	2	1	1	0	0	0
<i>Polyommatus amandus</i>		0	0	0	0	1	0	0	0,8
<i>Polyommatus icarus</i>		0	0	0	0	1	0	2	0,4
<i>Vanessa cardui</i>		0	1	0	0	0	0	2	0
<i>Nymphalis urticae</i>		0	0	1	0	1	1	5	1,6
<i>Coenonympha glycerion</i>		0	0	0	0	0	0	1	2,4
<i>Aphantopus hyperantus</i>		1	0	5	0	3	0	0	36,4
<i>Lasiommata maera</i>		0	0	0	0	0	0	0	0,4
Muut päiväaktiiviset suurperhoset									
<i>Scopula immorata</i>		0	0	0	0	0	0	0	2,4
<i>Scopula immutata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0,8
<i>Scotopteryx chenopodiata</i>		0	1	3	2	11	3	0	42,4
<i>Xanthorhoe montanata</i>		0	0	1	0	0	0	1	4,4
<i>Epirrhoe alternata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0,4
<i>Odezia atrata</i>		0	0	0	0	0	0	0	1,2
<i>Lomaspilis marginata</i>		0	0	0	0	0	0	0	0,8
<i>Chiasmia clathrata</i>		0	0	0	2	0	0	0	0,8
<i>Ematurga atomaria</i>		0	0	0	0	1	0	0	0,8
<i>Siona lineata</i>		0	0	0	0	0	0	1	2,4
<i>Polypogon tentacularius</i>		0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Callistege mi</i>		0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Euclidia glyphica</i>		0	0	7	4	10	1	3	12
<i>Cryptocala chardinyi</i>		0	0	0	0	0	0	0	1,6

Pitkäaikaisten viherkesantojen koe

Pitkäaikaisten kesantojen kokeessa pölyttäjien lajimäärä kasvoi koko kokeen neljävuotisen keston ajan kaikilla koekäsittelyillä (Kuva 3).

Siemenseoksen merkitys

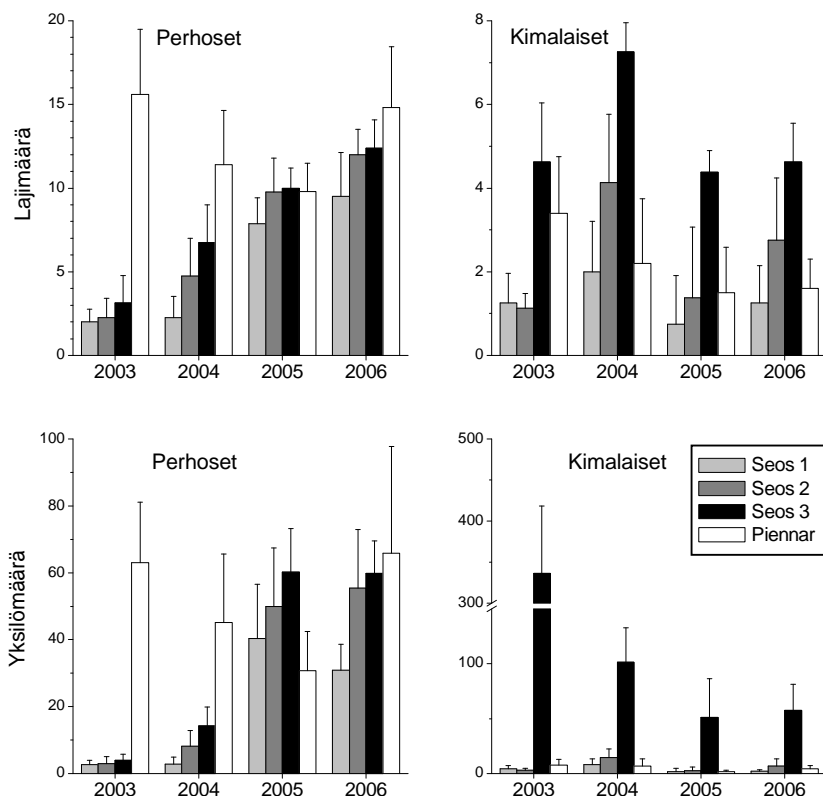
Pölyttäjien keskimääräinen lajimäärä ja runsaus olivat suurimpia niittykasve- ja sisältäneen siemenseoksen (seos 3) käsittelyillä koko kokeen ajan, mutta ero muihin siemenseoksiin pieneni kokeen kahtena viimeisenä vuonna (Kuva 4). Tämä selittyi pitkälti pelto-ohdakkeen runsastumisella kolmantena ja neljäntenä vuonna niittämättömillä koealueilla. Heikommin kilpailevilla heinäkasveilla (nurmirölli ja lampaannata) perustetuilla kesannoilla oli enemmän pölyttäjiä kuin vahvemmin kilpailevan seoksen 1 puna-apila-timotei-nurminatakesannoilla. Tämä ero tuli esiin kokeen toisena ja sitä seuraavina vuosina (Kuva 4).



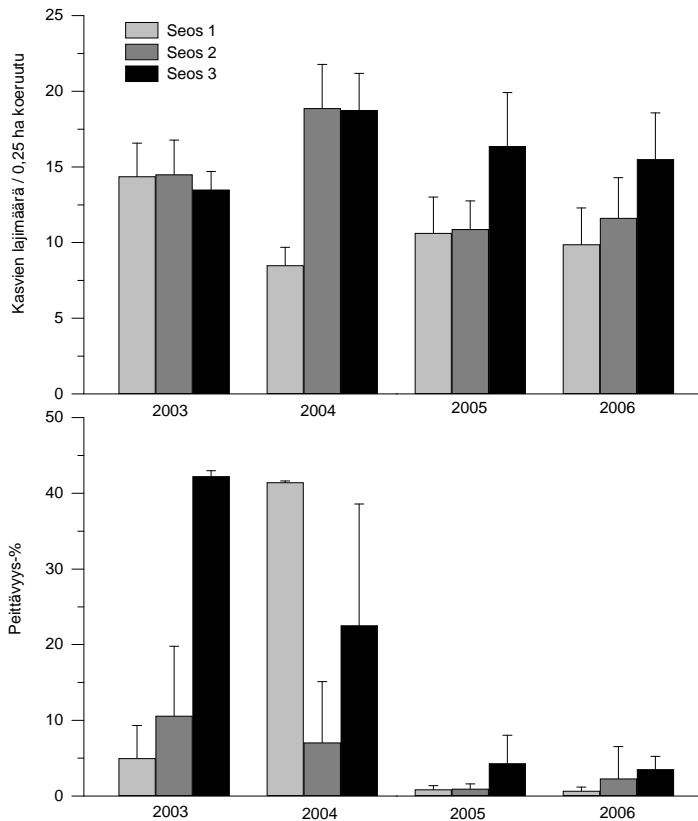
Kuva 3. Pölyttäjähönteisten koekäsittelyillä vuosittain havaitun kokonaislajimäärän kehitys pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa.

Lajiston muutos kesannon iän kasvaessa

Pölyttäjähönteisten runsaus koekäsittelyillä oli sidoksissa koealueilla kukkiviin mesikasveihin kuten lyhytaikaistenkin kesantojen kokeessa. Kokeen ensimmäisenä kesänä hunajakukka kukki hyvin runsaana kaikilla niittykasviseoksen koealoilla, mutta muilla koekäsittelyillä kukkivia mesikasveja oli niukasti (Kuva 5). Hunajakukka houkutti niittykasvikäsittelyille hyvin suuren määrän kimalaisia ja runsaasti tarhamehiläisiä, mutta vain niukasti perhosia (Taulukko 4, Kuva 4).



Kuva 4. Perhosten ja kimalaisten keskimääräiset lajimäärät (+ keskihajonnat) eri siemenseoksilla kylvetyillä kesannoilla ja ympäröivillä pellonpientareilla eri vuosina pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa. Seos 1 = puna-apilaimotei-nurminata, Seos 2 = nurmirölli-lampaannata ja Seos 3 = nurmirölli-lampaannata-niittykasvit.



Kuva 5. Kukkakasvien lajimäärät ja peittävydet (+ keskihajonnat) pitkäaikaisen viherkesantojen kokeen eri siemenseoksilla eri vuosina.

Kokeen toisena kesänä kukkakasvien runsaudet seosten 2 ja 3 alueilla kasvoivat hieman. Niittykasvikäsittelyillä toisen kesän tärkein mesikasvi oli ruisvirna, joka oli runsas ja toisena vuonna pölyttäjien suosituin mesikasvi (Taulukko 4). Hunajakukan määrä putosi huomattavasti kokeen toisena kesänä, mutta se oli edelleen mesipistiäisten suosima mesikasvi. Kokeen kolmantena ja neljäntenä vuonna ruisvirna ja hunajakukka hävisivät koalueilta. Toisaalta monivuotiset kukkakasvit kukkivat aiempia vuosia runsaampina. Parhaiten koaloille kylvetyistä monivuotisista niittykasveista menestyi ahdekaunokki, joka oli pölyttäjien suosituin mesikasvi kokeen kolmantena ja neljäntenä vuonna (Taulukko 4). Pölyttäjämäärät kasvoivat myös muilla koekäsittelyillä kokeen kolmantena ja neljäntenä vuonna, erityisesti peltoohdakkeen runsastuttua niittämättömillä koaloilla.

Taulukko 4. Pölyttäjähönteisten kukkakäynnit pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa (M = mesipistiäiset, T = tarhamehiläinen ja P = perhoset).

Kasvilaji	2003			2004			2005			2006		
	M	T	P	M	T	P	M	T	P	M	T	P
Ahdekaunokki							411	8	146	1612	25	31
Alsikeapila				1	2							
Hiirenvirna				42	3		26		5	9		17
Hunajakukka	2687	249	3	192	246							
Jaakonvillakko									1			
Kannuruoho							2			1		
Keltasauramo				3	1	4						1
Kirjopillike	1						1					
Lutukka		1		6	15	1						
Niittynätkelmä										2		
Nurmikohokki				4	2							
Peltolemmikki				7	1							
Pelto-ohdake				9	15		3	4	156	64	43	56
Pelto-orvokki	5	1		73	1							
Peltosaunio				2		3						
Peltotaskuruoho	3											
Peltoukonnauris	1								1			
Puna-ailakki				4		1						
Puna-apila				19		1						
Punapeippi	1	1										
Päivänkakkara									8			2
Ruiskaunokki		2		3	1							
Ruisvirna				520	71		1					
Ruusuruoho									1			
Rönsyleinikki									1			
Valkoailakki				1			1			6		
Valkoapila				1								
Voikukka				1					3		42	3
Summa	2698	254	4	888	358	10	445	12	322	1694	68	107

Kimalaisten ja perhosten lajimäärät ja runsaudet kehittyivät neljävuotisen kokeen aikana eri tavoin. Perhosilla lajimäärät olivat kaikilla kolmella siemenseoksella suurimmat kokeen viimeisenä vuonna ja yksilömäärätkin joko viimeisenä tai toiseksi viimeisenä vuonna. Kimalaisten lajimäärä oli kaikilla siemenseoksilla huipussaan kokeen toisen kesänä. Kimalaisten yksilömäärähuippu saavutettiin seoksen 3 alueilla jo ensimmäisenä kesänä ja muilla siemenseoksilla toisena kesänä (Kuva 4).

Niiton merkitys

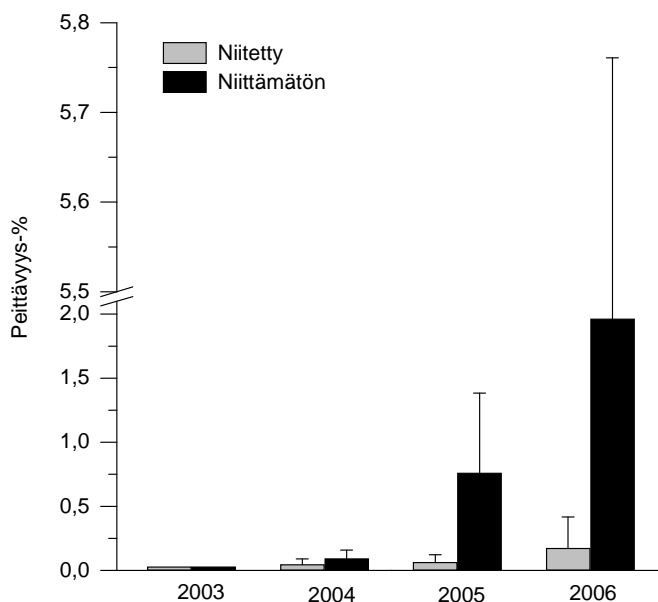
Kesantojen niitolla ei ollut vaikutusta kukkivien kasvien lajimäärään eikä peittävyys. Sen sijaan niitto alensi pelto-ohdakkeen runsautta (Kuva 6).

Vertailu pientareisiin ja lajikohtaiset tulokset

Pitkäaikaisten kesantojen pölyttäjähönteisaineistossa havaittiin sama lajiryhmien välinen ero kuin lyhytaikaisten kesantojen kokeessa: kimalaiset ja

tarhamehiläinen hyödynsivät kesantoja huomattavasti nopeammin ja voimakkaammin kuin perhoset (Kuva 4). Kimalaisten tiheydet olivat mesikasveja sisältäneillä kesantokoealoilla kokeen alusta alkaen huomattavasti korkeampia kuin ympäröivillä pellonpientareilla (Taulukko 5). Sen sijaan perhosten lajimäärät pysyivät koko kokeen ajan korkeampina pellonpientareilla kuin parhailakaan kesantokäsittelyillä. Perhosten yksilömäärien osalta suotuisimmat kesannot saavuttivat kahtena viimeisenä vuonna pellonpientareiden tason.

Niittykasvikäsittelyiden ensimmäisen kesän runsaat hunajakukkakasvustot houkuttivat erityisesti mantukimalaisia (*Bombus lucorum*). Niiden tiheys niittykasvikesannoilla oli lähes 1300 yksilöä kilometrillä laskentalinjaa kesän aikana. Kokeen ensimmäisenä vuonna mantukimalaiset muodostivat 93 % kaikista kesantokäsittelyiden kimalaisista, mutta seuraavina vuosina niiden yksilömäärät ja osuudet kimalaisista laskivat selvästi (Taulukko 5). Kirjo- ja kivikkokimalainen (*B. distinguendus* ja *B. lapidarius*) puolestaan runsastuivat kesantokäsittelyillä ensimmäisen vuoden jälkeen. Tarhamehiläinen oli runsas niittykasvikäsittelyillä kahtena ensimmäisenä vuonna, mutta ei myöhempinä vuosina. Yksikään kimalaislaji ei ollut runsaampi pellonpientareilla kuin kesannoilla (Taulukko 5).



Kuva 6. Pelto-ohdakkeen peittävyys (+ keskihajonta) pitkäaikaisten viherkesantojen kokeen niitetyllä ja niittämättömällä käsittelyllä eri vuosina.

Taulukko 5. Runsaimmat pölyttäjähönteislajit ja niiden yksilömäärien kehitys pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa ja ympäröivillä pellonpientareilla.

Runsaimmat lajit	Havaittuja yksilöitä 2003-2006	Yksilöitiheys (yks/1000 m laskentalinjaa), 4 laskentaa kesässä Kesantokoekäsittelyt				Ympäröivät pellonpientareet			
		2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006
Kimalaiset									
<i>Bombus lucorum</i>	3273	429,0	65,5	5,8	38,3	5,6	3,6	1,2	6,0
<i>Bombus lapidarius</i>	783	12,7	23,8	53,0	33,0	7,2	4,8	2,0	5,2
<i>Bombus distinguendus</i>	364	0,3	38,5	6,8	11,8	1,2	2,8	2,0	1,6
<i>Bombus veteranus</i>	126	0,3	9,7	6,2	1,2	4,4	2,8	0,4	1,2
<i>Bombus ruderarius</i>	105	6,5	6,2	0	0,2	5,6	5,6	0	0
<i>Bombus hortorum</i>	66	0,8	4,5	1,5	1,5	2,0	1,2	1,2	2
<i>Bombus soroensis</i>	64	0,2	8,2	0,2	0,7	0	3,6	0	0
<i>Bombus subterraneus</i>	13	0	1,0	0,3	0,7	0	0	0,4	0
<i>Bombus hypnorum</i>	9	1,5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psithyrus</i> sp.	6	0,2	0	0	0,3	1,2	0	0	0
<i>Bombus pascuorum</i>	5	0,3	0,3	0	0	0	0,4	0	0
Tarhamehiläinen									
<i>Apis mellifera</i>	745	42,0	60,8	2,2	17,7	0	2,8	0,4	0,4
Päiväperhoset									
<i>Aphantopus hyperantus</i>	827	1,3	5,7	7,3	44,7	74,0	48,0	18,4	48,8
<i>Thymelicus lineola</i>	680	1,8	0,8	43,5	19,5	39,6	14,0	22,0	38,8
<i>Nymphalis io</i>	235	0	0,2	29,0	4,0	1,2	0	8,4	4,8
<i>Pieris napi</i>	230	1,5	0	19,8	4,8	3,2	2,8	12,0	11,2
<i>Nymphalis urticae</i>	199	1,5	1,8	6,0	10,8	4,4	2,8	4,0	20,0
<i>Brenthis ino</i>	162	0	0,2	2,0	2,0	3,2	4,4	11,2	36,0
<i>Coenonympha glycerion</i>	160	0	0,5	0,5	9,0	20,8	7,6	2,8	8,8
<i>Polyommatus amandus</i>	101	0,8	2,5	0,3	2,8	8,0	4,0	2,4	10,4
<i>Ochlodes sylvanus</i>	83	0	0,8	2,3	4,8	2,0	0,8	2,0	9,2
<i>Boloria selene</i>	58	0	0	0	6,5	4,0	0,4	0	3,2
<i>Vanessa cardui</i>	37	2,8	0,3	0,5	0,2	5,6	0	0	0
<i>Polyommatus icarus</i>	24	0	0,5	0	0	1,6	6,8	0	0
Muut suurperhoset									
<i>Scotopteryx chenopodiata</i>	921	0,3	7,7	61,8	40,8	30,8	50,8	9,2	12,0
<i>Euclidia glyphica</i>	408	0,3	8,0	11,3	27,0	14,8	12,8	10,0	13,6
<i>Odezia atrata</i>	97	0	0	0	0	2,0	8,4	10,8	17,6
<i>Cryptocala chardinyi</i>	84	0	0	11,2	2,8	0	0	0	0
<i>Autographa gamma</i>	81	1,8	1,2	1,2	5,7	2,8	0,4	0	5,6
<i>Xanthorhoe montanata</i>	59	0	0,2	0,5	4,5	3,6	0,4	2,0	5,2
<i>Polypogon tentacularius</i>	49	0	0	0	0,3	6,8	4,0	2,0	6,0
<i>Chiasmia clathrata</i>	41	0	1,3	0,5	1,2	5,6	1,2	0,8	1,6
<i>Siona lineata</i>	35	0	0,3	0,7	0,8	0,8	1,6	3,2	4,0
<i>Ematurga atomaria</i>	22	0	0	0,3	0,3	2,8	1,2	1,2	2,0
<i>Scopula immutata</i>	11	0	0,7	0	0,2	0,8	0,8	0	0,8
<i>Scopula immorata</i>	9	0	0,3	0	0,2	0,4	0,8	0	1,2

Perhosten yksilömäärät kesannoilla pysyttelivät alhaisella tasolla kahden ensimmäisen vuoden ajan, mutta kasvoivat selvästi kahtena viimeisenä vuonna. Useat elinympäristövaatimuksiltaan vaatimattomat pellonpientareiden lajit runsastuivat kesannoilla tasaisesti ja olivat neljäntenä kesannointivuonna hyvin todennäköisesti muodostaneet lisääntyvän paikallisen kannan kesantokoealueille. Tällaisia lajeja olivat päiväperhosista toukkavaiheessa heinillä elävät tesmaperhonen (*Aphantopus hyperantus*), idänniittyperhonen (*Coenonympha glycerion*) ja lauhahiipijä (*Thymelicus lineola*), sekä muista suurperhosista pihamittari (*Scotopteryx chenopodiata*) ja niittoyökkönen (*Euclidia glyphica*). Myös toukkana nokkosella elävä nokkosperhonen (*Nymphalis*

urticae) ja neitoperhonen (*Nymphalis io*) esiintyivät kahtena viimeisenä koevuonna runsaina kesantokäsittelyiden mesikasveilla.

Osa pelloipientareiden runsaslukuisista perhosista ei juurikaan tavattu kesantokoealueilla. Tällaisia päiväperhoslajeja olivat esimerkiksi angervohopeatäplä (*Brenthis ino*) ja hopeasinisiipi (*Polyommatus amandus*) sekä muista suurperhosista nokimittari (*Odezia atrata*) ja kasteyökkönen (*Polypogon tentacularius*). Neljän vuoden kesannoinnin jälkeenkin useimmat perhoslajit esiintyivät runsaampina tai yhtä runsaina pelloipientareilla kuin kesannoilla. Suurin poikkeus oli kaunoyökkönen (*Cryptocyba chardinyi*), jonka kaikki 84 yksilöä havaittiin kesannoilta kokeen kahtena viimeisenä vuonna.

Tulosten tarkastelu

Koekäsittelyiden vaikutukset

Koetulokset osoittivat viherkesannoilla voivan olla huomattava merkitys pölyttäjähönteisille, mutta myös niiden merkityksen vaihtelevan suuresti käytettävästä siemenseoksesta ja kesannon kestoajasta riippuen. Molemmissa kenttäkokeissa viherkesantojen hyödyt pölyttäjähönteisille kasvoivat, kun niiden perustamisessa käytettiin heikommin kilpailevien heinien siemeniä. Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeen niittykasvikäsittely osoitti, että mesikasvien sisällyttäminen kesannon perustamisessa käytettävään siemenseokseen kasvattaa huomattavasti kesantojen merkitystä pölyttäjille. Kylvetyistä mesikasveista hunajakukka ja ruisvirna menestyivät hyvin niittykasvikäsittelyillä kahtena ensimmäisenä vuonna, ja myöhemminä vuosina menestyi erityisesti ahdekaunokki. Nämä olivat myös pölyttäjien suosimia mesikasveja.

Ennako-odotusten mukaisesti pölyttäjät runsastuivat viherkesannon kestoajan kasvaessa molemmissa kenttäkokeissa. Lyhytaikaisten kesantojen kokeen pölyttäjämäärät olivat alhaisia ensimmäisenä kesänä kylvämätöntä sänkikesantoa lukuun ottamatta, mutta toisena kesänä pölyttäjät runsastuivat voimakkaasti niille suotuisilla viherkesantokäsittelyillä. Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeessa pölyttäjien monimuotoisuus oli suurin kokeen viimeisenä eli neljäntenä vuonna. Kimalaiset runsastuivat viherkesannoilla jo kahtena ensimmäisenä vuonna, mutta perhosten yksilömäärät kasvoivat suuriksi vasta kolmantena ja neljäntenä vuonna. Perhosten hitaampi reaktio liittyy niiden riippuvuuteen toukkien ravintokasveista. Kimalaisten nopeaa reaktiota selittää niiden erikoistuminen mettä ja siitepölyä tuottavien kasvien käyttöön.

Viherkesannon perustaminen suojaviljaan tuotti vähemmän pölyttäjiä houkuttelevan kasvillisuuden kuin kesannon kylväminen ilman suojaviljaa. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että rikkakasvien taimettuminen oli vaikeampaa suojaviljaan perustetuilla kuin ilman suojaviljaa perustetuilla viherkesannoil-

la. Pitkääikaisten viherkesantojen hoito vuosittain niittämällä ilman korjuuta ei merkittävästi vaikuttanut kesantojen pölyttäjämääriin, mutta niitto ehkäisi sekä rikkakasvina että pölyttäjien ravintokasvina merkittävän pelto-ohdakkeen runsastumista.

Kenttäkokeiden tulokset ovat samansuuntaisia kuin aiempien, lähinnä ulko- mailla tehtyjen kesantotutkimusten tulokset (Corbet 1995, Van Buskirk & Willi 2004). Pääosa aiemmista tutkimuksista on kuitenkin perustunut erilaisen laajemmalla alueella olemassa olevien kesantojen lajiston havainnointiin (Steffan-Dewenter & Tschardtke 1997, 2001) eikä kontrolloituun koeasetelmaan. Aiempia kesantokokeita ei myöskään ole toteutettu pölyttäjähönteisten kannalta riittävän suuressa mittakaavassa. Näistä syistä johtuen nyt tehdyt kokeet tuottivat viherkesantojen vaikutuksista pölyttäjiin luotettavampaa tietoa kuin aikaisemmin on ollut tarjolla.

Lyhyt- ja pitkäaikaisten kesantojen hyödyt

Kahden kenttäkokeen tulosten vertailu osoittaa, että yli kahden vuoden pituinen kesannointi tuottaa pölyttäjille selvästi enemmän hyötyjä kuin lyhytaikaisempi kesannointi. Pitkäaikainen kesannointi mahdollistaa esimerkiksi päiväperhosten ja monien muiden toukkavaiheessa kasveilla elävien hönteisten ja niitä syövien petojen paikallisten kantojen syntymisen kesannolle. Tätä voidaan pitää perusteena pitkäaikaisten viherkesantojen tukemiselle taloudellisesti esimerkiksi maatalouden ympäristötuen avulla.

Koetulosten perusteella olisi huomattavasti edullisempää pölyttäjähönteisille säilyttää viherkesanto samalla loholla kahden kuin vain yhden vuoden ajan. Pölyttäjäpalveluiden turvaamiseksi ja myös pitkäaikaisen viljelytuloksen kannalta tämä voi olla kannattava ratkaisu (Klein ym. 2007), sillä pölyttäjinä taloudellisesti tärkeiden kimalaisten runsaus oli suurimmillaan jo kaksi vuotta vanhoilla kesannoilla. Viljelykierrossa olevien kesantojen merkitys luonnon monimuotoisuudelle on suuri erityisesti intensiivisesti viljellyillä maatalousalueilla, joilla puoliluonnontilaisia avoimia elinympäristöjä on vähän (Tschardtke ym. 2005).

Kesantojen ja pientareiden erilaiset pölyttäjäyhteisöt

Tutkimuksessa paljastui selviä eroja kimalaisten ja perhosten välillä suhteessa viherkesantoihin ja pellonpientareisiin. Kimalaiset olivat huomattavasti perhosia tehokkaampia hyödyntämään kesantojen tarjoamia uusia elinympäristöjä ja ravintoresursseja, sillä suurehkoja määriä kimalaisia ilmaantui kesannoille hyvin nopeasti sen jälkeen, kun runsaslukuisia mesikasveja alkoi kukkia. Äärimmäisenä esimerkkinä pitkäaikaisten viherkesantojen kokeen

niittykasvikäsittelyillä ensimmäisenä kesänä erittäin runsaana kukkinut hunajakukka keräsi kukilleen todennäköisesti suuren osan kesantokokeen lähialueilla pesivistä kimalaisista ja tarhamehiläisistä. Samaan aikaan perhosten määrät pysyttelivät kesantokoetta ympäröivillä pientareilla selvästi korkeammalla tasolla kuin kokeen niittykasvikäsittelyillä.

Pitkäaikaisten viherkesantojen kokeen suurimmat kimalaisten laji- ja yksilömäärät havaittiin kokeen kahtena ensimmäisenä kesänä, kun taas perhoset runsastuivat kunnolla vasta kolmantena kesänä. Tulos liittyy kimalaisten perhosia suurempaan liikkuvuuteen: ne voivat hakea ravintoa melko kaukaakin pesästään silloin, kun kauempana on hyviä ravinnonlähteitä tarjolla (Walther-Hellwig & Frankl 2000, Gathmann & Tschardt 2002). Perhoset pysyttelevät tyypillisesti lisääntymisympäristössään, jossa kasvaa niiden toukkien ravintokasveja, ja ruokailevat siellä tarjolla olevilla mesikasveilla (Ehrlich 1984). Onkin todennäköistä, että perhosten yksilömäärien voimakas lisääntyminen kokeen kolmantena ja neljäntenä vuonna, oli seurausta paikallisten perhoskantojen syntymisestä kesantokoealueelle. Tarhamehiläisten runsaudet vaihtelivat kesantokoekäsittelyillä odotetusti hyvin samansuuntaisesti kimalaisten runsauden kanssa.

Viherkesannot ympäristötuessa

Viherkesantojen sisällyttäminen maatalouden ympäristötukijärjestelmään vuonna 2007 alkaneella tukikaudella ja etenkin tukiehtojen vaatimus viherkesannon säilyttämisestä samalla paikalla vähintään kahden kasvukauden ajan on koetulosten pohjalta perusteltu ja luonnon monimuotoisuutta edistävä ratkaisu. Samalla on kuitenkin huomattava, että tyypillisesti nykyisiä viherkesantoja ei perusteta monimuotoisuuden kannalta suotuisilla siemenseoksilla, vaan voimakkaasti kilpailevilla heinä- ja apilalajeilla. Tyypillisesti nämä muodostavat hyvin tiheän, muun kasvillisuuden kasvun estävän kasvuston ja johtavat yleensä alhaisiin pölyttäjälaji- ja -yksilömääriin.

Monimuotoisuuden edistämisen kannalta olisikin perusteltua suunnata lisätukea monimuotoisuutta edistävien siemenseosten käytölle ja kahta vuotta pitkäaikaisempien viherkesantojen perustamiselle esimerkiksi perustuen lisätoimenpiteenä tai erityistuen osana. Parhaiten pölyttäjähönteisiä houkuttelevat koekäsittelyt oli kylvetty tavallista heikommin kilpailevilla heinälajeilla. Kaikkein parhailla pölyttäjäkäsittelyillä oli heinän lisäksi kylvetty mesikasvien siemeniä. Koetulosten perusteella myös yksivuotinen kesanto edistää monimuotoisuutta, mikäli se jätetään syksyn sadonkorjuun jälkeen muokkaamatta sängelle ja annetaan kasvillisuuden kehittyä itsestään.

Kirjallisuus

- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., Cox, P.A., Dalton, V., Feinsinger, P., Ingram, M., Inouye, D.W., Jones, C.E., Kennedy, K., Kevan, P., Koopowitz, H., Medellin, R., Medellin-Morales, S., Nabhan, G.P., Pavlik, B., Tepedino, V., Torchio, P. & Walker, S. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8-17.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Benton, T., Vickery, J. & Wilson, J. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18: 182-188.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemueller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351-354.
- Bäckman, J-P.C., Huusela-Veistola, E. & Kuussaari, M. 2004. Pientareiden ja suojakaistojen selkärangattomat eläimet. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing. s. 128-146.
- Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F., Goulson, D. & Nowakowski, M. 2007. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *Journal of Applied Ecology* 44: 29-40.
- Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F. & Nowakowski, M. 2004. The response of foraging bumblebees to successional change in newly created arable field margins. *Biological Conservation* 118: 327-339.
- Corbet, S.A. 1995. Insects, plants and succession: advantages of long-term set-aside. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 53: 201-217.
- Dover, J., Sotherton, N. & Gobbett, K. 1990. Reduced pesticide inputs on cereal field margins: the effects on butterfly abundance. *Ecological Entomology* 15: 17-24.
- Ehrlich, P.R. 1984. The structure and dynamics of butterfly populations. Teoksessa: Vane-Wright, R.I. & Ackery, P.R. (toim.). *The biology of butterflies*. London: Academic Press. s. 25-40.

- Feber, R.E. & Smith, H. 1995. Butterfly conservation on arable farmland. Teoksessa: Pullin, A.S. (toim.). Ecology and conservation of butterflies. London: Chapman & Hall. s. 84-97.
- Gathmann, A. & Tschardtke, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. Journal of Animal Ecology 71: 757-764.
- Goulson, D., Hanley, M.E., Darvill, B. & Ellis, J.S. 2006. Biotope associations and the decline of bumblebees (*Bombus* spp.). Journal of Insect Conservation 10: 95-103.
- Heliölä, J. & Kuussaari, M. 2005. Linjalaskenta perhosten tutkimusmenetelmänä. Baptria 30: 58-60.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tschardtke, T. 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. Journal of Applied Ecology 44: 41-49.
- Hyvönen, T. 2007. Kesantojen kasvilajiston monimuotoisuus ja siemenravinnon tuotto linnuille. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 13-25.
- Kivinen, S., Luoto, M., Kuussaari, M. & Helenius, J. 2006. Multi-species richness of boreal agricultural landscapes: effects of climate, biotope, soil and geographical location. Journal of Biogeography 33: 862-875.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tschardtke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society of London, Series B 274: 303-313.
- Kuussaari, M. & Heliölä, J. 2004. Perhosten monimuotoisuus eteläsuomalaisilla maatalousalueilla. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seurantatutkimus 2000-2003. Suomen ympäristö 709. s. 44-81.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Pöyry, J. & Saarinen, K. 2007. Contrasting trends of butterflies preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe. Journal of Insect Conservation, doi.10.1007/s10841-006-9052-7.
- Pollard, E. & Yates, T.J. 1993. Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation. London: Chapman & Hall.

- Pywell, R.F., Warman, E.A., Carvell, C., Sparks, T.H., Dicks, L.V., Bennett, D., Wright, A., Critchley, C.N.R. & Sherwood, A. 2005. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation* 121: 479-494.
- Pywell, R.F., Warman, E.A., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T.H., Critchley, C.N.R. & Sherwood, A. 2006. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation* 129: 192-206.
- Pöyry, J., Heliölä, J., Rytteri, T. & Alanen, A. 2004. Perinnebiotooppien lajiston uhanalaistuminen. Teoksessa: Tiainen, J. Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing. s. 220-233.
- Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2006. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43: 1121-1127.
- de Snoo, G.R., van der Poll, R.J. & Bertels, J. 1998. Butterflies in sprayed and unsprayed field margins. *Journal of Applied Entomology* 122: 157-161.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S.G. & Packer, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 651-652.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 1997. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* 109: 294-302.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. 2001. Succession of bee communities on fallows. *Ecography* 24: 83-93.
- Tschardtke, T., Klein, A-M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- Vaittinen, M. 2004. Erialaisten elinympäristöjen merkitys päiväaktiivisten perhosten monimuotoisuudelle maatalousympäristössä. Pro gradu – tutkielma, Joensuun yliopisto.
- Van Buskirk, J. & Willi, Y. 2004. Enhancement of farmland biodiversity within set-aside land. *Conservation Biology* 18: 987-994.
- Walther-Hellwig, K. & Frankl, R. 2000. Foraging distances of *Bombus muscorum*, *Bombus lapidarius* and *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). *Journal of Insect Behavior* 13: 239-246.

Kesantojen merkitys pesimälinnustolle

Juha Tiainen¹⁾, Markus Piha²⁾ ja Ville Vepsäläinen²⁾

¹⁾Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, PL 2, 00791 Helsinki, juha.tiainen@rktl.fi

²⁾Luonnontieteellinen keskusmuseo, PL 17, 00014 Helsingin yliopisto, markus.piha@helsinki.fi, ville.vepsalainen@helsinki.fi

Tiivistelmä

Tämä artikkeli on katsaus työryhmämme tutkimuksiin, joiden perusteella voidaan arvioida kesantojen merkitystä linnustolle. Lisäksi artikkelissa hyödynnetään vastaavia ulkomaisia tutkimuksia. Suomen maatalousympäristöjen maisemarakenne on muuttunut suuresti maatalouden erikoistumisen sekä tuotannon ja maankäytön tehostumisen seurauksena. Nurmien ja laitumien niukentumisen vuoksi peltolohkojen välinen kasvustovaihtelu ja viljelykieron monipuolisuus ovat vähentyneet. Tämä on vaikuttanut merkittävästi lintuyhteisön koostumukseen ja eri lajien kantojen kehitykseen. Kesannot kompensoivat näitä elinympäristömenetyksiä.

Nimenomaan kesantojen merkitystä linnuille ei ole erikseen tutkittu. Tutkimusten lähestymistavat ja kysymyksenasettelut ovat poikenneet toisistaan, mutta niille on kuitenkin ollut yhteistä maisemarakenteen merkityksen analysointi. Kesannointia on harjoitettu pellonkäyttömuotona sekä itsenäisesti että osana laajempaa ruohomaiden kokonaisuutta, johon sisältyvät myös nurmet ja laitumet. Kesannoilla on osoitettu olevan merkitystä monille maatalousympäristön pesimälajeille. Hyötyviä lajeja ovat ainakin kiuru, niittykirvinen, pensastasku, töyhtöhyppä ja isokuovi sekä mahdollisesti peltosirkku. Eri lajit tosin hyötyvät lyhyt- ja pitkäaikaisista kesannoista eri tavoin. Kesannointi lisää lintuyhteisön lajimäärää, kokonaisrunsautta ja diversiteettiä.

Artikkelissa selvitetään tulosten ja osin julkaisemattomien havaintojen pohjalta myös kesantojen määrää, perustamistapaa ja hoitoa. EU-jäsenyyden aikana erilaisia kesantoja on ollut yli viidennes peltoalasta, kun mukaan luetaan muu viljelemätön peltoala. Kesantoalasta puolet koostuu lyhytaikaisista, kiertävistä CAP-kesannoista. Tilanne on ollut ilmeisen hyvä, sillä maatalousympäristön lintuyhteisön köyhtyminen näyttää pysähtyneen, vaikka jotkin lajit edelleen vähenevätkin. Luontaisesti syntyvät kesannot ovat lintujen kannalta parhaita, eikä kesantoja tulisi perustaa ainakaan siten, että kasvustoista muodostuu kovin tiheitä ja reheviä. Pitkäaikaisia kesantoja ei pitäisi erityisesti hoitaa, ja linnuille on eduksi, kun kesannoille kasvaa pensasryhmiä ja vähälaisia pensaikkoja. Lyhytaikaisia kesantoja voidaan hoitaa niittämällä, mutta niitto tulisi tehdä vasta heinäkuun jälkeen, kun lintujen pesintäkausi on ohi.

Avainsanat: kesanto, kesannointi, linnut, elinympäristö, elinympäristökompensointi, diversiteetti, monimuotoisuus

Importance of set-asides for breeding farmland birds

Juha Tiainen¹⁾, Markus Piha²⁾ and Ville Vepsäläinen²⁾

¹⁾Finnish Game and Fisheries Research Institute, P. O. Box 2, FI-00791 Helsinki, juha.tiainen@rktl.fi

²⁾Finnish Museum of Natural History, P. O. Box 17, FI-00014 University of Helsinki, markus.piha@helsinki.fi, ville.vepsalainen@helsinki.fi

Abstract

Importance of set-asides for breeding farmland birds is reviewed on the basis of our research into determination by landscape factors of the assemblage composition and abundance and changes of individual species. The landscape structure of Finnish farmland has greatly changed as a result of agricultural specialization and diversification, and increasing efficiency of production and land-use. Decline of animal husbandry and, consequently, amount of grassland has led to decreasing crop variation among fields and breadth of crop rotation. The breeding bird assemblage has responded with great changes of most of species during former decades. During the past decade, set-asides have compensated former losses of grass crops.

The importance of set-asides for birds has not been addressed specifically, but set-asides (separately or as a part of grassland) have been one of the factors used in many analyses of the effects of landscape structure on birds. The set-asides play a role in determination of occurrence and abundance of many species, including the skylark, meadow pipit, whinchat, ortolan bunting, lapwing and curlew, but the species differentially make use of short-term and long-term set-asides. Set-asideing increases the number of species, total abundance and diversity of the assemblage or its functional subsets.

The amount, method of foundation and management of set-asides is assessed on the basis published results and unpublished observations. During the Finnish membership in the EU, different kinds of set-asides have occupied over a fifth of Finnish farmland (non-cultivated field area of agricultural statistics included), and half of that has been rotational. This proportion has obviously been satisfying as it seems that the former negative development of the entire bird assemblage has ceased although some species are still declining. Naturally regenerating vegetation seems be most favourable for birds; foundation with sowing should not result in a dense sward. Long-term set-asides need no special management, and allowance of bushes benefits birds. Short-term set-asides can be managed by mowing, but this should not be done before August to secure breeding success of birds.

Key words: short-term rotational set-aside, long-term set-aside, habitat loss, habitat compensation, species number, abundance, species diversity, amount of set-aside, foundation of set-aside, management of set-aside

Johdanto

Peltojen kesannointiohjelmat on alun perin perustettu vähentämään maatalouden ylituotantoa. Meillä ensimmäinen laaja kesannointiohjelma oli peltonvaraustoiminta, jonka puitteissa tehtiin jopa 15-vuotisia kesannointisopimuksia vuosina 1969–74. Samaan aikaan tiloilla oli muitakin kesantoja. Peltoja oli kesannolla enimmillään 10 % peltoalasta vuonna 1973 ja yli 8 % koko 1970-luvun aikana. Pellonvaraussopimukset raukesivat vähitellen niin, että vuonna 1985 kesantoja oli enää yhteensä 4 %. Valtiovalta yritti ohjaustoimillaan innostaa viljelijöitä tekemään edelleen kesannointisopimuksia, ja kesantoala nousikin 8–9 prosenttiin vuosina 1989 ja 1990. Vuosina 1991–94 pääosa viljelijöistä velvoitettiin kesannoimaan vähintään 15 % peltoalastaan, ja koko kesantoala oli noina vuosina peräti 21–23 %. EU-jäsenyyden aikana kesantoja on ollut lähes yhtä paljon; puolet on ollut lyhytaikaista velvoite- ja puolet pitkäaikaista sopimuskesantoa tai muuta viljelemätöntä peltoa.

Maatalousympäristön pesimälinnuston viime vuosikymmeninä tapahtuneet muutokset ovat liittyneet moniin maatalouden erikoistumisesta ja tehostumisesta aiheutuneisiin muutoksiin, joista tärkeimpiä on ollut nurmi- ja laidunkiertoon liittyvä useampivuotisten heinäkasvikasvustojen häviäminen (Tiainen 2004, Tiainen ym. 2004). Koko maan mittakaavassa laidunten ja nurmikasvien osuus peltoalasta on pudonnut 1960-luvun yli puolesta 2000-luvun runsaaseen neljännekseen, mutta Uudellamaalla ja Varsinais-Suomessa osuus on vielä paljon tätäkin pienempi (n. 13 % 2005 ja 2006).

Kesannot ovat kompensoineet karjatalouden vähenemiseen liittynyttä elinympäristöjen menetystä. Ne ovat myös olleet tärkein yleisestä maatalouden tuotannon ja maankäytön tehostumisesta johtuvaa elinympäristöjen huonontumista kompensoivista tekijöistä. Tämän kirjoituksen tarkoitus on olla katsaus niihin lintuekologisiin tutkimuksiimme, jotka osoittavat kesantojen merkitystä.

Kesantojen (set-aside) merkitystä eri lajiryhmien lajimäärälle ja lajien runsaudelle on maailmalla tutkittu laajasti. Van Buskirk ja Willi (2004) tekivät meta-analyysin 127 tutkimuksen perusteella. Heidän analyysinsä osoitti, että lintujen (samoin kuin hyönteisten, hämähäkkieläinten ja kasvien) lajimäärä oli suurempi kesannoilla kuin läheisillä ilman kesantoja viljellyillä pelloilla. Tulokset eivät ole täysin kiistattomia, koska eri alueilla kesannot olivat hyvin erilaisia perustamistapansa ja hoitonsa suhteen (Kleijn & Baldi 2005). Englannissa tehdyissä tutkimuksissa lintujen runsaus oli selvästi suurempi kesannoilla kuin viljapelloilla tai edes nurmilla, ja runsaus oli suurempi kiertävillä kesannoilla kuin pitkäaikaisilla kesannoilla (Henderson ym. 2000a, b).

Omissa tutkimuksissamme kesantoja on tarkasteltu yksittäisiä peltolohkoja laajemmassa mittakaavassa ja osana maisemarakennetta.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimustemme aineistot on kerätty maatalousympäristön pitkäaikaisten seurantojen sekä maatalouden ympäristöohjelman vaikutusten arviointitutkimuksen (Luonto-MYTVAS2) yhteydessä (Tiainen & Pakkala 2000, 2001, Tiainen ym. 2007, 2008). Aineisto käsittää noin 90 000 paikkatietokannassa olevaa lintureviiriä 2000-luvulta sekä 1980- ja 1990-luvuilta noin 30 000 reviiriä, joita ei ole vielä tallennettu paikkatietojärjestelmään. Vuosittain lintu on laskettu vähintään noin 1300 hehtaarin ja enimmillään yli 10 000 hehtaarin alueelta. Tutkimusalueista suunnilleen neljä viidesosaa on ollut peltoja ja loput muuta maatalousympäristöä (viljelemättömiä kuvioita, saarekkeitä, reuna-alueita, pihapiirejä). Elinympäristötieto on saatu TIKE:n peltolohkorekisteristä, CORINE-tietokannasta, satelliitti- ja ilmakuvilta sekä omista maastossa laskentojen yhteydessä rekisteröidyistä havainnoista.

Aineistoja on analysoitu useiden Pihan (2007) ja Vepsäläisen (2007) väitöskirjoihin kuuluvien tutkimusten yhteydessä (Piha ym. 2003, 2007a, b, Vepsäläinen ym. 2005a, b, 2007a, b). Näiden töiden lisäksi esittelemme yhden katsausartikkelin tuloksia (Tiainen ym. 2001). Aineistojen ja analyysimenetelmien tarkemman esittelyn jätämme alkuperäisartikkeleihin. Analyysit on tehty erilaisissa alueellisissa mittakaavoissa käyttäen yhtenäiskoordinaatioon (kkj3) perustuvia hiloja tai kokonaisia peltoaukeita. Koska käsittelyyksiköt ovat monissa mallinnustöissä sijainneet toistensa naapuruudessa, on spatiaaliset autokorrelaatiot otettu huomioon.

Tulokset

Eri töissämme olemme tutkineet maatalousympäristön maisemarakenteen vaikutusta lintupopulaatioiden esiintymiseen, runsauteen ja dynamiikkaan sekä lintuyhteisön koostumukseen. Maisemarakenteen ominaisuudet ovat käsittäneet maankäytön muuttujia (mm. peltolohkojen kasvustot), geometrisia muuttujia (kuvioiden lukumäärä, etäisyys metsän tai asutuksen reunasta) sekä lineaarisia ja pistemäisiä muuttujia (mm. ojat, tiet, ladot). Yhtenä pellonkäyttömuuttujana on yleensä ruohomaa, joka käsittää erilaiset kesannot (mukaan lukien maataloustilastojen muun viljelemättömän peltoalan), nurmet ja laitumet. Joissain analyyseissä kesannot on erotettu muista ruohomaista.

Vepsäläinen ym. (2007b) tutkivat maisemarakenteen merkitystä aitojen peltolintujen ja reuna- ja pensaikkolintujen kannalta (alueyksikkönä oli 25 hehtaarin ruutu). Tutkimusalueilla, joiden kokonaispinta-ala oli 9200 ha, oli 1560 ha laitumia ja nurmia ja 370 ha kesantoja (19 % ruohomaiden alasta). Kesannot vaikuttivat merkittävästi positiivisesti lintuyhteisön (19 lajia) kokonaislajimäärän ja aitojen peltolintujen lajimäärään, mutta eivät reunalajien lajimää-

rään. Nurmi- ja laidunkierrossa olevat peltolohkot vaikuttivat lajimäärien lisäksi merkittävästi aitojen peltolintujen runsauteen.

Vepsäläinen ym. (2007b) tekivät lintuyhteisölle sekä epäsuoran¹ että suoran² ordinaatioanalyysin. Molemmassa ensimmäinen akseli järjести lajit jatkumolle aukeasta peltoympäristöstä metsänreunaympäristöön ja toinen akseli maisemarakenteen heterogeenisyyden perusteella. Epäsuorassa ordinaatioanalyysissä laidun- ja nurmialueet olivat merkitsevä selittävä tekijä, mutta kesannot eivät. Nurmien ja laitumien määrä korreloi aukeuden, oijen, kevätiljoiden ja ylipäätään peltojen määrän kanssa. Nämä tekijät korreloivat kiurun, töyhtöhyypän, kivitaskun, pensastaskun ja niittykirvisen runsauden kanssa positiivisesti ja reunalajien runsauden kanssa negatiivisesti. Suorassa ordinaatioanalyysissä sekä kesannot että muut ruohomaat olivat merkitseviä selittäjiä. Niiden vaikutussuunta oli samantapainen, ja ne korreloivat positiivisesti myös oijen määrän kanssa. Erityisesti kesantojen kanssa positiivisesti korreloivia lajeja olivat isokuovi, pensastasku, töyhtöhyypä, keltavästäräkki ja niittykirvinen sekä oijen kautta ruokokerttunen ja pajusirkku.

Piha ym. (2007b) tutkivat 6,25 hehtaarin ruutuja käyttäen luomuviljelyn merkitystä aidoille peltolinnuille ja avoimilla ojanvarsilla eläville linnuille. Tutkimusalueiden kokonaisala oli kahtena vuonna 2044 ja 2606 ha, josta ruohomaita oli 28,4 ja 32,8 %. Ruohomaiden määrä selitti molempina tutkimusvuosina merkittävästi (positiivisesti) niin lintuyhteisön kokonaislajimäärää, runsautta kuin diversiteettiäkin ja toisena vuonna lisäksi biomassakin. Sen lisäksi ruohomaat selittivät merkittävästi (positiivisesti) viidestä erikseen tutkitusta (runsaimmasta) lajista kiurun, niittykirvisen ja pensastaskun, mutta eivät peltosirkun tai töyhtöhyypän runsautta.

Yksittäisistä tarkemmin tutkituista lajeista ruohomaat selittivät erittäin selvästi kiurun runsautta ja dynamiikkaa. Elinympäristöä valitessaan kiurut suosivat ruohomaita ja kesantoja: niiden tiheys oli suurempi ruohomailla kuin muilla peltotyypeillä, niiden peltoaukeakohtainen tiheys kasvoi ruohomaiden määrän kasvaessa, niiden runsausvaihtelut seurasivat kesantojen määrän vaihtelua ja niiden pesimistulos oli parempi kesannoilla kuin muilla peltotyypeillä (Haukioja ym. 1985, Norrdahl 1990, Tiainen ym. 2001, Piha ym. 2003). Vakuuttavimman tuloksen kesantojen merkityksestä esittivät Piha ym. (2007a): 20-vuotisessa aikasarjassa (Lammi 1984–2003, 1120 hehtaarin vakiolaskenta-alueet) ruohomaiden vuosittainen määrällinen vaihtelu selitti kiurun runsausvaihteluita erittäin hyvin (yhdessä edellisen pesimäkauden ja

¹ DCA, detrended correspondence analysis; ordinaatio kohdistuu lajeihin, joiden sijainnille ordinaatiossa haetaan tulkinta sovittamalla ympäristötekijät siihen jälkikäteen.

² RDA, redundancy analysis; ympäristötekijät määräävät lajien sijainnin ordinaatiossa, haetaan suoraan samanaikaisesti analyysissä olevien lajien ja ympäristötekijöiden lineaarisia kombinaatioita.

edellisen talven sääolojen ja populaation sisäisten säätelytekijöiden kanssa). Ruohomaiden runsauden vuosivaihtelu johtui pääasiassa kesantojen määrän vaihteluista. Myös brittiläisissä ja sveitsiläisissä tutkimuksissa kesannot olivat kiurun avainbiotooppeja (Donald ym. 2001, Vickery & Buckingham 2001, Weibel ym. 2001, Wilson 2001).

Muita lajeja, joiden elinympäristön valintaa tutkittiin tarkemmin, olivat peltosirkku ja pikkuvarpunen. Näistä peltosirkku kuuluu parin viime vuosikymmenen aikana voimakkaimmin taantuneisiin lintulajeihimme, kun taas pikkuvarpunen on yksi menestyksekkäimmistä (Väisänen 2006).

Tutkittaessa peltosirkun esiintymiselle tärkeitä elinympäristön piirteitä vuosien 1984–2002 Lammilta kerätystä aineistosta ennen kannan romahdusta, sen aikaan ja sen jälkeen eri alueellisissa mittakaavoissa (reviiritasolta maisema-alueelle) eivät kesannot tai nurmet tai laitumet nousseet ainoassakaan mallissa (logistinen regressioanalyysi) merkitseviksi tekijöiksi (Vepsäläinen ym. 2005a, 2007a). Sen sijaan keväällä kasvipeitteettömän pellon osuus (samoin kuin pensaita ja puita kasvavien ojanvarsien ja puukujanteiden määrä) oli kaikissa malleissa merkitsevä (lisäksi avoimien ojien, latojen ja muiden pistemäisten kohteiden sekä pienten, yli 0,4 hehtaarin saarekkeiden määrät olivat merkitseviä esiintymistä selittäviä tekijöitä lähimittakaavassa ja teiden määrä ja peltoaukean koko maisema-alueen mittakaavassa). Maatalousympäristön lintulaskentojen kenttätyön yhteydessä on havaittavissa, että peltosirkut suosivat varhain saapumisensa jälkeen paitsi kasvipeitteettömiä peltoja, myös rikkakasvistoisia sänkikesantoja, joiden maanpinta on osin paljas (julkaisematon).

Pikkuvarpusen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä tutkittiin niin ikään Lammilta vuosina 1984–2002 kerättyä aineistoa (25 hehtaarin ruutukoko) käyttäen. Mitkään maankäyttökijät eivät selittäneet lajin esiintymistä tai runsastumista; esiintymistä 25 hehtaarin ruuduissa tai uuden ruudun asuttamista selittivät vain varpusen esiintyminen (yhteinen maaseutuelinympäristö), pikkuvarpusen esiintyminen naapuriruudussa sekä ihmisasutus (Vepsäläinen ym. 2005b). Pikkuvarpusen menestystä selittää ilmeisesti talviravinnon hyvä saatavuus ruokintapaikoilla sekä soveliaat pesäpaikat, mutta ei esimerkiksi kesannointi, mikä oli vastoin odotuksia.

Tarkastelu

Tutkimuksissamme maatalousympäristön linnuston esiintymistä, runsautta, lajimäärää ja diversiteettiä selitettäessä on kesannot sekä viljelyssä olevat ruohomaat eli laitumet ja nurmet useimmiten yhdistetty yhdeksi peltojen käyttöluokaksi. Kesannot sekä laidun- ja nurmikierrossa olevat lohkot ovat lintujen kannalta erilaisia, mutta tähänastisissa analyyseissä erojen merkitystä ei ole tutkittu lukuun ottamatta yhteisöanalyysia maisemarakenteen vaikutus-

sista; siinä sekä kesannoilla että nurmilla oli erikseen vaikutuksensa aitojen peltolintujen kokonaislajimäärään ja -runsauteen sekä muutamien yksittäisten lajien runsauteen (Vepsäläinen ym. 2007b). Kesantojen, laitumien ja nurmien erilaisuus lintujen kannalta liittyy niiden kasvuston tiheyteen ja korkeuteen sekä maatöiden aiheuttamiin häiriöihin (Henderson ym. 2000a, b). Siten myös eri tavoin perustetut ja eri-ikäiset kesannot ovat eri lintulajien kannalta eriarvoisia.

Henderson ym. (2000a, b) osoittivat kesantojen hyödyttävän niin kahlaajia, peltokanalintuja, kyyhkyjä kuin varpuslintujakin. Vickery ja Buckingham (2001) arvioivat kesantojen merkitystä brittiläisille kiuruille yhteenvetona suuresta määrästä aiemmin julkaistuja tutkimuksia. Kiurut suosivat selvästi kesantoja, ja kesantojen merkitys oli selvä myös alueellisella tasolla. Kiurut esiintyivät runsaina vain kesannoilla ja kevätilviljoilla, mutta eivät syysviljoilla (syysviljan viljely on laajalti syrjäyttänyt kevätilviljat). Talvella kiurut suosivat luontaisesti syntyneitä kesantoja sekä sänkiä (ohran sänki vehnän sänkeä suosivampi). Kiurujen suosima kesantotyyppi on kiertävä CAP-kesanto tai sopivasti hoidettu muunlainen kesanto. Kiurut eivät käytä talvella monivuotisia kesantoja tai kylvämällä perustettuja viherkesantoja. Kesällä kiurut suosivat kiertäviä kesantoja, mutta käyttävät myös tiettytyypisiä vanhempia kesantoja, joskaan vanhempien kesantojen valintaperusteita ei tunneta. Kesannot ovat muita peltoja parempi lisääntymisympäristö siksi, että kesannoilla on mahdollista pesiä pitempään, pesyekoko on suurempi ja pesien tuhoutuminen vähäisempää. Säännöllisempi esiintyminen, suurempi tiheys ja parempi poikastuotto johtuvat luultavasti siitä, että kesannoilla on enemmän rikkakasveja ja selkärangattomia eläimiä kuin viljapelloilla. Lisäksi kasvillisuus on aukkoisempaa, mikä helpottaa ravinnonsaantia ja pesintää.

Omien julkaisemattomien havaintojemme perusteella kiurut suosivat meilläkin nimenomaan kiertäviä CAP-kesantoja, luontaisesti syntyviä kesantoja sekä sänkipeltoja. Tiheät nurmikasvien kylvöllä perustetut viherkesannot eivät ole suotuisia elinympäristöjä. Kiurun esiintyminen monivuotisilla tiheäkasvustoisilla kesannoilla ei liioin ole erityisen runsasta, joskin ne tarjoavat suojakaistojen tavoin suojaisia pesäpaikkoja silloin, kun ympäristö on muuten tehokkaassa viljelykäytössä. Meillä syysviljat eivät ole kiurulle epäedullisia elinympäristöjä Britannian tavoin, koska meillä niiden kasvusto on keväällä ja pesimäaikana matala ja harva. Muista lajeista kiertävien ja monivuotisten kesantojen merkitys on töyhtöhyypälle ja peltosirkulle hyvin samanlainen kuin kiurulle. Vaikka kiuru, töyhtöhyppä ja peltosirkku eivät hyödy pitkäaikaisista kesannoista, monet avointen reunojen ja pensaikkojen lajit hyötyvät. Kasvillisuuden kehittyessä runsastuvat pensastasku ja pensas-sirkkalintu ja pensaiden ilmestyessä pensaskerttu ja pikkulepinkäinen.

Suomen maatalousympäristön linnustossa on tapahtunut viime vuosikymmenien aikana erittäin suuria muutoksia (Tiainen ym. 2004). Tärkeimpiä niitä selittäviä tekijöitä on maataloustuotannon erikoistumisesta johtuva maisema-

rakenteen mosaiikkimaisuuden vaihtelun vähentyminen. Kun nurmet ja laitumet eivät enää kuulu viljelykiertoon, vähenee peltolohkojen välinen vaihtelu. Samanaikaisesti peltolohkojen koko on kasvanut, jolloin myös erilaisten peltolohkojen välinen vaihtelu tapahtuu isommassa mittakaavassa kuin ennen. Koska linnut käyttävät useita erilaisia kasvustotyyppisiä ravinnonhankintaansa ja pesimäkiertonsa eri vaiheissa, kasvaa reviiirikoko, ja reviiiritiheys laskee, osa lajeista häviää (Glänzer ym. 1993, Schläpfer 1988, Herzon 2007). Kesantojen merkitys on siinä, että ne kompensoivat maatalouden erikoistumisesta ja viljelykierron yksinkertaistumisesta aiheutuvaa maisemarakenteen yksipuolistumista ja elinympäristökirjon vähenemistä.

Van Buskirk & Willin (2004) meta-analyysin mukaan lintujen (samoin kuin hyönteisten, hämähäkkieläinten ja kasvien) lajimäärä ja runsaus kasvoivat sitä enemmän, kuta suurempia kesannot olivat (vaihteluväli 0,4–65 ha). Kyse oli kuitenkin eri alueilla sijainneista kesantolohkoista, eikä lukuisten lähellä toisiaan sijaitsevien pienehköiden kesantojen merkityksestä verrattuna niiden yhteisalaa vastaavaan yksittäiseen kesantoon voitu tehdä päätelmiä. Lintujen lajimäärä väheni kesannon ikääntyessä, mutta kokonaisrunsaus kasvoi (van Buskirk & Willin 2004). Johtopäätös oli, että linnuston kannalta on hyödyllisintä, kun maisema-alueella on sekä lyhytikäisiä kiertäviä kesantoja että pitkäaikaisin sopimuksin perustettuja kesantoja. Julkaisemattomien havaintojemme perusteella tämä pätee erittäin hyvin myös Suomessa. Kesantojen perustamistapaan tulisi kiinnittää huomiota niin, että kasvustoista ei muodostu liian tiheitä ja reheviä.

Suosituksia

Kesantojen merkitys linnustolle on suuri, koska ne luovat vaihtelua ja elinympäristökirjoa avoimeen peltomaisemaan. Suomen peltolinnuston yleinen köyhtyminen, joka oli vallitsevana 1980- ja 1990-luvuilla, näyttää pysähtyneen, vaikka yksittäiset lajit voivatkin edelleen vähentyä (Tiainen ym. 2004, 2007, 2008). Alustavien analyysituloksien nojalla on ilmeistä, että kesannoinnilla on ollut suuri merkitys. Sekamaataloudessa nurmi- ja laidunala valtasi suunnilleen puolet peltoalasta (Tiainen 2004). Kesantojen määrä on EU-jäsenyyden aikana ollut runsas viidennes peltoalasta, josta puolet on ollut lyhytaikaisia CAP-kesantoja ja toinen puoli monivuotisia kesantoja tai muita viljelyn ulkopuolella olevia peltoja. Kesantojen alan on oltava tuntuva, jos halutaan, että sillä on merkitystä linnuston monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta, mutta vähimmäisalojen ilmaiseminen ei ole tällä hetkellä mahdollista.

Kesantojen sijainnilla on merkitystä. Aidot peltolinnut suosivat avointa peltomaisemaa, kun taas reuna- ja pensaikkolajit pienipiirteisempää maisemaa ja metsänreunan läheisyyttä (Vepsäläinen ym. 2007b). Koska on ilmeistä, että erityisesti aidot peltolinnut hyötyvät lyhytaikaisista kiertävistä kesannoista,

olisi suositeltavaa perustaa ne erityisesti avoimeen ympäristöön. Reuna- ja pensaikkolajit hyötyvät pitkäaikaisemmista kesannoista. Nämä tarjoavat kuitenkin pesimissuojaa myös niille lajeille, jotka eivät ruokaile tiheässä kasvustossa. Niinpä pitkäaikaisia kesantoja tulisi perustaa etenkin reunojen tuntumaan, mutta myös avoimeen peltoympäristöön. Jos kesantojen avulla halutaan edistää jonkun tietyn lajin suojelua, on sijoittelussa otettava huomioon sen tarpeet (Vickery & Buckingham 2001).

Kesantojen hoitotavat, jos niitä hoidetaan, ovat tärkeitä (Vickery & Buckingham 2001). Pitkäkestoisten ja lyhytaikaisten kesantojen hoidon tulisi olla erilaista. Pitkäaikaisia kesantoja ei itse asiassa tulisi erityisemmin hoitaa lainkaan, ja esimerkiksi pensasryhmien ja pienialaisten pensaikkojen syntyminen on suotavaa, koska ne tarjoavat linnuille suojaa, tähystys- ja laulupaikkoja sekä kiintopisteitä. Lyhytaikaisia kesantoja voidaan niittää, mutta niittoa ei tule tehdä lintujen pesimäkaudella. Jotta lintujen poikastuotto (samoin kuin hyönteisten ja kasvien lisääntyminen) eivät menisi hukkaan, niitot tulisi siirtää elokuulle asti. Kevyt laidunnus on lintujen kannalta hyväksyttävää niin lyhyt- kuin pitkäaikaisillakin kesannoilla.

Kirjallisuus

- Buskirk, J. van & Willi, Y. 2004. Enhancement of farmland biodiversity within set-aside land. *Conservation Biology* 18: 987–994.
- Donald, P.F., Buckingham, D.L., Muirhead, L.B., Evans, A.D., Kirby, W.D. & Schmitt, S.I.A. 2001. Factors affecting clutch size, hatching rates and partial brood losses in skylark *Alauda arvensis* on lowland farmland. Teoksessa: Donald, P.F. & Vickery, J.A. (toim.). *The ecology and conservation of skylarks Alauda arvensis*. RSPB, Sandy, UK. s. 63–77.
- Glänzer, U., Havelka, P. & Thieme, K. 1993. Rebhuhn-Forschung in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt im Strohgäu bei Ludwigsburg. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 70: 1–108.
- Haukioja, M., Kalinainen, P. & Nuotio, K. 1985. Maatalouden vaikutus linnustoon. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A 34.
- Henderson, I.G., Cooper, J., Fuller, R.J. & Vickery, J.A. 2000a. The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. *J. Applied Ecology* 37: 335–347.
- Henderson, I.G., Vickery, J.A. & Fuller, R.J. 2000b. Summer bird abundance and distribution on set-aside fields on intensive arable farms in England. *Holarctic Ecology* 23: 50–59.
- Herzon, I. 2007. Ode to a skylark: agricultural intensification and farmland in the Baltic region. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.

- Kleijn, D. & Baldi, A. 2005. Effects of set-aside land on farmland biodiversity: comments on van Buskirk and Willi. *Conservation Biology* 19: 963–966.
- Norrdahl, K. 1990. Kiurun kaari (The rise and fall of Finnish skylarks). *Limnology* 25: 278–283.
- Piha, M. 2007. Spatial and temporal determinants of Finnish farmland bird populations. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Piha, M., Lindén, A., Pakkala, T. & Tiainen, J. 2007a. Linking weather and human induced habitat changes to population dynamics of a farmland passerine bird. – *Annales Zoologici Fennici* 44: 20–34.
- Piha, M., Pakkala, T. & Tiainen, J. 2003. Habitat preferences of the skylark *Alauda arvensis* in southern Finland. *Ornis Fennica* 80: 97–110.
- Piha, M., Tiainen, J., Holopainen, J. & Vepsäläinen, V. 2007b. Effects of land-use and landscape characteristics on avian diversity and abundance in a boreal agricultural landscape with organic and conventional farms. – *Biological Conservation* 140: 50–61.
- Schläpfer, A. 1988. Populationsökologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in der intensive genutzten Agrarlandschaft. *Orn. Beob.* 85: 309–371.
- Tiainen, J. 2004. Maatalousympäristön historia. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). 2004. Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 26–40.
- Tiainen, J., Ekroos, J., Holopainen, J., Piha, M., Rintala, J., Seimola, T. & Vepsäläinen, V. 2008. Maatalousympäristön linnuston muutos ympäristötukikaudella 2000–06. – Suomen ympäristö (painossa).
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2000. Maatalousympäristön linnuston muutokset ja seuranta Suomessa (Population changes and monitoring of farmland birds in Finland). *Linnut-vuosikirja 1999*: 98–105. (Finnish with English summary.)
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2001. Birds. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). *Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. BirdLife Finland Conservation Series 3*: 33–50.
- Tiainen, J., Pakkala, T., Piironen, J., Rintala, J. & Sirkiä, J. 2001. Long-term population development of skylarks *Alauda arvensis* in Finland. Teoksessa: Donald, P.F. & Vickery, J.A. (toim.). *The ecology and conservation of skylarks Alauda arvensis*. RSPB, Sandy, UK. s. 11–24.

- Tiainen, J., Piha, M., Piironen, J., Rintala, J. & Vepsäläinen, V. 2004. Maatalousympäristön pesimälinnusto. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 147–163.
- Tiainen, J., Rintala, J., Ekroos, J., Holopainen, J., Piha, M., Seimola, T. & Vepsäläinen, V. 2007. Suomen maatalousympäristön linnuston muutos 2000-luvulla (Recent trends of breeding farmland bird populations in Finland). – Linnut-vuosikirja 2006: 100–108. (Finnish with English summary.)
- Vepsäläinen, V. 2007. Farmland birds and habitat heterogeneity in intensively cultivated boreal agricultural landscapes. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2005a. Population crash of the Ortolan Bunting *Emberiza hortulana* in an agricultural landscape of southern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 42: 91–107.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2007a. Importance of breeding-groups on territory occupancy in a declining population of a farmland passerine bird. *Annales Zoologici Fennici* 44: 8–19.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T. & Tiainen, J. 2005b. Population dynamics and colonisation characteristics of the Tree Sparrow in the agricultural landscapes of southern Finland. *Ornis Fennica* 82: 117–128.
- Vepsäläinen, V., Tiainen, J., Holopainen, J., Piha, M. & Seimola, T. 2007b. Habitat heterogeneity and diverse cultivation benefit farmland birds in boreal cereal dominated agricultural landscapes. Lähetetty käsikirjoitus.
- Vickery, J.A. & Buckingham, D.L. 2001. The value of set-aside for skylarks *Alauda arvensis* in Britain. Teoksessa: Donald, P.F. & Vickery, J.A. (toim.). The ecology and conservation of skylarks *Alauda arvensis*. RSPB, Sandy, UK. s. 161–175.
- Väisänen, R.A. 2006. Maalinnuston kannanvaihtelut Etelä- ja Pohjois-Suomessa 1983–2005 (Monitoring population changes of 86 land bird species breeding in Finland in 1983–2005). Linnut-vuosikirja 2005: 83–98. (Finnish with English summary.)
- Weibel, U.M., Jenny, M., Zbinden, N. & Edwards, P.J. 2001. Territory size of skylarks *Alauda arvensis* on arable farmland in Switzerland in relation to habitat quality and management. Teoksessa: Donald, P.F. & Vickery, J.A. (toim.). The ecology and conservation of skylarks *Alauda arvensis*. RSPB, Sandy, UK. s. 177–187.
- Wilson, J.D. 2001. Foraging habitat selection by skylarks *Alauda arvensis* on lowland farmland during the nestling period. Teoksessa: Donald, P.F. & Vickery, J.A. (toim.). The ecology and conservation of skylarks *Alauda arvensis*. RSPB, Sandy, UK. s. 91–101.

2. Monimuotoinen viljely

Monimuotoisuutta erikoiskasvien viljelystä

Marjo Keskitalo¹⁾, Christian Eriksson²⁾, Kaija Hakala¹⁾, Arsi Ikonen²⁾, Saara Kaipainen¹⁾, Sirpa Kurppa¹⁾, Ansa Palojärvi¹⁾, Timo Pitkänen²⁾, Katriina Soini³⁾, Sirpa Thessler²⁾, Harri Turunen³⁾ ja Heli Takamaa³⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, marjo.keskitalo@mtt.fi

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Palveluyksikkö, 31600 Jokioinen

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

Tiivistelmä

Maatalouden tehostumisen on havaittu vaikuttavan pellolla elävien ja siellä ruokailevien luonnonvaraisten lajien vähenemiseen. Suomalaiselle pellon käytölle on tyypillistä kevätkylvöisten, yksivuotisten viljojen suuri osuus. Peltoluonnon ja sen ympäristön köyhtyminen johtuukin osittain viljeltävien kasvilajien vähentymisestä ja viljelykiertojen puutteesta. Yhden tai muuttaman viljelykasvin tuotantoon erikoistumalla on tavoiteltu kannattavuutta, mutta silloin juuri ympäristön kannalta mielekkäät kasvivaihtoehdot on karstittu usein pois.

Lisäarvoa monimuotoisesta kasvinviljelystä -tutkimus eli MONIKASVI etsi erikoiskasveista ratkaisuja tulevaisuuden kasvinviljelyyn. Tavoitteena oli tuottaa tietoa siitä, miten kasvinviljelyä voitaisiin erikoiskasvien avulla muuttaa monimuotoisemmaksi, niin että ympäristö, viljelijät ja kuluttajat huomioitaisiin paremmin.

Tutkimuksen mukaan erikoiskasvien viljelyn lisääntymisen voidaan odottaa parantavan monimuotoisuutta. Ainakin jotkin erikoiskasveista myös vähentävät ravinnehuuhtoumariskiä. Monivuotisten kasvien viljely näyttää olevan ympäristön kannalta yleensä edullisinta, koska niiden juurimassa on suuri ja kasvusto peittää maan pintaa pitkään. Yksivuotisten kaksisirkkaisten kasvien joukossa on myös ravinteita tehokkaasti sitovia ja pellon monimuotoisuutta lisääviä lajeja. Viljelykasvit eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan: niiden viljely jättää erilaisia jälkiä ympäristöön ja niiden vuorovaikutus ympäristön kanssa on erilaista. Siksi pellon ongelmakohtien kehittymisen ehkäisemiseksi ja hoitamiseksi tulisi kehittää erityyppisiä kasveja sisältäviä viljelykiertoja. Kehitystyötä viljelykasvien erityispiirteiden ja peltoon sidotun tiedon yhdistämiseksi jatketaan, jotta pellon käytön uusia rooleja voidaan ryhtyä tulevaisuudessa pitkäkestoisesti ja suunnitelmallisesti toteuttamaan.

Taloustarkastelussa tilan kannattavuus osoittautui paremmaksi, kun viljeltäviä kasveja oli enemmän kuin yksi. Kasvinviljelyn kannattavuus oli tarkasteluajankana heikko, mutta tutkimuksen kohteena olleet tattari, öljypellava ja

kumina olivat taloudellisessa mielessä silti rehuohranviljelyä houkuttelevampia vaihtoehtoja. Erikoiskasvien viljelyn edistäminen hyödyttää myös kuluttajia, sillä erikoiskasvit tekevät maatalousympäristöstä viihtyisämmän ja tuottavat ainutlaatuisia hyödykkeitä.

Viljelytukea tarvitaan, jotta ruuan hinta pysyisi alhaisena ja ympäristöstä pidettäisiin huolta. Mutta miten ympäristötukea tulisi jatkossa kohdentaa? Ensiksikin tukikäytäntöjen vaikutus viljelyn yksipuolistumiseen tulisi selvittää, sillä vuosia jatkuva yksipuolinen viljely vaikuttaa keskeisesti moniin maatalousympäristön nykyaasteisiin, kuten monimuotoisuuden vähenemiseen ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Monimuotoisempaa kasvintuotantoa varten tarvitaan tuotantoketjuja, joiden vakauttamiseksi on panostettava voimakkaammin raaka-aineiden pysyvään saantiin, innovatiiviseen jatkojalostukseen ja markkinointiin. Viljelytukien kohdistaminen kasvinviljelyä monipuolista viin viljelykasveihin helpottaisikin samalla maatalouden ympäristörasitusta ja vakiinnuttaisi uusia tuotteita ja työpaikkoja synnyttäviä tuotantoketjuja.

Avainsanat: erikoiskasvit, geenivarat, mikro-organismit, rikkakasvit, pölyttäjät, juuristo, sato, biomassa, ravinteiden allokoituminen, ravinteiden huuhtoutuminen, monimuotoisuus, viljelykierto, pellon monimuotoisuus, monipuolinen kasvintuotanto, erikoiskasvitilat, tukimuodot, maatalouden tukipolitiikka, kannattavuus, kuluttajat

Biodiversity from special crop production

Marjo Keskitalo¹⁾, Christian Eriksson²⁾, Kaija Hakala¹⁾, Arsi Ikonen²⁾, Saara Kaipainen¹⁾, Sirpa Kurppa¹⁾, Ansa Palojärvi¹⁾, Timo Pitkänen²⁾, Katriina Soini³⁾, Sirpa Thessler²⁾, Harri Turunen³⁾ and Heli Takamaa³⁾

*¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, marjo.keskitalo@mtt.fi

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Service Unit, FI-31600 Jokioinen, Finland

³⁾MTT Agrifood Research Finland, Economic Research, Luutnantintie 13, FI-00410 Helsinki, Finland

Abstract

Intensification of crop production has been demonstrated to decrease diversity of field flora and fauna. Spring sown annual cereals are the most typical and broadly cultivated crops in Finland. At least some loss of diversity of organisms in fields and surrounding areas is due to reduced crop diversity and inadequate crop rotation. Improved farm economy has been realised through specialisation in cultivation of only one or few crops and environmentally beneficial crop species are often not grown.

MONIKASVI - added value through increased crop diversity – research sought solutions from identifying special crops for future crop production. The aim was to produce knowledge on how crop production could become more diversified through cultivation of special crops and simultaneously could become more acceptable regarding the environment, farmers, and consumers.

According to the results from cultivating more special crops, it is possible to increase field biodiversity and reduce risk of nutrient leaching from fields to water sources. Biennial and perennial crop species are usually environmentally less damaging due to their high root biomass production and capacity to provide ground cover for a long period. Moreover, among the annuals crop species there are some that are able to bind nutrients from the soil effectively and to diversify field flora and fauna. Crops differ in their traits, leave different environmental footprints and interact differently with their surroundings. Consequently crop rotation methods based on crops with different characters should be developed to prevent and correct for problems in field ecosystems. Development of cropping plans, where traits of crop species and data linked to field position are integrated, makes it possible to employ new technologies.

The results of economics studies showed that profitability increased when more than a single crop species was cultivated on the farm. Although the profitability of crop production was generally low for the period examined,

the cultivation of the three special crop species studied, buckwheat, linseed and caraway, was economically more attractive than cultivation of barley for feed. Cultivation of special crops would also generate benefits for consumers through maintaining a more harmonious agricultural environment and producing unique commodities.

Crop production needs to be subsidised to maintain low food prices and to permit custody of the environment. Where should subsidies be focused in the future to protect the environment? Firstly, the general effect of subsidies on crop diversity should be studied because continuous monoculture is responsible for many of the current major environmental challenges being faced, including loss of biodiversity and nutrient leaching. For diversified crop production, chains, which will require substantial investment to ensure reliable supply of raw materials, innovative upgrading and adapted marketing are needed. Directing subsidies to crops that contribute to crop diversification could help reduce the negative effects of agriculture on the environment and stabilise production chains, creating new jobs and commodities.

Key words: special crops, plant genetic resources, rhizosphere microbials, weeds, pollinators, roots, yield, biomass, nutrient allocation, nutrient utilisation, nutrient leaching, crop diversity, crop rotation, field biodiversity, diversified crop production, grower of special crops, subsidy, profitability, cultivation planning, consumers, agricultural environment

Johdanto

Maataloudessa käytettävien viljelymenetelmien tehostumisen on havaittu johtavan pellolla elävien tai sieltä ravintonsa saavien eliöryhmien vähentymiseen. Havaintoja peltomonimuotoisuuden vähenemisestä on saatu niin ulkomailla kuin kotimaastakin. Ainakin osaksi tämä johtuu maataloudessa käytettävien tuotantopanosten lisääntymisestä ja maatalouskoneiden ympäristöräsituksen suurenemisestä. Maatalouden yhä kovenevassa kilpailussa on myös jouduttu erikoistumaan ja karsimaan tilan tuotannosta ylimääräisiä, usein juuri monimuotoistavia viljelytoimintoja pois.

Mikä merkitys pellon monimuotoisuuden ylläpitämisellä sitten on? Asian voi ehkä ymmärtää paremmin, jos kuvitteellisesti lähestyy peltoa, jossa vallitsee äänien, värien, hajujen ja muotojen monotonisuus. Maata on mahdotonta kaivaa ilman lapiota ja elämään viittaavaa on sieltä vaikea löytää. Sen sijaan edellisen satovuoden olkijätteet ovat helposti erotettavissa ja vesikin makaa paikoitellen ojituksesta huolimatta. Hyvästä alkukehityksestä huolimatta viljakasvusto harvenee, korrenkasvu jää lyhyeksi, tähkässä on tuskin montaa jyvää. Tilastojen mukaan kuvaus voisi olla jostakin Etelä-Suomen pellostä, jossa yksipuolinen viljanviljely on jatkunut vuosikymmeniä.

Monimuotoisessa viljelyssä pyritään edistämään pellolla tavattavien eläin-, kasvi-, hyönteis-, mikrobilajien sekä maaperäeläinten kirjoa. Hyötyinä ovat mm. maan rakenteen parantuminen, ravinteiden huuhtoutumisriskin vähentyminen, viljelykasvien kasvitauti- ja tuholaispaineiden hillitseminen. Erityisesti halutaan ylläpitää sellaisia eliöryhmiä, joita tarvitaan peltoekosysteemin biologisten prosessien toiminnalle. Näistä huolehtiminen on edellytys pellon kasvukyvylle ja viljelyvarmuuden ylläpidolle. Kestävän kehityksen maataloudessa tavoitteena on, että peltomme tuottavat panos/tuotossuhteiltaan tehokkaasti terveellisiä elintarvikkeita vielä vuosikymmentenkin jälkeen. Pellon biologisten prosessien toimivuus on tärkeää myös maataloudelta toivottujen ympäristöpalvelujen tuottamiseksi. Vesistöjä rehevöittäviä ravinteita huuhtoutuu kasvukunnoltaan hyvästä pellostä vähemmän. Monimuotoisuus luo myös viihtyisyyttä maatalousympäristöön.

Miten monimuotoisuutta on mahdollista ylläpitää? Merkittävä monimuotoisuutta karsiva tekijä on viljelyn jatkuva yksipuolistuminen. MONIKASVI-tutkimuksessa monimuotoisuudesta huolehtimista lähestyttiin erikoiskasvien viljelyn avulla. Tavoitteena on, että löydämme viljavaltaisille alueille monokulttuurin katkaisevia kasvilajeja. Keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivatkin, miten valitut erikoiskasvit eroavat tavanomaisista ja mitkä erikoiskasveja ovat riittävän erilaisia katkaistakseen yksipuolisen viljelyn. Monimuotoisuuden ylläpidon kannalta erityishaaste onkin löytää vaihtoehtoja juuri Etelä-

Suomen kevätiljanviljelyn rinnalle. Uusien viljelykasvien tulee olla myös viljelijää taloudellisesti houkuttelevia sekä kuluttajia kiinnostavia.

Viljelykasvilajisto ja monimuotoisuus

Kasvilajiston vaikutus

Viljelykasvilajistoon ja viljelykiertoihin on kiinnitetty varsin vähän huomioita, vaikka tutkimusten mukaan kasvivalinnoilla on vaikutusta eliöryhmien monimuotoisuuteen (Bellinder ym. 2004, Henderson ym. 2004, Lupwayi ym. 1998, Thorbek & Topping 2005). Useiden tuotantopanoksien, kuten torjunta-aineiden ja lannoituksen määrä, riippuvat myös valitusta viljelykasvista, joten viljelykasvivalintoihin tulisi kiinnittää entistä enemmän huomioita. Viljelykiertojen havaittiin vaikuttavan pellon oheiselöstön kirjoon edullisesti. Esimerkiksi maassa tavattavien rikkasiementen määrä ja lajisto (Bellinder ym. 2004) sekä maamikrobien lajirunsaus (Lupwayi ym. 1998) lisääntyivät ulkoilla tehdyssä tutkimuksessa. Simulaatiotutkimuksessa verrattiin yksipuolisen ja monipuolisen viljelyn eroja ja vaikutuksia luonnonmukaisessa kasvin-suojelussa käytetyn mallihämähäkin (*Erigone atra*) esiintymiseen. Monipuolinen viljelykasvilajisto havaittiin merkittäväksi tekijäksi hämähäkin todennäköiselle lisääntymiselle (Thorbek & Topping 2005). Viljelykasvilajiston monipuolisuus lisäsi myös pellolla ruokailevien lintujen määrää (Henderson ym. 2004).

Myös muilla kasvinviljelyssä käytettävillä viljelytekniikoilla on havaittu olevan vaikutusta pellon monimuotoisuuteen. Kevytkuokkaus kyntämisen sijaan (Mayor & Maillard 1995) sekä torjunta-aineet (Hyvönen & Salonen 2002) voivat vaikuttaa rikkakasvien laji- ja yksilömääriin. Torjunta-aineiden käytön vähentämisellä voi olla merkitystä myös lintujen esiintymiseen, kun ravintokasveiksi sopivia rikkakasveja jää enemmän peltoon (Moreby & Southway 1999). Typpilannoituksen vähentäminen voi edistää esimerkiksi maamikrobiston monimuotoisuutta (Morgan ym. 2005). Näiltä osin suomalainen kasvinviljely onkin edennyt parempaan suuntaan, sillä torjunta-aineiden ja lannoitteiden käyttö on kehittynyt yhä tarkemmaksi ja kevytkuokkausta suositaan.

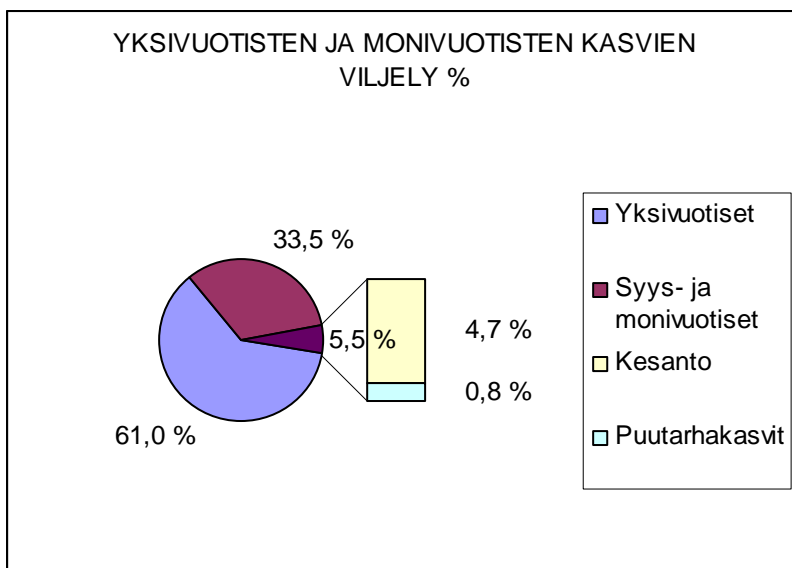
Viljelykasvilajiston vaikutus ei rajoitu pelkästään pellon monimuotoisuuteen vaan kasvivalinnoilla on merkitystä myös maatalojen monialaisuuteen sekä maatalouden monivaikutteisuuteen. Monipuolistavilla viljelymenetelmillä voidaan saavuttaa monimuotoisuuden lisäksi muita ympäristön tilaan vaikuttavia tekijöitä. Oikealla viljelykierrolla, johon kuului monivuotisten heinien lisäksi siemensatoa tuottavia viljelykasveja, voitiin vähentää maan eroosioherkkyyttä (Jankauskas & Jankauskiene 2003). Viljelykasvivalinnoilla ja viljelyn voimaperäisyydellä havaittiin olevan merkitystä maiseman mo-

saikkisuuteen Saksassa. Rakenteellisesti yksinkertaista maisemaa tavattiin silloin, kun tyypeä käytettiin paljon suurien satojen tuottamiseksi. Tiloilla, jotka olivat erikoistuneet yksivuotisten kasvien viljelyyn, viljeltiin muutenkin yksipuolisemmin. Tilojen pellot olivat suurempia, sadot korkeampia ja satoa tuhoavia tekijöitä oli enemmän (Roschewitz ym. 2005). Monimuotoisuuden ylläpitäminen voidaankin käsittää yhdeksi osaksi pellon tehtävistä. Muita pellolle asetettuja tehtäviä voivat olla hyödykkeiden, kuten elintarvikkeiden tuottaminen sekä ilmakehän hiilen sitominen (Noordwijk 2002).

Viljelykasvilajistoon ja siihen miten peltoja käytetään, vaikutetaan politiikan avulla. Keväällä 2007 voimaan tullessa ympäristötukiehdossa suositetaan nyt ensimmäistä kertaa viljelyn monipuolistamista. Maankäytön ja viljelykasviskenaarioiden vaikutuksia EU-alueella on myös ryhdytty selvittämään. Suurin uhka maatalousalueiden monimuotoisuudelle näyttäisi olevan maailmanlaajuisista kauppapolitiikkaa suosiva järjestys. Tutkimuksessa arvioitiin EU-alueilla tapahtuvia maatalousalueiden monimuotoisuuden muutoksia vuoteen 2030 mennessä. Muuttuvina tekijöinä olivat pellon käytön voimakkuus (nurmiviljely vs. satokasvien viljely) sekä kaupankäynnin avoimuus (globaalit vs. paikalliset markkinat). Globaalin kaupan vallitessa monimuotoisuutta kuvaava ekosysteemin laatu heikkeni sekä monivuotisia ruohokasveja että yksivuotisia viljelykasveja sisältävässä kasvinviljelyskenaariossa (Reidsma ym. 2006).

Nykyinen viljelykasvilajisto

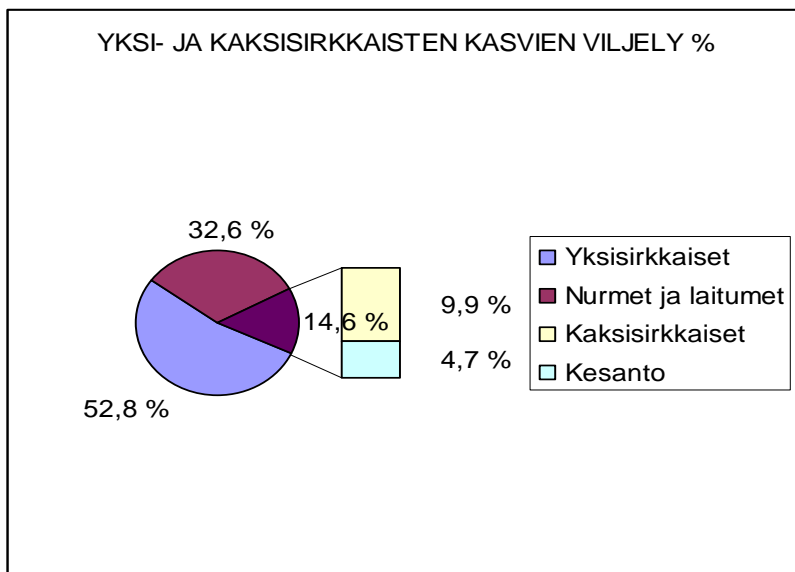
Pohdittaessa viljelykasvilajistomme merkitystä monimuotoisuuteen, on ensin tarkasteltava mitä ja miten kasveja pelloillamme nykyisin viljellään. Pellon käytöllemme on tyypillistä kevätkylvöisten, yksivuotisten viljojen suuri osuus. Vuonna 2006 koko peltopintalasta (noin 2,2, milj. ha 2006) viljeltiin yksivuotisia kuten viljoja, öljykasveja, juurikasveja ja perunaa noin kolmella viidesosalla. Yksivuotisten viljoja viljeltiin noin 1,115 milj. hehtaarilla ja muita noin 176 000 hehtaarilla. Syys- ja monivuotisista kasveista suurimman osan käsittävät erilaiset nurmet ja laitumet (711 000 hehtaaria) kun taas syysviljojen osuus oli vain noin 24 000 hehtaaria (TIKE MMM 2006). Monivuotisten viljelykasvien osuus on jonkin verran kuvassa esitettyä suurempi, koska osa kesannoista ja puutarhakasveista ovat myös monivuotisia (Kuva 1).



Kuva 1. Yksivuotisten ja kaksi-monivuotisten kasvien viljelyn osuus koko peltopinta-alastamme vuonna 2006. Koko pelto-ala oli vuonna 2006 noin 2,2, milj. hehtaaria (TIKE MMM 2006).

Kun pellon käyttö jaetaan viljantyyppisiin (yksisirkkaiset) ja leveälehtisiin (kaksisirkkaiset) kasveihin nähdään, että viljojen osuus oli noin 53 % peltoalastamme eli 1,151 milj. hehtaaria (TIKE MMM 2006). Viljojen osuus Suomen peltoalasta on siten samaa luokkaa kuin Eurostatin tilastojen mukaan keskimäärin Euroopassa (noin 54 % vuonna 2003). Meillä viljeltyjen viljojen lisäksi Eurostat luokittelee viljoihin myös maissin, tattarin, hirssin ja ruokohelven siemenviljelykset (<http://europa.eu/pol/agr/index.fi.htm>). Suomessa vuonna 2006 kaksisirkkaisia ja leveälehtisiä viljelykasveja viljeltiin noin 200 000 hehtaarilla (9,9 % peltoalasta), josta erilaiset öljykasvit (rypsi, kevätropsi, kumina) kattavat noin 130 000 hehtaaria, perunat noin 28 000 hehtaaria ja sokerijuurikas 23 000 hehtaaria. Kaksisirkkaisten viljelykasvien todellinen osuus on jonkin verran kuvassa esitettyä suurempi (9,9 % peltoalasta), koska osa nurmi- ja kesantokasveista ovat myös leveälehtisiä (TIKE MMM 2006) (Kuva 2).

Tilastojen tarkastelu ei anna täyttä kuvaa maamme sisällä tapahtuneesta alueellisesta erikoistumisesta eikä yksittäisten tilojen viljelykasvilajistosta. Ongelmallista onkin se, että yksivuotisten viljakasvien viljely on keskittynyt Etelä-Suomeen ja monivuotisten nurmien viljely Keski- ja Itä-Suomeen. Etelä-Suomen viljavaltaisilla alueilla viljan monokulttuuri näyttää olevan yhä yleisempää.



Kuva 2. Yksi- ja kaksisirkkaisten kasvien viljelyn osuus koko peltopinta-alastamme vuonna 2006. Koko pelto-ala oli vuonna 2006 noin 2,2, milj. hehtaaria (TIKE MMM 2006).

MONIKASVI-tutkimus

Erikoiskasvien valintaperusteet

Erikoiskasvit ovat ominaisuuksiltaan joukko erilaisia viljelykasveja. On perusteltua siten olettaa, että ryhmästä löytyy myös sellaisia, jotka eroavat viljoista ja joita viljelemällä pellon monimuotoisuutta voitaisiin ylläpitää. On myös tärkeä havaita, että itse kasvi ja kasvin biologiset ja kemialliset ominaisuudet ovat sellaisia, joita voidaan hyödyntää monimuotoisuuden lisäämisessä. Tähän saakka tutkimuskohdetta on lähestytty pelkästään teknologisin keinoin. Erikoiskasvien käyttökelpoisuus monimuotoisuuden edistämiseksi perustuukin siihen, että ne ovat yleensä kaksisirkkaisia ja/tai monivuotisia. Koska erikoiskasveihin kuuluu hyvin erilaisia kasveja, on todennäköistä että joukosta löytyy myös sellaisia, jotka ominaisuuksiltaan ovat riittävästi viljoista eroavia ja myös taloudellisesti houkuttelevia.

Monikasvitutkimuksessa oli mukana yhteensä 11 viljelykasvia, joista yhdeksän voidaan luokitella kuuluvaksi erikoisiin ja kaksi tavanomaisiin viljelykasveihin. Kuusi tutkituista kasveista oli yksivuotisia ja viisi kaksi- tai monivuotisia. Yksivuotisia olivat: Kinua (*Chenopodium quinoa*), kitupellava eli ruistankio eli camelina (*Camelina sativa*), tattari (*Fagopyrum esculentum*), öljyhamppu (*Cannabis sativa*) ja öljypellava (*Linum usitatissimum*). Kontrol-

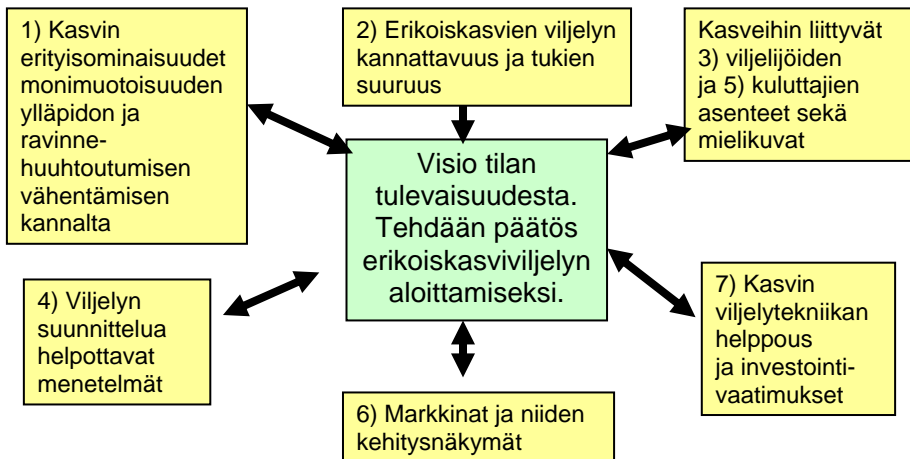
likasvina oli ohra (*Hordeum vulgare*). Kaksi- tai monivuotisia olivat: Kumina (*Carum carvi*) (kaksivuotinen), nokkonen (*Urtica dioica*) (monivuotinen), ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) (monivuotinen) ja värिमorsinko (*Isatis tinctoria*) (kaksivuotinen). Kontrollikasvina timotei (*Phleum pratense*) (monivuotinen).

Viljelykasvivalintoihin vaikutti erityisesti se, että MTT:n tai muiden tutkimuslaitosten tutkimuksissa kasvilla on todettu olevan viljelymahdollisuuksia Suomessa, vaikka sitä ei tällä hetkellä viljeltäisikään (Keskitalo ym. 2007). Esiselvityksessä tuli myös ilmi, että useiden erikoiskasvien ravinteiden käyttö tai allokointi voi poiketa viljoista, ja siksi niiden mukaan ottaminen on mielekästä tutkittaessa mahdollisuuksia viljelykasvivalintojen avulla vaikuttaa ravinnehuhtoumiin. Valittujen kasvilajien joukossa oli myös kaksisirkkaisia ja hyönteispölytyksen vaativia kasveja. Useat tutkimuksen erikoiskasvit sisältävät uusia tai tavanomaisista kasveista poikkeavia hyötyaineita, joista jatkojalostamalla on mahdollista tuottaa kuluttajan valintoja laajentavia tuotteita (Keskitalo ym. 2007).

MONIKASVI-tutkimuksen tavoitteet

MONIKASVI Lisäarvoa monimuotoisesta kasvinviljelystä –tutkimusosio etsi tulevaisuuden kasvinviljelyyn vastauksia erikoiskasveista. Tavoitteena oli tuottaa tietoa, miten kasvinviljelyä voitaisiin muuttaa erikoiskasvien avulla monimuotoisemmaksi, niin että ympäristö, viljelijät ja kuluttajat olisi paremmin huomioitu. Monimuotoisella viljelyllä käsitetään tässä tutkimuksessa sitä, että oikeasti erityyppisiä viljelykasveja viljellään ajallisesti ja paikallisesti moninaisesti ja sovitettuja viljelykiertoja käyttäen. Tietoa tarvitaan myös maatalouden ympäristötukien suuntaamiseksi oikein.

Erikoiskasvit ovat useimmille viljelijöille tuntemattomia ja siksi niitä voidaan kutsua myös tilan uusiksi viljelykasveiksi. Uuden kasvin viljelyn aloittamista voidaan verrata innovaation omaksumiseen (Janick ym. 1996), mitä varten viljelijä tarvitsee erilaista taustatietoa päätöksenteon tueksi. MONIKASVI-tutkimuksessa lähestyttiinkin peltoluonnon monimuotoistamista erikoiskasvien avulla kokonaisvaltaisesti tuottaen tietoa myös erikoiskasvien viljelyn aloittamista varten (Kuva 3.).



Kuva 3. Erikoiskasvinviljelyn aloittamispäätökseen vaikuttavia tekijöitä. MONIKASVI:ssa tutkittiin erityisesti erikoiskasvien monimuotoisuuteen ja ravinnehuuhtoumiin vaikuttavia tekijöitä (1), erikoiskasvilajien kannattavuutta (2), viljelijöiden (3) ja kuluttajien asennoitumista erikoiskasveihin (5) sekä kehitettiin viljelyn suunnittelumenetelmää (4).

MONIKASVI:n osatutkimusten tavoitteet

Osatutkimusten tavoitteena oli:

1) Tuottaa tietoa miten kahdeksan valittua erikoiskasvia (kinua, kitupellava, kumina, morsinko, nokkonen, ruokohelmi, tattari ja öljypellava) voivat lisätä pellon maanalaista ja maanpäällistä monimuotoisuutta, ja samalla vähentää ravinnehuuhtoumariskiä ravinteita tehokkaasti sitoen. Juuristomikrobiston monimuotoisuutta (Palojärvi ym. 2007) sekä monipuolisen kasvinviljelyn mahdollisuuksia pellon kasvukunnon ja ravinnetalouden säätelijänä (Hakala & Keskitalo 2007) käsitellään jäljempänä tässä julkaisussa. MONIKASVI-hankkeen kenttäkokeet saadaan päätökseen vuoden 2007 aikana, joten tähän julkaisuun ei voitu liittää näitä tuloksia. Myös erikoiskasvien monimuotoisuuden lisäämisarvot ja ravinnehuuhtouman vähentämisarvot lasketaan myöhemmin. Viljelykasveille laadittujen arvojen perusteella kasvit voidaan asettaa paremmuusjärjestykseen. Arvoja vertaamalla on helpompi valita ominaisuuksiltaan oikeantyyppisiä viljelykasveja täsmennetyksi peltolohkoille huomioiden myös ympäristön tila.

2) Selvittää viljelijöiden erikoiskasveihin liittyviä asenteita ja mitkä tekijät eniten vaikuttavat viljelyn aloittamiseen. Viljelijöiden kasvivalintoihin liittyviä tekijöitä ei ole juurikaan tutkittu. Kovien talouslukujen lisäksi päätökseen ryhtyä erikoiskasvinviljelijäksi voivat vaikuttaa myös pehmeämmät arvot ja

asenteet. Myös viljelijän resursseilla ja kokemuksilla voi olla merkitystä. Tuloksia viljelijöille tehdystä erikoiskasveihin liittyvästä kyselytutkimuksesta (Takamaa ym. 2007) esitetään jäljempänä.

3) Verrata valittujen erikoiskasvien viljelyn kannattavuutta yksin ja yhdessä rehuviljan kanssa viljeltynä. Yksi tärkeimmistä tekijöistä erikoiskasviviljelijäksi ryhtymiselle on se, miten uuden kasvin viljely kohentaa tilan taloutta. Vertailevia kannattavuuslaskelmia erikoiskasvien viljelystä on tehty melko vähän, koska viljelyyn liittyy myös epävarmuustekijöitä. Tähän osatutkimukseen valittiin kolme potentiaalista erikoiskasvia, kumina, öljypellava ja tattari, joiden kannattavuutta verrattiin tilamallin avulla. Öljypellavan, kuminan ja tattarin kannattavuusvertailu osana viljantuotantoa sekä erillistarkastelussa (Turunen 2007) esitetään jäljempänä.

4) Kehittää paikkatietoa hyödyntävää viljelysuunnittelumenetelmää, jolla viljelykasvit voidaan sijoittaa peltolohkoille monimuotoisuuden lisäämiseksi ja ravinteiden huuhtoutumisriskin vähentämiseksi. Viljelyssä on tulevaisuudessa pystyttävä ottamaan huomioon yhä suurempi joukko erilaisia pelto-, kasvi-, ja ympäristötekijöitä, ja viljelyn suunnittelulla tulee silloin olemaan yhä suurempi merkitys. Paikkatietosovelluksen mahdollisuuksia ympäristövaihtelun huomioimisessa ja viljelyn suunnittelussa (Thessler ym. 2007) esitetään jäljempänä.

5) Tutkia kuluttajien asennoitumista erikoiskasveihin. Koko MONIKASVI-tutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, miten monimuotoistavien kasvien viljelyä voidaan lisätä. Yksi vaikuttamiskeino on suunnata kansallisesti tai EU:n kautta maksettavia viljelytukia ympäristön tai kuluttajan kannalta oikeisiin viljelykasveihin. Kuluttajien mielipiteitä erikoiskasvien käytöstä maisemapeltokasveina tutkittiin kyselyn avulla (Maaseudun Tulevaisuus 2007). Toinen keino on vaikuttaa kuluttajien valintoihin ja asenteisiin, ja sitä kautta lisätä kysyntävetoista erikoiskasviviljelyä. Tässä tutkimusosiossa selvitettiin kuluttajien mielipiteitä camelina, morsinko ja tattari -kasveista valmistettuihin tuotteisiin. Tuotteet olivat Keiju-levite, morsingosta saadulla indigo värillä värjätty, kainuun harmaksen villasta kudottu villahuivi ja tattarista valmistettu SOBA-makaroni. Tavoitteena on saada tietää, mitä vaatimuksia kuluttajat asettavat erikoiskasveista valmistetuille tuotteille ja miten kuluttajat saataisiin kiinnostumaan erikoistuotteista.

Erikoiskasvien viljelyn vaikutukset ovat monialaiset

Erikoiskasvien viljely hyödyntää kasvigeenivarojen käyttöä

Suomessa viljelykasvilajisto on muuttunut vuosisatojen aikana lähes täysin. Tyypillistä globalisoituvassa kasvinviljelyssä on kasvilajien leviäminen eri puolille maapalloa ja taloudellisessa merkityksessä vähäpätöisempien viljelyn väistyminen. Erikoiskasvien viljely voi siten olla myös kasvigeenivarojen ylläpitoa. Viljely onkin Suomessa laajentunut kymmenkertaiseksi viime vuosien aikana. Vuonna 2006 erikoiskasveja viljeltiin noin 50 000 - 60 000 hehtaarilla ja kymmenellä tuhannella tilalla. Erikoiskasvien roolia suomalaisessa kasvinviljelyssä on käsitelty jäljempänä (Keskitalo 2007a). Maapallon geenivaroja hyödynnetään varsin rajallisesti. Arviolta 350 000 kasvilajista noin 80 000 on syötäviä. Kaupallisesti merkityksellisiä kasvilajeja on noin 150, joista 30 lajia tuottaa 95 % ihmisten kasvikunnasta peräisin olevasta energiasista. Nykyisin kaikista kasvilajeista hyödynnetään siten merkittävässä määrin vain 0,0086 % ja määrän on arvioitu pienenevän (Janick 1999).

Erikoiskasvien viljely lisää pellon monimuotoisuutta ja voi vähentää ravinnehuuhtoumariskiä

Pellolla elävien seuralaisorganismien määrä ja kirjo on erikoiskasveilla yleensä suurempi kuin kontrollikasveilla, mutta määrä ja lajikirjo riippuvat erikoiskasvista ja siitä, on kasvi yksi- vai monivuotinen. Ritsosfäärimikrobien määrä- ja monimuotoisuus on monivuotisilla erikoiskasveilla suurempi kuin yksivuotisilla (Palojärvi ym. 2007). Seuralaisrikkakasvien lajikirjoa voivat lisätä yksivuotisten viljelykasvien viljely sekä leveän rivivälin tarvitsevat erikoiskasvit. Lentäviä pölyttäjiä houkuttelevat erityisesti kaksisirkkiskasvien kukat, joiden pölytys onkin osaltaan riippuvainen hyönteispölyttäjästä (Salonen & Keskitalo 2007).

Astiakokeeseen perustuen ravinteita poistuu eniten pellolta yksivuotisten viljelykasvien sadon mukana eikä peltoon jäävissä kasvinosissa ole juurikaan korjuuvaiheessa ravinteita. Myös monivuotiset viljelykasvit ovat tehokkaita ravinteiden poistossa, jos maanpäällinen biomassa korjataan kokonaan pois pellolta satokauden aikana (rehukasvit, bioenergiakasvit). Muutoin peltoon jäävien kasvinosien (juuret, maanpäällinen biomassa) mukana jää maahan eniten ravinteita monivuotisilla kasveilla osaksi juuri runsaan juuriston takia. Rungas juuristo kuitenkin myös suojaa maata eroosiolta ja vähentää maan mukana vesistöihin kulkeutuvia ravinteita. Yksivuotiset kasvit ovat puoles-

taan heikompia sitomaan maata ja estämään ravinteiden kulkeutumista maan mukana vähäisemmän juuriston takia (Hakala & Keskitalo 2007).

Erikoiskasvien viljely monialaistaa maatiloja

Osoituksena erikoiskasvien kiinnostavuudesta tilan monialaistamisessa, on niiden viljely kymmenkertaistunut viime vuosien aikana. Vuonna 2006 erikoiskasveja viljeltiin tilastotietojen mukaan noin 10 000 tilalla (TIKE MMM 2006). Potentiaalia kasvulle on, sillä jo viljelyä harjoittavien lisäksi 15 % tutkimukseen vastaajista olisi jatkossa halukkaita ryhtymään erikoiskasvinviljelijäksi (Takamaa ym. 2007). Vaikka taloustarkastelun mukaan rehuohran, kuminan, tattarin ja öljypellavan viljely oli yrittäjätulolla ilmaistuna tappiollista, tuottivat erikoiskasvit kuitenkin 100–180 e/ha vähemmän tappiota kuin rehuohran viljely. Tilan kannattavuus oli kuitenkin yleensä parempi silloin, kun viljeltiin kahta viljelykasvia. Tämä puoltaakin viljelyn monipuolistamista. Kuten tavanomaisista viljelykasveista tiedetään, yritysکوhtainen kannattavuus riippuu hyvin paljon tilan rakenteesta, viljelijän resursseista sekä jo olemassa olevasta konekannasta (Turunen 2007). Niin kutsuttujen kovien talouslukujen lisäksi erikoiskasviviljelyinnovaation omaksumisen taustalla on myös muita päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä, kuten viljelykierron kautta tapahtuva maan rakenteen paraneminen samoin kuin tilan myönteisen imagon rakentaminen. Myös viljelijän henkilökohtaisilla resursseilla on vaikutusta. Innovaation omaksijat ovatkin yleensä hieman korkeammin koulutettuja, usein luomukasvinviljelijöitä, joilla oli kokeilunhalua ja riskinottoa (Takamaa ym. 2007).

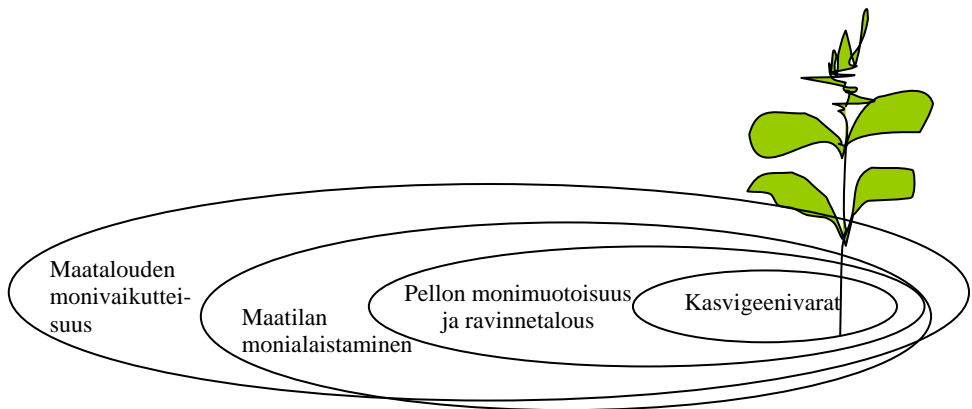
Monimuotoisuuden eri tasojen suunnittelu ja hallinta vaatii menetelmän. Kehitetty pilot-malli viljelykasvien sijoittelusta 'oikea kasvi oikealle pellolle' Jokioisten Lintupajun tilan peltolohkoille osoittaa kartografisen mallinnuksen mahdollisuuksia. Menetelmässä hyödynnettiin pellon viljelyhistoriaa ja fosforikuormitustietoja. Sen lisäksi käytettiin hankkeessa tuotettua erikoiskasvi-dataa. Menetelmän kehittämistä on tarkoitus jatkaa uudessa MONIMAA-hankkeessa (Thessler ym. 2007).

Erikoiskasvien viljely parantaa maatalouden palvelu- ja hyödyketarjontaa

Erikoiskasvien viljely voi tarjota myös kuluttajille parempia ympäristöpalveluita. Erikoiskasvien joukosta valikoitunee lajeja, joiden vaikutus pellon monimuotoisuuteen ja ravinnehuuhtoumariskin vähentämiseen on edullinen. Erikoiskasvit voivat soveltua myös maisemapeltokasveiksi (Maaseudun tulevaisuus 2007). Oikeiden kasvivalintojen avulla voikin olla mahdollista parantaa peltoluonnon tilaa ja lisätä siten maaseudun vetovoimaa ja viihtyisyyttä.

Erikoiskasvien viljely on paikallista ja viljelykeskittymien läheisyyteen syntyy usein jatkojalostavia pk-yrityksiä (Keskitalo ym. 2007). Eräiden erikoiskasvien viljely suorastaan edellyttää tilan ryhtymistä myös jatkojalostajaksi (Keskitalo 2007b), joka voi olla myös taloudellisesti kiinnostava vaihtoehto peltopinta-alan kasvattamisen sijaan. Onnistuessaan erikoiskasvien viljelystä seuraa siten uusien yritysten ja työpaikkojen syntymistä. Tämä puolestaan parantaa maatalouden monivaikutteisuutta ja maaseudun elinvoimaisuutta.

Erikoiskasvien viljely tuottaa erikoisia raaka-aineita ainutlaatuisten jatkojalosteiden valmistamiseksi. Kiinnostaakseen kuluttajaa erikoistuotteiden tulee olla hinta/laatusuhteiltaan hyviä. Tuotteen tulee hyödyttää kuluttajaa, sillä pelkästään erikoisuuden vuoksi tuotteelle tuskin löytyy ostajia. Erikoiselintarvikkeiden tulisi olla myös helposti saatavilla. Sen sijaan kestokulutushyödykkeellä tuotteen arvo erikoisena hyödykkeenä kärsii, jos sitä on yleisesti saatavilla. Kuluttajat ovat kyllä valmiita ostamaan erikoiskasvien raaka-aineista jalostettuja tuotteita, mutta niiden on oltava laadukkaita. Tärkein tekijä tähän pääsemiseksi on lisätä resursseja tuotekehitykseen, joka on edellytys myös erikoiskasviraaka-aineiden markkinoinnin kehittämiseksi (Kurppa 2007).



Kuva 4. Erikoiskasvien viljelyn vaikutukset voivat olla moninaisia. Parhaimmillaan erikoiskasvien viljely parantaa pellon toimintakykyä sekä lisää maatalojen monialaistamista ja maatalouden monivaikutteisuutta. Erikoiskasvien viljely ylläpitää myös kasvigeenivarojen säilymistä.

Johtopäätökset

MONIKASVIn eri osatutkimusten yhteisenä tavoitteena oli tuottaa tietoa kasvinviljelyn monipuolistamisesta erikoiskasvien avulla niin, että samalla parannetaan peltoluonnon tilaa, viljelijöiden taloutta ja kuluttajien asennoitumista maatalouteen.

Minkälaisia viljelykasveja tulisi sitten tulevaisuudessa viljellä? Erikoiskasvien viljelyn lisääntymisen voidaan tutkimuksen mukaan odottaa parantavan monimuotoisuutta ja ainakin joidenkin kasvien myös vähentävän ravinnehuuhtoumariskiä. Monivuotisten kasvien viljely näyttäisi olevan ympäristön kannalta yleensä edullisinta. Erikoiskasvinviljelyn vaikutus riippuu muun muassa siitä onko kasvi yksi- tai kaksi/monivuotinen, yksi- tai kaksisirkkainen sekä siemensatoa tai tuorebiomassaa tuottava kasvi. Myös rivivälin leveydellä on merkitystä. Koska erikoiskasvit vaikuttavat monimuotoisuuteen eri tavoin, tarvittaneen pellon ongelmakohtien hoitamiseksi ja kestäväälle käytölle suunnitelmallista ja erityyppisten kasvien viljelykiertoa. Jatkossa tulisikin tutkia tilamittakaavassa, minkälaisilla täsmäviljelykiertoilla ja kasvivalinnoilla peltoympäristömme kuntoa voidaan kohentaa ja kestäväää käyttöä ylläpitää.

Viljelijälle monimuotoisuudesta huolehtiminen erikoiskasvinviljelyn avulla voi tuoda erilaista hyötyä. Mielenkiintoista oli se, että tilan kannattavuus parani, kun tavanomaista ja erikoiskasvia viljeltiin samalla tilalla verrattuna tilanteeseen jos olisi viljelty vain yhtä kasvilajia. Kasvinviljelyn ylipäätään heikosta kannattavuudesta huolimatta, tutkitut tattari, öljypellava ja kumina, olivat taloudellisessa mielessä rehuohranviljelyä houkuttelevampia. Monipuolisesta viljelystä seuraa peltoeliöstön laaja kirjo, mikä puolestaan hillitsee yhden lajin kuten esimerkiksi rikkakasvien tai tuholaisten runsastumista. Säästöä saadaan myös siitä, kun pellon ravinteita voidaan hyödyntää tehokkaammin monipuolista ja suunnitelmallista viljelykiertoa noudattaen. Tulevaisuudessa tulisikin selvittää, miten tilojen käyttämättömiä resursseja kuten koneita ja laitteita voitaisiin valjastaa monipuolistavien viljelykasvien tuotantoon. Viljelysuunnitelmien tekemiseksi tulee myös saada apukeinoja, koska viljelijän on jatkossa huomioitava entistä tarkemmin peltoympäristönsä tilaa taloudellisten ja agronomisten tekijöiden lisäksi.

Monimuotoisemman ja viihtyisemmän ympäristön sekä ainutlaatuisten hyödykkeiden saatavuuden takia erikoiskasvinviljelystä olisi myös kuluttajalle hyötyä. Tarvetta olisikin sellaisen tutkimustiedon tuottamisessa, jonka avulla kuluttajien olisi mahdollista kriittisemmin valita ympäristöä säästäviä hyödykkeitä ja palveluita.

Kasvinviljely on yhä riippuvaisempi viljelytuista. Miten tukia tulisi sitten jatkossa kohdentaa, jotta viljely saataisiin monipuolisemmaksi? Tukikäytäntöjen vaikutusta ylipäätään viljelyn yksipuolistumiseen tulisikin kriittisesti

tarkastella. Riittävä viljelytuki olisi tehokas keino ympäristöä monipuolistavien ja maatiloja monialaistavien erikoiskasvien tuotannon mahdollistamiseksi Suomessa. Uuden tukiohjelman todelliset vaikutukset tiedetään myöhemmin, mutta jo nyt voidaan laskea erikoiskasvien kärsineen uudistuksessa. Erikoiskasvien koko tuotantoketjun vakauttamiseksi on ponnistettava voimakkaammin ja panostettava myös raaka-aineiden innovatiiviseen jatkojalostukseen, tuotekehitykseen ja markkinointiin.

Kirjallisuus

Bellinder, R.R., Dillard, H.R. & Shah, D.A. 2004. Weed seedbank community responses to crop rotation schemes. *Crop Protection* 23: 95-101.

Eurostat. <http://europa.eu/pol/agr/index.fi.htm>

Hakala, K. & Keskitalo, M. 2007. Monipuolinen kasvinviljely pellon kasvukunnon ja ravinnetalouden säätelijänä. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 142-152.

Henderson, I.G., Vickery, J.A. & Carter, N. 2004. The use of winter bird crops by farmland birds in lowland England. *Biological Conservation* 118: 21-32.

Hyvönen, T. & Salonen, J. 2002. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels - a six-year experiment. *Plant ecology* 154: 73-81.

Janick, J. 1999. New Crops and the Search for New Food Resources. Teoksessa: Janick, J. (toim.). Perspectives on New Crops and New uses. Proceedings of the Fourth National Symposium on New Crops and New uses, Biodiversity and Agricultural sustainability, Phoenix, Arizona, November 8-11.1998. s. 104-110. ISBN 0-9615027-0-3.

Janick, J., Blase, M.G., Johnson, D.L., Jolliff, G.D. & Myers, R.L. 1996. Diversifying U.S. Crop Production. Teoksessa: Janick, J. (toim.). Progress in new crops: Proceedings of the third national symposium on New Crops, New Opportunities, New Technologies, Indianapolis, Indiana USA, 22-25 October 1996. s. 98-109. ISBN 0-9615027-3-8.

Jankauskas, B. & Jankauskiene, G. 2003. Erosion-preventive crop rotations for landscape ecological stability in upland regions of Lithuania. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 129-142.

Keskitalo, M. 2007a. Erikoiskasvit kasvintuotannon monipuolistajina. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 102-141.

- Keskitalo, M. 2007b. Morsinko. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutokeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 56-61.
- Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). 2007. Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutokeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. 95 s.
- Kurppa, S. 2007. Elintarvikkeiden kulutuksen ja maankäytön yhteydet monimuotoisuuteen. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 202-212.
- Lupwayi, N.Z., Rice, W.A. & Clayton, G.W. 1998. Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biol. Biochem* 30: 1733-1741.
- Maaseudun Tulevaisuus 2007. Vastaa maisemakasvitykselyyn netissä. MT 18.5.2007, s. 8.
- Mayor, J. Ph. & Maillard, A. 1995. Results of an over 20 year no-tillage trial at Changins. IV Seed stock and weed control. *Revue Suisse d'Agriculture (Switzerland)* 27:229-236.
- Moreby, S.J. & Southway, S.E. 1999. Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 285-297.
- Morgan, J.A.W., Bending, G.D. & White, P.J. 2005. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 56: 1729-1739.
- van Noordwijk, M. 2002. Scaling trade-offs between crop productivity, carbon stocks and biodiversity in shifting cultivation landscape mosaics: the FAL-LOW model. *Ecological Modelling* 149: 113-126.
- Palojärvi, A., Kaipainen, S. & Peura, S. 2007. Kasvien ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuus ja sen hyödyntäminen. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 153-163.
- Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M. & Alkemade, R. 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 86-102.
- Roschewitz, I., Thies, C. & Tschardtke, T. 2005. Are landscape complexity and farm specialisation related to land-use intensity of annual crop fields? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 87-199.

- Salonen, J. & Keskitalo, M. 2007. Maatalousympäristön monimuotoisuuden merkitys ja hyödyntäminen kasvintuotannossa (LUMOpelto). Loppuraportti 30.3.2007. 38 s.
- Takamaa, H., Soini, K. & Ikonen, A. 2007. Viljelijöiden näkemyksiä erikoiskasviviljelystä. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 164-177.
- Thessler, S., Ikonen, A., Huitu, H., Keskitalo, M., Ruokokoski, P. & Ojanen, H. 2007. Paikkatietosovelluksesta apua viljelyn suunnitteluun. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 189-201.
- Thorbek, P. & Topping, C.J. 2005. The influence of landscape diversity and heterogeneity on spatial dynamics of agrobiont linyphiid spiders: An individual-based model. *BioControl* 50: 1-33.
- Tike 2006. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.
- Turunen, H. 2007. Öljypellavan, kuminan ja tattarin kannattavuus erikseen ja osana viljantuotantoa. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 178-188.

Erikoiskasvit kasvintuotannon monipuolistajina

Marjo Keskitalo

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, marjo.keskitalo@mtt.fi

Tiivistelmä

Pellot ovat paitsi hyötyaineiden tuottajia myös tärkeitä geneettisen-, eliö- ja maisemakirjon ylläpitäjiä. Pellon käytön ja viljelykasvilajiston muutosten on todettu ainakin osittain kaventaneen peltoeliöstön kirjoa. Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää, millaisia kasveja Suomessa on historian saatossa viljelty, miten kasvilajisto on vuosisatojen kuluessa muuttunut ja miten erikoiskasvit ovat monipuolistaneet viljelyä. Katsaukseen on kerätty tietoa myös kasvien yleistymiseen johtaneista tekijöistä.

Viljelykasvilajistosta on tapahtunut muutoksia koko historiamme ajan. Pääviljelykasvit ovat vuosisatojen aikana vaihtuneet, ja muutoksiin on syytä varautua tulevaisuudessakin. Potentiaalisten viljelykasvien määrä on nykyisin runsaimmillaan. Milloinkaan aiemmin meillä ei ole ollut tietotaitoa näin monista kasvilajeista. Peltoa kuitenkin viljellään yksipuolisemmin kuin koskaan, sillä samalla lohkolla kasvilaji vaihtuu yhä harvemmin.

Erikoiskasvit ovat rikastuttaneet viljelyämme monin eri tavoin. 1800-luvulla peruna, kaura, viljellyt nurmikasvit ja kuitupellava paransivat vuoroviljelymenetelmien käyttöönottoa. Sen sijaan 1900-luvun erikoiskasvien kuten vehnän, sokerijuurikkaan ja kevätöljykasvien myötä tehokkuuden tavoittelu johti erikoistumiseen monimuotoisuuden kustannuksella. Nykyisille, 2000-luvun erikoiskasveille on ominaista se, että niiden avulla tavoitellaan viljelyyn myös monipuolisuutta. MONIKASVI-hankkeen erikoiskasvit edustavat eri vuosisatoja. Yhteistä niille on kuitenkin erikoisten ja varmasti myös tulevaisuuden kuluttajaa kiinnostavien hyödykkeiden ja raaka-aineiden tuottaminen.

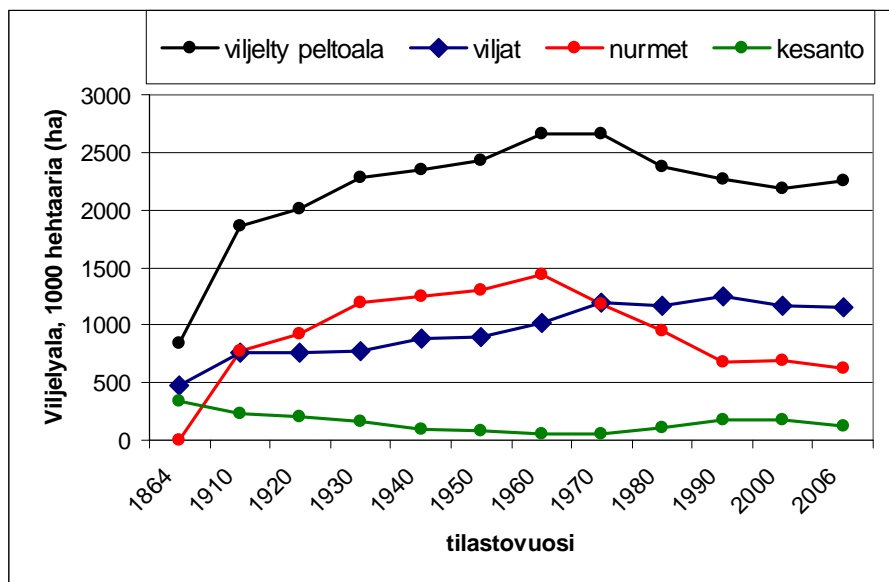
Viljelyn laajenemiseen on tarvittu yhteiskunnallisen latauksen ohella markkinälähtöistä kysyntää. Kulutustapojen vaikutusta monimuotoisuuteen tuleekin selvittää tarkemmin. Lisäksi on panostettava erikoisempien kasviraaka-aineiden jatkojalostukseen ja tuotettava tietoa monipuolisen viljelyn taloudellisesta kannattavuudesta.

Avainsanat: erikoiskasvit, viljelykasvit, monimuotoisuus, viljelykierto, vuoroviljely, maataloushistoria, historia, viljelyala, apila, auringonkukka, herne, humala, härkäpapu, kaura, kevätruis, kinua, kuitupellava, kuituhamppu, kuitupellava, kumina, lanttu, maissi, morsinko, nauris, nokkonen, ohra, peruna, ruis, ruokohelpi, rypsi, sokerijuurikas, speltti-vehnä, tattari, timotei, tupakka, turnipsi, vehnä, öljyhamppu, öljypellava

Johdanto

Pellot ja niiden viljelykasvilajisto ovat tärkeitä elementtejä - ei pelkästään hyötyaineiden tuottajina - mutta myös geneettisen-, eliö- ja maisemakirjon ylläpitäjinä. Monipuolinen viljely ja kasvien vuorottelu ylläpitävät peltoluonnon monimuotoisuutta (Bellinder ym. 2004, Henderson ym. 2004, Lupwayi ym. 1998, Thorbek & Topping 2005), joka kuitenkin on kaventumassa tehokkaamman viljelyn ja erikoistumisen myötä. Vertailua perinnäisen ja nykyisen kasvinviljelyn vaikutuksista pellon monimuotoisuuteen on kuitenkin suoraan vaikea tehdä vähäisen kirjallisuuden takia.

Koska pellon käyttö vaikuttaa myös sen monimuotoisuuteen, oli tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena selvittää, minkälaisia kasveja Suomessa on viljelyhistoriamme aikana viljelty ja miten lajisto on vuosisatojen kuluessa muuttunut (Kuva 1). Erityisenä tavoitteena oli valottaa erikoiskasvien roolia viljelyn monipuolistajina sekä tuottaa tietoa myös kasvien alkuvaiheiden yleistymiseen johtaneista tekijöistä.



Kuva 1. Viljellyn pellon, kesannon ja pääviljelykasvien viljelyalojen muutokset vuosina 1864-2006 (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, Juhlin-Dannfelt 1925, TIKE 2006).

Viljelykasvien historian ja yhteiskunnallisten kytkösten tunteminen on eduksi, kun pohdimme nykyisen kasvinviljelyn ohjauskeinoja. Historian aikana viljeltyjen kasvien ja käytettyjen viljelymenetelmien tunteminen auttaa meitä hahmottamaan peltoympäristömme monimuotoisuutta aikana, josta meille ei ole jäänyt kirjallista tietoa. Monimuotoisuuden ylläpito ja muu ympäristönhoito tulee olemaan keskeistä tulevaisuuden kasvinviljelyssä, mutta miten sille saadaan sellaista yhteiskunnallista kysyntää, jota voidaan verrata 1900-luvun alun elintarvikeomavaraisuuden tavoitteluun. Silloin tuotantoketjun eri osat toimivat yhdessä saman päämäärän saavuttamiseksi.

Esihistoriallisella ajalla ohraa viljeltiin yksivuoroisesti

Esihistoriallisella ajalla tarkoitetaan aikaa, josta ei ole kirjallisia lähteitä olemassa. Siitepölylöydösten perusteella kasvinviljelyä on opeteltu jo runsaat 3 500 vuotta sitten (Rousi 1997). Vähitellen pronssikaudella menetelmät alkoivat vakiintua (1500–500 eKr.) ensin Lounais-Suomessa ja sen jälkeen Hämeessä, vaikkakin pysyviä asuinpaikkoja osoittavia kalmistoja on löydetty vasta uudemmalta kaudelta. Esihistoriallinen kausi loppui ristiretkiin (1050–1300 jKr.) (Taavitsainen ym. 1998), jolloin kasvinviljelyä on harjoitettu ilmeisesti Satakunnan ja Pohjanmaan rajoilta itään aina Mikkelin ja Laatokan seuduille. Sen lisäksi kapealla Pohjanlahden rannikkokaistalla Ouluun ja Tornioon saakka on kasvinviljelystä merkkejä. Pohjoisimmat viljelyt lienevät olleen Rovaniemen ja Kittilän seuduilla (Huurre 2003a).

Ajanlaskumme ensimmäisellä vuosituhannella viljalajeja käytettiin monipuolisesti. Sen kuvan antaa myös Laitilan Vainionpään merovingiaikaisen (600–800 jKr.) kalmiston alta esille tullut uhrikuoppa, joka sisälsi hiiltyneitä jyviä, kuten pölkkyvehnää, emmeriä ja leipävehnää, sekä kuorellista ohraa, ruista ja kauraa. Haudasta löydettiin myös herneen, härkäpavun, pellavan ja kitupellavan siemeniä (Huurre 2003b). Viljeltyjen kasvien lisäksi haudasta on löydetty luonnonkasvien siemeniä, mikä osoittaa että myös niitä osattiin hyödyntää silloin. Todennäköisesti naurista ja kaalia on tuolloin myös jo viljelty, vaikka siitepölylöydöksiä niistä ei ole tehty (Huurre 2003b). Syynä saattaa olla se, että sato korjataan ensimmäisenä vuotena ja kukkia sekä siitepölyä tekeviä juurakoita jää maahan yleensä vähän. Myös kaskiviljely menetelmänä on saattanut tuhota mahdolliset viljelyjäänteet (Huurre 2003b).

Vaikka viljelymerkkejä kaikista nykyisin viljeltävistä viljoista on tehty jo esihistorialliselta ajalta, laajeni vain ohran viljely silloin merkittäväksi ja muiden vasta myöhemmin. Vanhin Suomesta löydetty viljelykasvin siemen onkin kuorettoman ohran (*Hordeum vulgare*) jyvä ja se löydettiin vuonna 1983 Turun Niuskalasta (Rousi 1997). Hiiliajoituksen mukaan jyvän arvioidaan joutuneen maahan noin 1500–1690 eKr. (Rousi 1997, Huurre 2003a).

Rautakaudella (n. 500 eKr.-1300 jKr.) kuorettoman ohran lisäksi tärkein viljelykasvi oli kuorellinen ohratyyppi, jota ryhdyttiin viljelemään ennen ajanlaskun alkua. Tavallisen nelitahoisen ohran viljely alkoi noin 600 jKr., josta muodostui tärkein ohratyyppi koko maahan (Elfving 1896, Rousi 1997, Huurre 2003b). Tämän lisäksi kuusitahoista ohraa viljeltiin erityisesti Pohjois-Suomessa (Grotenfelt 1901) ja kaksitahoista ohraa Turun seudulla, Uudellamaalla ja Hämeessä (Elfving 1896, Rousi 1997).

Ohraa viljeltiin ainoana merkittävänä kasvina usein yksivuoroviljelyn tapaan. Kun maan kasvuvoima oli käytetty loppuun, jätettiin pellot epäsäännöllisin väliajoin kesannolle. Viljelyjaksot kesantojen välillä saattoivat kuitenkin olla pitkiä (Soininen 1974). Yksivuoroviljelyä sovellettiin myöhemminkin kylvetäessä ulkoppeltoja ja pieniä pellonkappaleita ohralle, kauralle, nauriille, pelivalle, hampulle, tupakalle ja myöhemmin myös perunalle. Yksivuoroviljelyä harrastettiin 1700-luvulla laajemmin Pohjois-Pohjanmaan ohranviljelyalueella, jossa lantaa riitti. Samaa peltotilkkua viljeltiin samoilla kasveilla niin kauan kuin satoa saatiin ja rikkaruohot pysyivät kurissa (Korhonen 2003a).

Ohran valta-asema säilyi 1800-luvulle saakka (Rousi 1997) muualla paitsi Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Uudellamaalla, joissa ruis syrjäytti ohran jo 1500-luvulla (Korhonen 2003b). Myös Itä-Suomen pelloilla viljeltiin ohraa, vaikka itse kaskilla viljeltiin ruista. Vaikka rukiista muodostui yleisin kaskien vilja, oli ohraa alun perin viljelty myös kaskissa (Grotenfelt 1901).

Ohran viljelyn pitkistä perinteistä huolimatta, oli viljelyssä vielä 1500-luvulla runsaasti epävarmuustekijöitä. Ohrasadon suuruutta kuvaavien jyvälukujen mainitaan olleen tuolloin 5-6, mikä tarkoittaa että satoa saatiin korkeintaan kuusinkertainen määrä kylvösiemeneen verrattuna. Myös satovaihtelut olivat suuria, viljelytekniikat kehittymättömiä ja viljelypinta-alat vähäisiä. Koko Suomen peltopinta-alan arvioidaan 1500-luvulla olleen noin 60 000 hehtaaria (Nummela 2003), josta alasta ohraa viljeltiin yleisimmin. Ohran käyttö muuttui 1900-luvulla, kun sitä syömäviljan sijaan alettiin yhä enemmän käyttää rehujen raaka-aineissa (Viita 1965). Vuonna 2006 ohraa viljeltiin viljoista laajimmin, noin 430 000 ha:n alalla, josta mallasohran osuus oli noin 133 000 ha:a (Kuva 2), (TIKE 2006).

Keski- ja uudella ajalla peltoja viljeltiin vuorovuosin

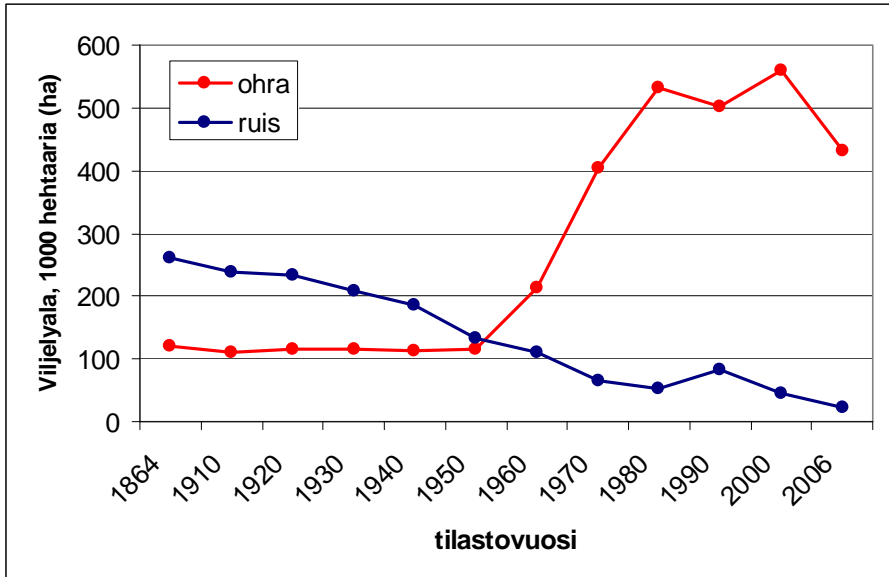
Esihistoria muuttui keskiajaksi 1100–1200, jolloin ristiretkiaika oli juuri päättyvässä Länsi-Suomessa (1050–1150 jKr.) jatkuen vielä jonkin aikaa Itä-Suomessa (1050–1300 jKr.). Keskiajan katsotaan vaihtuneen puolestaan nk. uudeksi ajaksi vuonna 1520, jolloin katolinen kirkko sai väistyä uskonpuhdistuksen myötä luterilaiselta kirkolta. Keskiajalta säilyneitä kuvauksia ja selostuksia suomalaisesta maataloudesta on varsin vähän. Lait säädettiin Ruotsissa, eikä ole aina varmaa noudatettiin niitä myös Suomessa (Orrman 2003b). Koska viljelymenetelmät olivat vanhakantaisia, vaikutti erityisesti maalajin muokattavuus ja viljavuus siihen, mitä pelloilla voitiin viljellä. Vaikeasti muokattavia peltoja otettiin sitä mukaa viljelyyn, kun muokkausmenetelmät kehittyivät (Orrman 2003a).

Ruis yleistyi kaksivuoroviljelyn mukana

Ruis (*Secale cereale* L.) on tullut Eurooppaan rikkakasvina muiden viljojen mukana ja sitä ryhdyttiin viljelemään vasta varhaisella rautakaudella (n 500 eKr->). Suomeen ruis tuli ilmeisesti lännen suunnalta, sillä sana *ruis* on kantagermaaninen tai kantaskandinaavinen lainasana (Huurre 2003b). Vanhimmat jyvälöydökset ovat Paimiosta ajanlaskumme alkua edeltäneeltä vuosisadalta (Rousi 1997).

Ruista viljeltiin sekä pelloilla että kaskissa. Kevätruis (*Secale cereale*) on ilmeisesti varhaisin maassamme viljelty ruistyppi ja sitä viljeltiin saaristossa ja etelärannikolla (Soininen 1974) sekä Itä-Suomessa (Elfving 1896). Syysruis yleistyi Länsi- ja Etelä-Suomen sisämaan pelloilla Ruotsista tulleen sarkajaon ja kaksivuoroviljelyn myötä noin 1100-1200-luvuilla. Kaksivuoroviljelyssä puolet pellosta oli kesantona ja puolet viljalla (Soininen 1974). Itä-Suomessa puolestaan novgorilaiset opit alkoivat vaikuttaa 1000-luvulla ja silloin pelloilla harjoitetun ohranviljelyn sijaan alettiin raivata moreenipohjaisia havumetsiä ruiskaskia varten (Orrman 2003b).

Keskiajan lopulta (Orrman 2003b) tai viimeistään 1600-luvulta (Wilmi 2003) lähtien viljeltiin pelloilla yleensä kookasjyväistä peltoruista (Korhonen 2003b, Orrman 2003b). Etelä-Suomessa viljeltiin myös juhannuksen aikaan kylvettävää nk. juhannusruista joko yksin tai sekoitettuna yksivuotisiin peltokasveihin (Elfving 1896). Moreenimetsien huhdissa viljeltiin pienijyväistä ja kapeatähkäistä kaski- eli korpiruista (Wilmi 2003). Niissä menestyi hyvin myös nk. juureisruis (Nummela 2003), jonka tähkän muoto ilmeisesti esti jyvien varisemista tuleentumisvaiheessa (Wilmi 2003). Sekä peltoviljely- että kaskialueella esiintyi näiden lisäksi useita paikallisia ruiskantoja (Elfving 1896).



Kuva 2. Esihistorialliselta ajalta lähtien ja aikoinaan erikoiskasveina viljeltyjen ohrien (rehu- ja mallasohrat) ja syysrukiin viljelyalojen muutokset vuosina 1864-2006. Vuonna 2006 mallasohran osuus oli noin 133 000 ha ja rehuohran osuus noin 298 900 ha:a. (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, Juhlin-Dannfelt 1925, TIKE 2006).

Rukiin merkitys alkoi kasvaa 1000-luvulta lähtien ja siitä tuli vähitellen ohraakin tärkeämpi. Rukiin valtakausi jatkui aina 1800-luvun lopulle saakka, jolloin Etelä-Suomessa kaura ja uudestaan ohra yleistyivät, ja samalla Itä-Suomen kaskenpoltto väheni (Korhonen 2003b). Rukiin viljelyala on laskeutunut tasaisesti vuodesta 1864 vuoteen 2006. Vuonna 1864 viljelyala oli 260 000 ha ja vuonna 2006 enää 21 900 ha (Kuva 2), josta noin 5 500 ha oli kevätruokiilla (Kuva 6), (TIKE 2006). Rukiin pinta-ala läheneekin jo monien erikoiskasvien viljelyn laajuutta.

Muita keskiajan viljelykasveja

Ohran ja rukiin lisäksi keskiajalla viljeltiin kaksivuoroviljelyn tapaan myös hampua, humalaa, hernettä, kauraa, kuitupellavaa, papua ja erittäin vähäisessä määrin vehnää. Naurista ja tattaria viljeltiin kaskissa (Orrman 2003b). Kuninkaankartanoiden viljelykasvilajisto saattoi olla monipuolisempi. Esimerkiksi Turun linnan ryytitarhassa viljeltiin vuonna 1549 kaalia, kurpitsaa, maa-artistokkaa, meiramia, minttua, naurista, neilikkaa, persiljaa, piparjuurta, retiisiä, salaattia ja sipulia, ja puutarhassa oli myös omena- ja kirsikkapuita. Olavinlinnan kartanoissa viljeltiin vuonna 1562 myös sinappia. (Vilkuna 2003).

Humala

Humalaa on viljelty oluen maustamiseen ja myös kuidun tuottamista varten, mutta viljelyn varhaisvaiheiden ajoittamista sekoittaa hampun ja villihumalan siitepölyjen samankaltaisuus. Molempiahan viljeltiin jo ennen humalan tuloa (Elfving 1896, Huurre 2003b).

Vuonna 1442 säädettiin maanlaki, jossa humalan viljely tehtiin pakolliseksi, jotta humalaa olisi riittävästi tarjolla Ruotsi-Suomessa pantavaa olutta varten (Elfving 1896). Harva talo kuitenkaan pystyi noudattamaan lain määräämää 200 humalasalon ylläpitoa manttaalia kohti (Soininen 1974). Määräystä noudatettiin parhaiten kuninkaankartanoissa (Elfving 1896) ja vähiten Itä-Suomessa (Wilmi 2003). Houkuttimena humalistojen perustamisesta annettiin muun muassa verohelpotuksia (Elfving 1896). Humalan viljelyvelvollisuus oli voimassa aina itsenäisyyden alkuun asti (Soininen 1974). Humalan aikaisemmista viljelyaloista ei ole tarkempaa tietoa. Vuonna 2006 humalaa viljeltiin noin yhden hehtaarin alalla (TIKE 2006).

Juurikasvit

Nauris (*Brassica rapa rapifera* tai *Br. campestris* var. *rapa*) oli perinnäisen maatalouden aikana tärkeä ravintokasvi ja sitä viljeltiin myös eläinten rehuksi. Naurista viljeltiin erityisesti kaskissa ja viljely väheni perunan yleistymisen ja kaskan polton loppumisen myötä 1800-luvun alussa. Kaskeamisen jälkeen naurista viljeltiin jonkin verran myös pellolla, jossa se lähellä pintaa kasvavana saattoi menestyä kovemmassakin maassa. Erilaisia paikalliskantoja tiedetään esiintyneen useita ja kasvi menestyi aina Inaria myöden (Elfving 1896, Soininen 1974, Korhonen 2003b.)

Rehunauriin eli *turnipsin* viljely liittyy naurista myöhäisempään vaiheeseen eli 1800-lukuun. Silloin Suomeen levisi Englannista vuoroviljely, johon juurikasvien viljely kuului yhtenä osana. Tämän vuoksi turnipsista tuli suosittu ja se osoittautui myös satoisaksi rehuksiviksi (Soininen 1974).

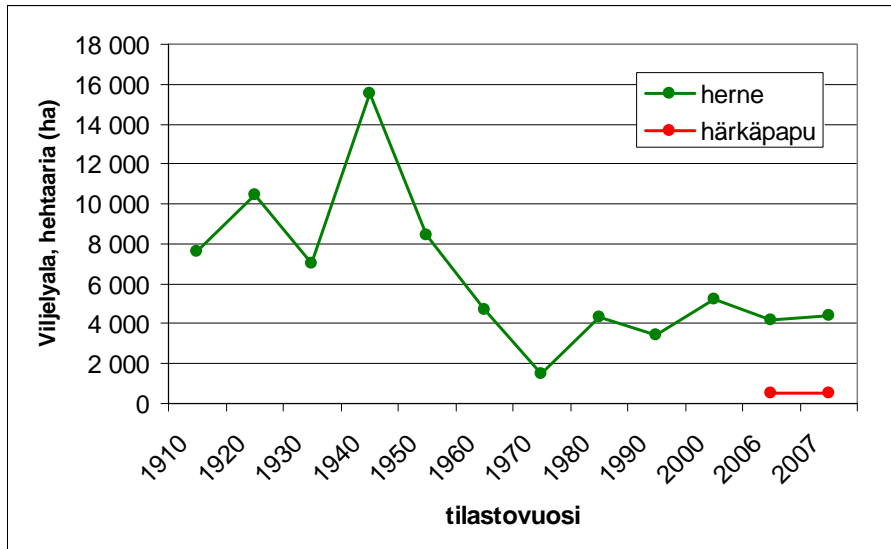
Lanttua (*Brassica napus rapifera*) kasvaa viljelemättömänä rantakasvina Pohjanmeren rannoilla, Ruotsin itärannalla ja Gotlannissa (Elfving 1896). Lanttu on myös vanha viljelykasvi, joka vaati naurista pitemmän kasvuajan. 1700-luvulla lanttua viljeltiin erityisesti Etelä-Suomen pelloilla, jossa nauriin viljely oli vähäisempää. Itä-Suomeen lantun viljely levisi myöhemmin (Soininen 1974). Lanttua viljeltiin turnipsin tavoin myös eläinten rehuksi (Vihola 1991).

Vuoden 1960 tilastoissa turnipsia, lanttua ja muita juurikasveja viljeltiin noin 12 500 hehtaarilla (Anon. 1964). Vuonna 2006 lantun ja nauriin yhteispinta-ala oli noin 350 ha (TIKE 2006).

Palkokasvit

Vanhin herneen viljelyyn viittaava siitepölylöydös on noin 500 eKr. Turun Niuskalasta. Tämän ajoituksen jälkeisiä makrofossiilisia hernelöydöksiä on ajanlaskun alun jälkeiseltä rautakaudelta eri puolilta Suomea. Herne on tullut Ruotsista Lounais-Suomeen, josta herneen viljely levisi muuallekin 1600-luvulla (Wilmi 2003). Herne oli erityisesti Länsi- ja Lounais-Suomen sekä Etelä-Pohjanmaan viljelykasvi, joissa maalaji oli sopivan savinen ja viljely tapahtui pääasiassa pelloilla. Sen sijaan Itä- ja Pohjois-Suomessa herneen viljelyä rajoitti peltoviljelyn vähäisyys (Soininen 1974). Herneestä tunnetaan peltoherne (*Pisum arvense*) ja puutarhaherne (*Pisum sativum*) eikä ole varmaa kumpaa lajia meillä on vanhastaan viljelty (Elfving 1896).

Papu on tullut Suomeen hernetä myöhemmin ja mahdollisesti idästä päin (Wilmi 2003). Merovingiaikaisia (600-800 jKr.) papulöydöksiä on Laitilan Vainionmäen lisäksi mm Hattulasta (Huurre 2003b), ja vahvinta viljelyaluetta olikin uudella ajalla (1520->) Lounais- ja Etelä-Suomi (Wilmi 2003) ja ilmeisesti myöhemmin Itä-Suomi (Elfving 1896). Viljelty tavallinen papu oli hevos- eli härkäpapua (*Faba vulgaris*), joka vaati hernetä savisempaa maata ja pidempää kasvukautta. Härkäpavusta oli olemassa useita erilaisia muotoja (Elfving 1896), kuten kannaksella viljelty nk. talonpoikaispapu (Soininen 1974).



Kuva 3. Herneen viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1910-2007 ja härkäpavun 2006 ja 2007. (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, TIKE 2006 ja 2007).

Palkokasvien yhteispinta-ala oli vuonna 1864 noin 8 500 ha (Juhlin-Dannfelt 1925) ja laajimmillaan eli noin 15 500 ha alalla palkokasveja viljeltiin vuonna 1940 (Anon. 1947). Sen jälkeen viljelyalat ovat supistuneet ja vuonna 2007 hernetä ja härkäpapua viljeltiin vähän alle 5 000 hehtaarilla, josta härkäpavun osuus oli noin 500 ha (TIKE 2007) (Kuva 3).

Tupakka

Suomessa tupakan viljelyä aloitettiin 1600-luvulla (Wilmi 2003), mutta vasta 1700-luvun lopulla sen viljely oli laajinta. Valtio yritti rajoittaa ulkomaisen tupakan tuontia edistämällä kotimaista viljelyä (Elfving 1896). Suomessa viljeltiin palturitupakkaa (*Nicotiana rustica*) ja jonkin verran myös virginian-tupakkaa (*Nicotiana tabacum*). Viljely oli niin yleistä Etelä- ja Keski-Suomessa (Soininen 1974), että sen pelättiin jo haittaavan muiden hyödyllisten kasvien viljelyä (Elfving 1896). Vielä 1850-luvulla tupakkaa viljeltiin maaseudulla, mutta vähitellen parempilaatuista tupakkaa ryhdyttiin tuomaan aluksi salaa Venäjän kautta Suomeen (Elfving 1896).

Tupakka tarvitsee voimakkaasti lannoitetun ja lämpimän kasvupaikan tuottaakseen hyvän ja laadukkaan sadon. 1900-luvulla toinen maailmansota vaikeutti ulkomaisen tupakan tuontia ja siksi kasvia ryhdyttiin uudestaan viljelemään paikoitellen Suomessa. Viljelytekniikasta, lannoituksesta, korjuusta ja kuivatuksesta kertova opas julkaistiin vuonna 1945. Kirjasen lopussa Oy Kotosto Ab -niminen yritys mainostaa ostavansa lehtitupakkaa myös pienissä erissä (Wallin 1945).

Erikoiskasvit mahdollistivat viljelykiertojen käytön 1800-luvulla

Autonomian ajan maataloudessa alkoi tapahtua. Elintarvikkeita tarvittiin yhä enemmän, koska väestön määrä alkoi kasvaa. Kotimaista viljantuotantoa ei saatu tehostettua riittämiin, joten viljaa tuotiin runsaasti Saksasta ja Venäjältä. Peltoa raivattiin metsistä, niityistä ja soista. Muokkaus-, kylvö- ja korjuutekniikat kehittyivät ja tuotantokoneita ryhdyttiin edistyksellisimmillä viljelyalueilla käyttämään (Anttila 1974). Maanparannusaineita ryhdyttiin valmistamaan ja ojituksen merkitys pellon kasvukunnolle alkoi valjeta (Virrankoski 2005). Kun isojaon myötä pellot saatiin lohkottua tiloille järkevämmällä tavalla, voitiin uusia viljelykasveja ja -menetelmiä ryhtyä myös kokeilemaan.

Suomen maataloutta ryhdyttiin kehittämään nautakarjavaltaiseksi, koska viljanviljelyllä ei katsottu olevan mahdollisuuksia. Tavoitteena olikin, että maidon ja voim myyntituloilla hankittaisiin viljaa ulkomailta. 1800-luvulla rehua alettiin tuottaa viljellyistä nurmista, kun tähän asti karjan rehu oli korjattu viljelemättömiltä luonnonniityiltä (Anttila 1974).

Autonomian ajalla (1800-luvulla) muutamien aikaisemmin erikoiskasvien asemassa pidettyjen kasvien viljely löi itsensä läpi. Saatiinpa joukkoon myös löytöretkeilijöiden Eurooppaan tuoma ihka uusi viljelykasvi.

Kaura osaksi kolmivuoroviljelyä

Kaura on Suomen neljästä pääviljalajista nuorin. Vanhin jyvälöydös on tehty Salosta noin vuodelta 300 jKr. Kaura levisi alkujaan rikkakasvina (Rousi 1997) ja itämerensuomalaisiin kieliin kaura-sana on saatu germaanisista kielistä (Huurre 2003b).

Vaikka kauraa oli viljelty jo esihistorialliselta ajalta lähtien, oli sen viljelyala vähäinen aina 1800-luvulle asti. Kauraahan viljeltiin tuolloin lähinnä vain hevosten rehuksi (Elfving 1896, Wilmi 2003).

Lounais-Suomessa kauran viljely lisääntyi 1800-luvulla kolmivuoroviljelyn myötä, jossa pelto oli kesantona enää kerran kolmessa vuodessa. Rukiin lisäksi nyt voitiin ryhtyä viljelmään myös kauraa. (Soininen 1974). Edistys johtui kääntösiipiauran käyttöönotosta, jonka avulla maa saatiin paremmin muokattua ja rikkakasvit voitiin pitää hallinnassa. Viljelyn siirtymistä kevätviljan viljelyyn pidettiin kaikin puolin edistysaskeleena, koska silloin vältettiin syksyllä kylvettävän rukiin satotappioilta, jota talvivauriot aiheuttivat (Korhonen 2003b). Kotieläintalouteen siirtyminen vauhditti kauran viljelyalojen kasvua, koska kauraa tarvittiin nyt hevosten lisäksi myös nautojen rehuksi (Anttila 1974, Elfving 1896).

Vuonna 1864 ruista ja ohraa viljeltiin vielä kauraa enemmän (Juhlin-Dannfelt 1925), mutta 1900-luvun alussa kauraa oli jo viljoista eniten kylvössä (Anon. 1916). Toisen maailmansodan päättymisen jälkeen vuonna 1945 kauran viljelyala hypähti kaksinkertaiseksi yli 800 000 hehtaariin (TIKE 2000). Vuonna 2006 kauraa viljeltiin viljoista toiseksi eniten eli noin 350 000 hehtaarilla (Kuva 4), (TIKE 2006).

Kylvönurmista tuli koppeliviljelyn ydin

Karjankasvatus on tullut Suomeen vasarakirveskulttuurin (3200–2500 eKr.) aikana (Salo 2005), mutta vasta 1800-luvulla peltoja ryhdyttiin käyttämään karjan rehuntuotantoon (Anttila 1974). Juuri 1700–1800-taitteessa perustettu Suomen Talousseura alkoi edistää apilan viljelyä toimittamalla siementä ja jakamalla palkkioita apilan viljelijöille (Elfving 1896). Nurmikasvien kuten puna- (*Trifolium pratense*) ja alsikeapilan (*Trifolium hybridum*), nurmipuntarpään (*Alopecurus pratensis*) ja timotein (*Phelum pratense*) viljely yleistyivät ja sen synnyttämä siementarve käynnisti erilaisten nurmisiementen tuonnin 1800-luvulla. Siemeniä kerättiin myös latojen lattioilta ja luonnon niityiltä (Elfving 1896, Anttila 1974).

Pellon ottaminen nurmiviljelyyn ja nautaeläinten rehuntuotantoon ei tapahtunut äkisti vaan vaati myös asennemuutosta. Heinän viljelemistähän pellossa pidettiin hullutuksena (Soininen 1974), sillä peltoja oli käytetty vuosituksia vain ihmisravinnon tuottamiseen. Sen lisäksi itse karjan rooli maataloudessa muuttui lannan tuottamisesta maidon tuottamiseen (Anttila 1974, Korhonen 2003b).

Nurmien peltoviljely toi maahamme uuden viljelymenetelmän, koppeliviljelyn, Saksasta. Siinä kesannon osuus väheni ja viljan sekä heinän viljelyä vuoroteltiin. Menetelmän teki mahdolliseksi karjatalouden laajeneminen, minkä ansiosta lantaa saatiin riittävästi pelloille ja toisaalta heinälle ja muille rehu- kasveille oli tarvetta. Viljelykierron pituudeksi tuli 7-8 vuotta, joskus jopa 9-10 vuotta, jossa oli 3-4-vuotisen heinän lisäksi osansa myös syys- ja kevätiljalla sekä kesannolla (Soininen 1974). Apila soveltui puolestaan Englannista peräisin olevaan vuoroviljelymenetelmään, jossa kesantoa korvattiin monipuolisella viljelykierolla. Yksi käytetyistä viljelykasveista oli lyhytkestoinen apilanurmi (Soininen 1974).

Nurmien peltoviljely ja peltolaitumien käyttö lisääntyi nopeasti 1800-luvun loppuilla. Tilastojen mukaan nurmiheinää ei vielä vuonna 1864 tuotettu pelloilla vaan rehu saatiin luonnonniityiltä, joiden pinta-alaksi on tilastoitu 2,9 milj. ha (Juhlin-Dannfelt 1925). Rehuntuotantoon käytettyjen luonnonniittyjen pinta-alat vähentyivät sitä mukaan, kun niittyjä raivattiin pelloiksi. Jo vuonna 1910 nurmet käsittivät yli 770 000 peltohehtaaria, kun taas 1,8 milj. hehtaaria oli 'enää' luonnonniittyjä (Anon. 1916). Vuonna 2006 luonnonniittyjen tapaisia alueita oli vajaat 30 ha ja nurmien käytössä noin 620 000 ha (Kuva 4), (TIKE 2006). Pellon käyttö nurmina oli laajinta vuonna 1960, jolloin ala lähestyi jo 1,5 milj. hehtaaria (Anon. 1964).

Peruna mukaan uuteen vuoroviljelyyn

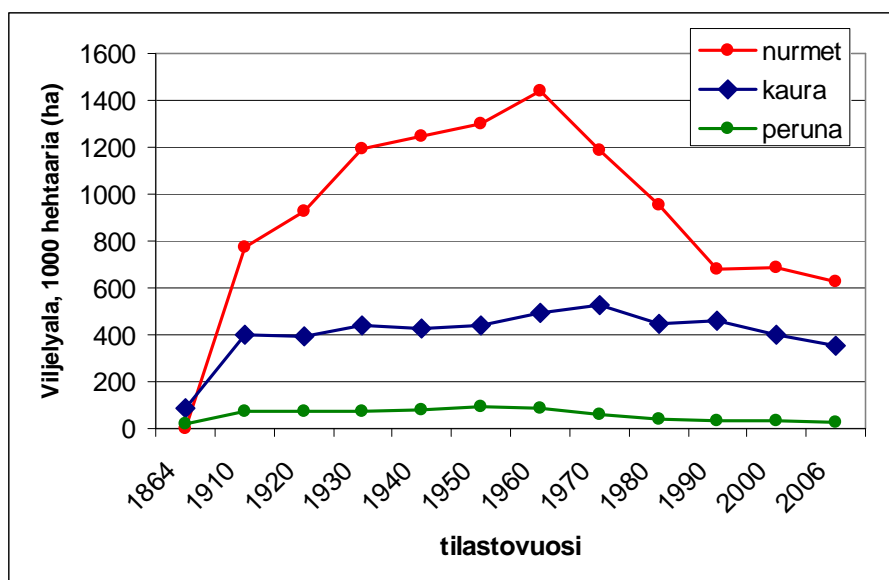
Perunan viljelyä opeteltiin tiettävästi ensimmäisenä Inkoon pitäjän Fagervikin kartanossa 1720-luvun loppuvuosina, jonne saksalaisia seppiä muutti töihin (Elfving 1896). Perunaviljely levisikin ensin Etelä- ja Lounais-Suomen herraskartanoihin (Elfving 1896). Viljelyä edistivät monet tekijät, kuten ensimmäisen perunanviljelysoppaan julkaiseminen ja valtion panostus perunanviljelyyn viljalle koituvien katovuosien varalta (Soininen 1974). Tärkeää oli myös suomalaisten ruotusotilaiden viettämä aika Saksan Pommerin sodassa (1757–1762), josta he toivat tuliaisinaan perunan viljely- ja käyttötaidon. Perunan viljely levisi myös sotilastorpista käsin (Sauli 1941) mutta oli vielä 1700-luvun lopulla jokseenkin tuntematon Keski-Suomesta pohjoiseen (Elfving 1896).

Perunanviljelyllä oli innokkaita puolestapuhujia, kuten Asikkalan kappalainen sekä muidenkin maalaiskuntien papit (Elfving 1896). Perunan läpimurto

tapahui 1800-luvun alkuvuosikymmenellä, kun Suomen Talousseura ryhtyi edistämään perunanviljelyä jakamalla ilmaiseksi siemenperunoita ja antamalla palkintoja ahkerasta viljelyksestä (Elfving 1896). Perunan nopeaan yleistyseen vaikuttivat todennäköisesti myös vuosien 1808-1809 sodan aiheuttama viljapula sekä väestölisäys (Sauli 1941, Kuujo 1948). Vielä vuonna 1810 perunan viljely oli vähäistä (Sauli 1941), mutta vuosisadan puolivälissä perunaa viljeltiin jo Pohjois-Suomessakin (Korhonen 2003b).

Perunasta tuli yksi keskeinen viljelykasvi Englannista peräisin olevan vuoroviljelymenetelmään, jossa kesanto korvattiin aikaisempaa monipuolisemmalla kasvivuorottelulla. Keskeinen sija oli juurikasveilla ja lyhytkestoisella apilanurmella. Kierto saattoi kestää 6-8 vuotta, mutta myös 18-20 vuoden kiertoja kehitettiin (Soininen 1974).

Perunan viljelyaloissa havaitaan mielenkiintoisella tavalla yhden merkittävimmän uudella ajalla Suomeen tulleen erikoiskasvin elinkaari. Vuonna 1864 viljelyala oli vähän yli 20 000 hehtaaria (Juhlin-Dannfelt 1925), josta viljely yleistyi ja vuonna 1950 oli laajimmillaan lähes 100 000 hehtaaria (Anon. 1955). Nyt 2000-luvulla, kun viljelyn alkutaipaleista on aikaa lähes 150 vuotta, on viljelyala laskenut lähelle alkuvuosien tasoa (Kuva 4), (TIKE 2006). Huomioitavaa on kuitenkin se, että sadot ovat moninkertaistuneet alkuvuosiin verrattuna, joten myös tarve tulee tyydytettyä selvästi pienemmältä alalta.



Kuva 4. 1800-luvulla yleistyneiden ja aikoinaan erikoiskasveina viljeltyjen kauran, viljeltyjen nurmikasvien ja perunan viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1864-2006 (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, Juhlin-Dannfelt 1925, TIKE 2006).

Kasveja toukomaiden viljelykierrossa

Rukiin ja kesannon kaksivuoroviljelyyn kehittyi 1700-1800-luvulla sivukierroja, joissa osa kesannoksi jätetystä pellostä käytettiin kevätiljan ja muiden viljelykasvien viljelyyn. Toukomaaksi kutsuttu osa kesantoa ei ollut pysyvä, vaan sen paikkaa vaihdettiin myös. Siinä voitiin viljellä ohraa, hernettä, papua, juurikasveja, pellavaa, hamppua tai perunaa (Soininen 1974).

Kuitupellava

Pellavan (*Linum usitatissimum*) viljely on alkanut Skandinaviassa mahdollisesti jo kivikaudella (->1500 eKr.) (Huurre 2003b). Suomesta vanhimmat pellavansiemenet on löydetty Lounais-Suomesta ja Hämeestä, ja ne on ajoitettu ensimmäiselle vuosisadalle ajanlaskumme alussa. Varmaa ei ole, onko kasvia viljelty kuidun vai öljyn takia. (Huurre 2003b). Myös Laitilan Vainionpään merovingiaikaisesta (600-800 jKr.) kalmistosta löydettiin pellavan siemeniä (Huurre 2003b).

Uudella ajalla (1520-1700) kuitupellavaa viljeltiin erityisesti Hämeessä ja Turun seudulla, mutta myös Pohjois-Karjalassa (Elfving 1896, Kaukonen 1946) ja Savossa (Grotenfelt 1901). Pellavasta kudottuja palttinakankaita vietiin myös ulkomaille (Elfving 1896). Myöhemmin 1800-luvulla Suomen Talousseura ryhtyi edistämään pellavatuotantoa jakamalla palkintoja ja julkaisemalla oppikirjoja. Talousseura perusti myös pellavarahastoja ja kehruuskouluja eri puolille Suomea (Elfving 1896, Laine 1943). Vuosisadan lopulla pellavan viljely oli erityisen tärkeää Hämeessä, jossa tuotannon arvo kasvoi paikallisesti 5-10 %:iin maataloustulosta. Laaja kuitupellavatuotanto oli mahdollista Tampereelle syntyneiden pellavan jalostustehtaiden ansiosta, jotka ostivat raaka-ainetta lähiseudulta. Ulkomaisen pellavakuidun tuonti kuitenkin kasvoi ja vähensi kotimaisen viljelyn tarvetta (Vihola 1991). Pellavan viljelyn suosiota vähensi myös sen työvaltaisuus. Samoihin aikoihin 1800-luvun lopulta lähtien kasvoi myös puuvillakankaiden suosio pellavaisen kustannuksella (Laine 1943).

Kuitupellavan viljely oli laajimmillaan 1800-luvun lopulla, josta ei kuitenkaan ole tilastoja. Vielä 1900-luvun alussa kuitupellavan pinta-alat olivat yli 6 500 hehtaaria (Anon. 1916). Tällä hetkellä Suomessa toimii yksi kuitupellavakehräämö (<http://www.flax.fi/nordlin>) ja kuitupellavan viljely on laskeutunut muutamaankuuteen hehtaariin (Kuva 5) (TIKE 2006).

Kuituhamppu

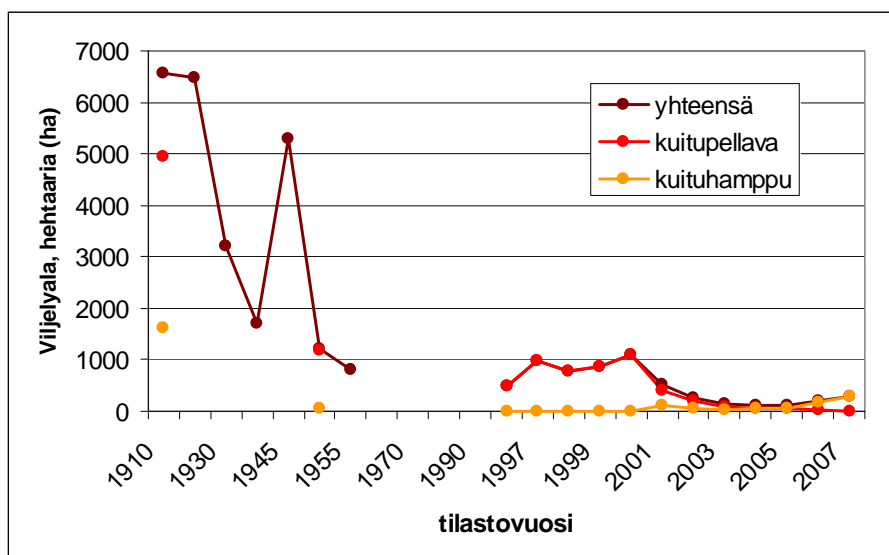
Hamppua eli liinaa (*Cannabis sativa*) (Elfving 1896) on viljelty pellavan tavoin pääasiassa kuidun tuottamista varten, mutta se on todennäköisesti pellavaa nuorempi idän suunnalta saapunut tulokas. Hamppua on meillä viljelty

kuitukasvina viimeistään viikinkiajalta (800-1050 jKr.) lähtien (Huurre 2003b).

Pellavaa vaatimattomampana hampun viljely oli yleisempää Pohjois- ja Itä-Suomessa (Elfving 1896, Wilmi 2003). Se tarvitsee ravinteikkaan ja syvämultaisen maan ja sen kerrotaan menestyvän napapiirille saakka (Kaukonen 1946). Paikoitellen hampua viljeltiin myös Etelä- ja Länsi-Suomessa (Kaukonen 1946).

Hampua viljeltiin yleisesti maataloilla aina 1800-luvun lopulle saakka ja siitä tehtiin kotitarpeiksi köysiä, säkkejä ja pyydyksiä (Wilmi 2003). Koska hampua liikenä myyntiin vain vähän, ei viljelyn rahallista arvoa voitu laskea (Vihola 1991), vaikka hampua tuotettiin lähes sama tai vähintään puolet kuitupellavan määrästä vuosina 1860-1900 (Viita 1965).

Hampun viljelyala oli vielä vuonna 1910 noin 1 600 hehtaaria (Anon. 1916), jonka jälkeen hampun viljelyaloja ei enää eroteltu pellavasta. 1990-luvun lopulla hampun viljelyä on ryhdytty uudestaan kehittämään ja viljelyalat ovat olleet viime vuosina nousussa. Vuonna 2007 kuituhampua viljeltiin noin 300 ha:lla (TIKE 2007) (Kuva 5). Kuituhampusta on tulossa varteentottava vaihtoehto erikoispaperien, rakennuseristeiden ja bioenergian tuotantoon, koska kasvi menestyy ja tuottaa myös käytännössä suuria biomassoja (Luukkakallio 2007).



Kuva 5. Kuituhampun ja kuitupellavan viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1910-2007. Huomaa tilastovuosien epäyhtenäisyys (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, TIKE 2000, 2003, 2005a, 2005b, 2006 ja 2007).

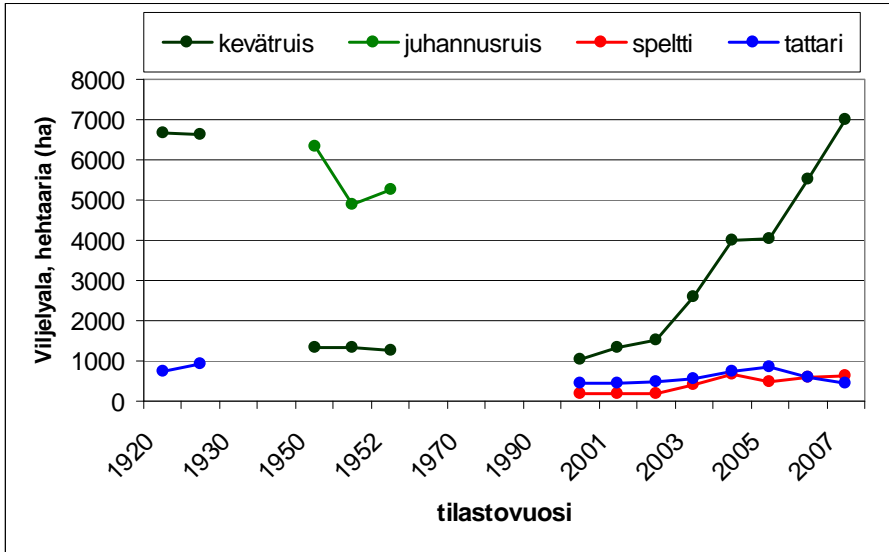
Kuituhampun lisäksi öljyhampun viljelyä ja jatkojalostusta tehdään Suomessa pienimuotoisesti (<http://www.finola.com>). Öljyhampun viljelyala oli vuonna 2006 vähän alle 20 hehtaaria (TIKE 2006).

Kaskien vilja tattari

Tattari (*Fagopyrum esculentum*) on viljan tavoin elintarvikkeeksi käytettävä, Aasiasta kotoisin oleva kasvi. Suomeen ja muualle Eurooppaan tattari tuli idästä Siperian kautta (Campbell 1997). Sitä viljeltiin jo 1300-luvulla Laatokan ja Äänisen rannoilla, joista se levisi Karjalaan ja Savoan (Huurre 2003b). Onkin mahdollista, että Suomi oli yksi ensimmäisistä läntisistä maista, johon tattari tuli mongolikansojen mukana, koska viitteet tattarin käytöstä Keski-Euroopassa ovat samoilta ajoilta tai jopa myöhemmin 1400-luvulta (Elfving 1986).

Viljely oli laajinta Itä-Suomen kaskiviljelyalueella sekä osin myös Hämeessä. Varsinaisissa tatarikaskissa kasvi kylvettiin ensimmäisenä, mutta yleisemmin vaatimattomassakin maassa menestyvää tattaria kylvettiin vasta viimeisenä rukiin tai kevätiljan jälkeen (Grotenfelt 1901). Viljelyä harjoitettiin samoilla itäisen Suomen kaskimailla pitkälle 1800-luvulle asti (Grotenfelt 1924) ja sen jälkeen viljely väheni myös siellä kasken polton mukana (Soininen 1974). Paikoin tattarin viljelyä jatkettiin kaskeamisen loputtuakin hiekkaisilla pelloilla. Hallanarkana ja huonosti savimailla menestyvänä tatarilla ei katsottu olevan edellytyksiä Länsi-Suomessa (Soininen 1974). Keskiajalla 1500-luvulla tattarin viljelyä on kuitenkin kokeiltu Turun linnan kuninkaan-kartanoissa (Vilkuna 2003).

Tattarin viljely oli laajinta kaskeamisen aikaan, mutta varsinaisista pinta-aloista ei ole tietoa saatavilla. Vuonna 1920 tattaria viljeltiin noin 900 hehtaarin alalla (Anon. 1924), jonka jälkeen kasvi näkyi tilastoissa vasta 1990-lopulla. Tattari onkin alkanut uudestaan kiinnostaa kuluttajia ja tutkijoita pähkylän terveyttä edistävien ominaisuuksien takia. Tattari viljelyn laajenemiselle voisi olla 2000-luvulla mahdollisuuksia, mikäli tattarin hyötyaineiden jatkojalostukseen panostetaan (Keskitalo 2007a). Tattarin viljelyalat ovat 2000-luvun alussa olleet noin 400-800 hehtaaria (Kuva 6), (TIKE 2006).



Kuva 6. Kevät- ja juhannusrukiin, spelttivehnän ja tattarin viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1920-2007. Huomaa tilastovuosien epäyhtenäisyys (Anon. 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, TIKE 2003, 2005a, 2005b, 2006 ja 2007)

Erikoiskasvien myötä peltoviljely erikoistui ja yksipuolistui 1900-luvulla

Itsenäisyyden ajan yhteiskunta muuttui ja samalla myös maatalous. Edellisellä vuosisadalla vauhtiin päässeen kylvöheinän ja nurmien viljely pellolla jatkuu 1900-luvulla voimakkaana ja laajimmillaan niiden osuus koko peltoalastamme oli vuonna 1960 lähes 1,5 milj. hehtaaria (Anon. 1964).

Keskeisenä tavoitteena oli omavaraisen elintarviketuotannon kehittäminen. Kasvinviljelyssä tärkeintä oli eri viljelykasvien hehtaarisatojen lisääminen. Keinolannoitteet, kasvinsuojeluaineet sekä monet tekniset uudistukset paransivatkin tuotantoa. Kasvinjalostuksen avulla saatiin kasvuoloihimme soveltuvia lajikkeita. Myös maataloustutkimuksella ja neuvonnalla oli keskeinen tehtävä kotimaisen elintarviketuotannon kehittämisessä (Poutiainen & Kempainen 1998). Lisää peltoa raivattiin entisistä niityistä sekä metsistä. Uusien viljelykasvien mukana tilat alkoivat erikoistua ja maamme sisälle syntyi alueellisia eroja tuotantosuuntien välille. Kasvinviljelyvaltaisilla alueilla karjatalous ja samalla myös nurmien ala väheni.

Erikoisesta vehnästä jokapäiväinen leipämme

Vehnää viljeltiin jo rautakaudella ennen ajanlaskumme alkua (Elfving 1896, Wilmi 2003), josta on osoituksena Turusta ja Paimiosta löydetyt emmervehnän (*Triticum dicoccum*) jyvät (Huurre 2003b). Kuorellista ja pitkävihneistä emmeriä viljeltiin Varsinais-Suomessa ja Hämeessä vielä viikinkiajalla (800-1050 jKr.) (Huurre 2003b). Kuoretonta, lyhyen ja pölkkymäisen tähkän omaava pölkkyvehnää (*Triticum compactum*) (Elfving 1896) viljeltiin 1000-luvulla ainakin Mikkelin seudulla (Huurre 2003b). Pölkkyvehnä oli tavallista syysvehnää talvenkestävämpi mutta myös heikompiaton (Soininen 1974). Kapeatähkäinen ja kovakuorinen speltti (*Triticum spelta*) oli myös yksi esihistoriallisen ajan vehnistä. Speltin viljely oli harvinaisempaa ja se jäi Suomessa ilmeisesti lyhytaikaiseksi (Elfving 1896). Viljelyjäänteitä on löydetty vain Salon Uskelasta 300 luvulta jKr. (Huurre 2003b). 1990-luvun lopulla speltin viljely on alkanut uudestaan kiinnostaa ja pinta-alat ovat olleet nousussa (Kuva 6).

Leipävehnän (*Triticum aestivum*) viljely yleistyi jonkin verran ajanlaskumme ensivuosisatojen aikana ja syrjäytti ensin emmerin ja keskiajalla (1300-1520) (Huurre 2003b) tai vasta 1800-luvulla (Soininen 1974) myös pölkkyvehnän. Keskiajalla Kustaa Vaasa yritti lisätä vehnän viljelyä kuninkaankartanoidensa kautta (Wilmi 2003). Vanhastaan rannikkoseudulla viljellyn syysvehnän rinnalle tuli kevätvehnä, jota viljeltiin 1800-luvun puolivälissä myös jonkin verran sisämaassa. (Soininen 1974). Kaiken kaikkiaan 1800-luvulla vehnä viljeltiin hyvin pienillä alueilla vain Turun ja Porin läänissä (Vihola 1991).

Vehnän viljelyyn alettiin kiinnittää huomiota 1900-luvun alkuvuosikymmeninä. Vuonna 1914 Venäjä langetti Suomeen tuodulle viljalle tullin, joka yhdessä ensimmäisen maailmansodan syttymisen kanssa aiheutti maassamme viljapulan (Rasila 1966). Sen innostamana Suomessa heräsi jo itsenäisyyden alkuvuosina kiinnostus kotimaiseen vehnän viljelyyn (Heino 1989). 1930-luvulla vehnän viljelyyn kannusti viljan kysynnän kasvu. Ainakin osaksi kysyntää lisäsi myllyjen velvollisuus sekoittaa tuontiviljasta jauhettua jauhoa sekaan tietty osa kotimaista jauhoa (Anon. 1932, Vihola 2003). Myös uuden vehnämyllyn perustaminen lisäsi kotimaisen viljan kysyntää (Heino 1989).

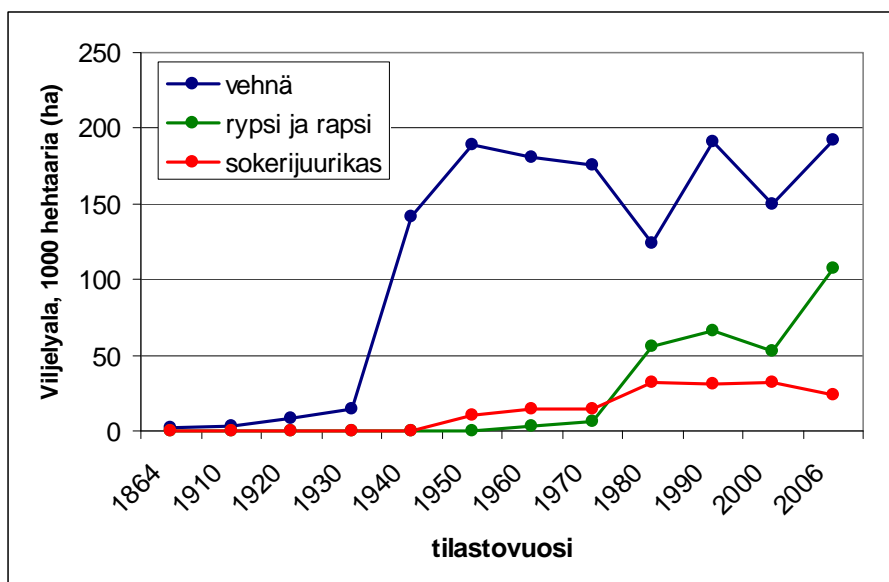
Vehnän viljelyn suosio kasvoi nopeasti Suomen itsenäistymisen jälkeen vuosien 1920 ja 1940 välillä. Kahdessakymmenessä vuodessa viljelyala lisääntyi noin 9 000 hehtaarista (Heino 1989) yli 140 000 hehtaariin (Anon. 1947). Vuonna 2006 vehnän yhteispinta-ala oli 192 000 ha, josta suurimman osan (noin 172 000 ha) käsitti kevätvehnä (TIKE 2006). Syysvehnän pinta-alat ovat vaihdelleet viimeisten seitsemänkymmenen vuoden aikana 13 000 - 56 000 välillä (Anon. 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, TIKE 2006). Aikoinaan pienillä pinta-aloilla viljellystä vehnästä kehittyi nykyisin neljänneksi laajimmin viljelty viljelykasvi nurmien, ohran ja kauran jälkeen (Kuva 7), (TIKE 2006).

Sokerijuurikkaasta erikoistuvien tilojen kasvi

Suomen ensimmäinen sokeripuhdistamo perustettiin 1750-luvulla Turkuun Aurajoen varteen. Tehdas käytti raaka-aineena pelkäästään ulkomailta tuotua sokeriruo'on raakasokeria (Jaatinen 2006). Ensimmäinen sokerijuurikkaan (*Beta vulgaris*) viljelykokeilu puolestaan tehtiin 1830-luvulla Hämeenlinnan, Voipaalan kartanon mailla. Kannattamattoman viljelyn takia tila jouduttiin myöhemmin myymään (Nygren 2007). Vuosisadan lopulla sokerinjuurikkaasta viljeltiin jo useilla tiloilla Lounais-Suomessa ja viljelyn kannattavuudesta tehtiin tarkat muistiinpanot (Grotenfelt 1910). Turkuun perustettiin myös toinen sokerinjalostustehtas Alfa vuonna 1899. Nyt raaka-aineena käytettiin sokerijuurikkaasta, jota tehdas osti lounaissuomalaisilta viljelijöiltä. Tämäkin yritys kaatui vararikkoon muutaman käyntikauden jälkeen (Nygren 2007).

Kiinnostus sokerijuurikkaaseen kuitenkin säilyi ja sen viljelystä kerrotaan jo varsin yksityiskohtaisesti 1900-luvun alussa julkaistussa kirjassa (Grotenfelt 1910). Viljelyn laajenemiseen vaikutti valtion myönteinen suhtautuminen kotimaisen sokerintuotannon kehittämiseen ensimmäisen maailmansodan jälkeen. Suomen Raakasokeritehdas Oy perustettiin ja Salon tehdas aloitti toimintansa ensimmäisenä Suomessa vuonna 1920 (Nygren 2007). Tämän jälkeen perustettiin vielä neljä jalostustehdasta (Brummer 1961, <http://www.antrea.fi>). Tärkeä tekijä sokerinjuurikkaan tuotannolle oli myös 1960-luvulla kauppaan tullut ja harvennustyötä helpottanut yksi-itoinen lajike (<http://www.hilleshog.com>).

Sokerijuurikkaasta on Suomessa viljelty yhtäjaksoisesti vuodesta 1919 lähtien. Alun 500 hehtaarin viljelyalat kasvoivat vuoteen 1970 saakka maltillisesti (Brummer 1961, Anon. 1973). Laajimmillaan viljely oli 1980-2000 -luvuilla, jolloin sokerijuurikkaasta viljeltiin vuosittain yli 30 000 hehtaarin aloilla (Anon. 1981, 1991, 2001). EU:n ajaman sokerikiintiöleikkauksen takia Suomessa on vuodesta 2007 lähtien jäljellä enää yksi, Säskylän juurikassokeritehdas (Kukkola 2006). Uudistusten tavoitteena oli päästä eroon EU:n sokeriyliuotannosta, mikä on estänyt kolmansien maiden sokerin tuotantoa (Huan-Niemi 2005). Suomessa sokerinjalostustehtaiden sulkeminen on alkanut näkyä juurikkaan viljelyalojen supistumisena. Vuonna 2007 juurikkaasta viljeltiin runsaalla 15 000 hehtaarilla (Kuva 7), (TIKE 2007).

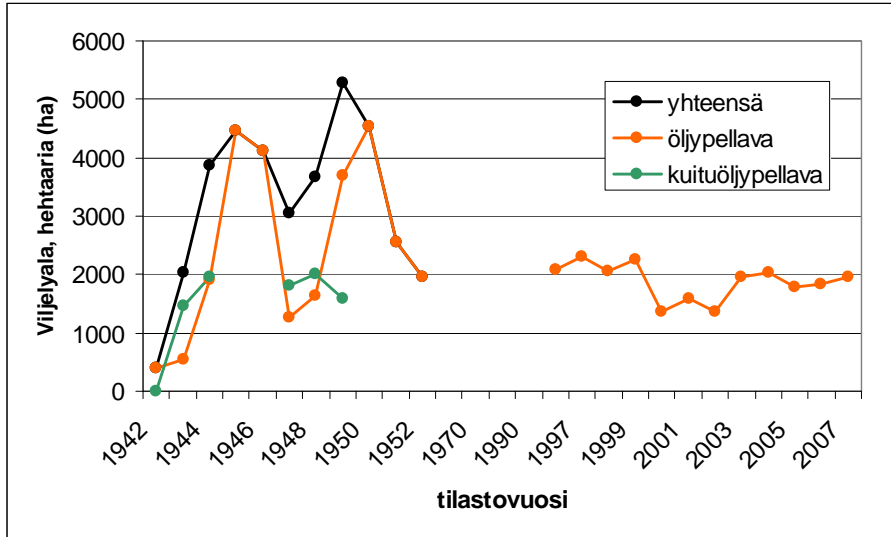


Kuva 7. 1900-luvulla yleistyneiden erikoiskasvien, kuten vehniä (kevät- ja syysvehnä), rypsin ja rapsin (kevät- ja syysrypsit ja rapsit) sekä sokerijuurikkaan viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1910-2007. Syysvehniä osuus koko vehnäalasta on viimeisten 30 vuoden aikana ollut noin 20 - 40 000 ha:a (Anon. 1916, 1924, 1932, 1947, 1955, 1964, 1973, 1981, 1991, 2001, TIKE 2006 ja 2007).

Öljypellava oli ensimmäinen öljykasvi

Öljypellavan (*Linum usitatissimum*) viljelyhistoria on lyhyt verrattuna kuitupellavaan. Siemenkasvien öljy alkoi kiinnostaa jo 1800-luvulla, jolloin niistä ryhdyttiin puristamaan lampuöljyä (Heino 1989). Varsinaisesti öljypellavan viljelyhistoria sijoittuu 1900-luvulle. Ensin muutamat viljelijät ryhtyivät kokeilemaan sen tuotantoa 1930-luvulla ja kasvin viljelytutkimukset aloitettiin 1940-luvulla (Valle 1941).

Öljypellavan monet hyötöaineet tekivät siitä kiinnostavan teollisuuskasvin. Öljyjen ja valkuaisten katsottiin soveltuvan maali- ja rehuteollisuuden ja kuidun kuituteollisuuden raaka-aineiksi (Valle 1941). Viljelijöitä houkuteltiin öljykasvien viljelijöiksi monin eri tavoin (Valle 1944). Viljelijöillä oli esimerkiksi oikeus ostaa öljyväkirehua tai maaliöljyä luovuttamaansa öljykasvinsiemenereää kohti. Myös muutoin sodan jälkeisessä Suomessa vaikeasti saatavissa olevaa fosfaattilannoitusta luvattiin järjestää (Anon. 1943).



Kuva 8. Öljypellavan ja kuituöljypellavan viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1942-2007. Huomaa tilastovuosien epäyhtenäisyys (Hiivola 1966, Valle 1944, 1953a, Anon. 1964, 1973, 1981, 1991, 2001;TIKE 2003, 2005a, 2005b, 2006 ja 2007).

Öljykasvituotanto saatiinkin alulle. Öljy- ja kuituöljypellavalle määrättiin rukiiseen sidotut takuuhinnat kuudeksi vuodeksi (Valle 1944). Laajimmillaan öljy- ja kuituöljypellavaa viljeltiin vuonna 1949 yhteensä noin 5 300 hehtaarella. Kuituöljypellavaa pidettiin tuolloin öljypellavaa parempana teknisen öljyn lähteenä (Paatela 1947). Ulkomaisen öljyn tuonti teki kotimaisen kasviöljytuotannon kannattamattomaksi ja pellavien viljely loppui lähes kokonaan 1950-luvulla (Hiivola 1966, Anon. 1955).

Öljypellavan viljely lähti uudestaan kasvuun 1990-luvulla. Viljelyalojen kasvuun ovat vaikuttaneet uudet lajikkeet sekä öljypellavan siementä jalostavien yritysten syntyminen. Öljyn lisäksi pellavasta on löydetty uusia teollisuutta kiinnostavia hyötöaineita (Kangas 2007). Myös lyhyen kuidun jatkojalostusta on kehitetty, mutta kotimaiselle raaka-aineelle ei toistaiseksi ole löytynyt pysyvää ostajaa (Hongisto ym. 2000, Kangas 2007). Öljypellavan viljelyalat ovat 2000-luvulla olleet 1500-2000 hehtaarin välillä (TIKE 2006 ja 2007) (Kuva 8).

Rypsi viljatilojen suosioon

Rypsi (*Brassica campestris*) ja muut *Brassica*-suvun (mm. kevätropsi, *Brassica napus*) öljykasvit ovat uusia tulokkaita, vaikka jo vuonna 1898 ilmestyneessä kirjassa rapsi mainitaan hyvänä lampuöljyn lähteenä (Elfving 1896). Ensimmäisen maailmansodan aikaan rypsiöljyn havaittiin soveltuvan voitelu-

aineisiin, mikä vauhditti öljyn uuttamistekniikan kehittelyä Yhdysvalloissa. Rypsiöljyn käyttö margariinissa löi itsensä läpi Saksassa toisen maailmansodan aikoihin (Heino 1989).

Vuonna 1943 julkaistussa oppaassa kerrotaan kahden kevätrapsimuodon, lanttu- (*Brassica napus oleifera*) ja naurisrapsien (*Brassica rapa oleifera*), viljelystä (Valle 1943). Vajaa kymmenen vuotta myöhemmin kevätrapsia ja rypsiä mainostettiin jo ravintoöljykasveina ja myös niiden viljelytekniikasta kerrottiin (Valle 1951). Tärkeä tekijä ravintoöljykasvien viljelyn laajentumiselle oli kotimaisen öljynpuristustehtaan, Oy Kasviöljyn, valmistuminen vuonna 1952 (Heino 1989).

Ruokaöljykasvien viljelyyn panostettiin 1950-luvulla. Kasviöljyteollisuutta tuki laki kotimaisen siementuotannon edistämisestä, jossa valtioneuvosto määräsi vuosittain rypsin viljelyalan suuruuden sekä öljysiementen hinnan (Heino 1989). 1950-luvun lopulla öljyn hankkijat, margariinitehtaat ja Valtion viljavarasto tekivät vapaaehtoisen sopimuksen kotimaisen rypsiöljyn käytämisestä margariinivalmisteissa (Heino 1989). Viljelyteknologisesti merkittävää oli leikkuupuimureiden yleistyminen, mitkä entisestään lisäsi viljelystyökiinnostusta uuteen ja kansataloudellisestikin merkittävään vaihtoehtokasviin (Valle 1953b).

Alkuvuosina, jolloin syysrypsillä katsottiin olevan parhaat mahdollisuudet (Valle 1953a, Linja-Aho 1975), olivat viljelyalat parhaimmillaan 13 000-18 500 hehtaaria (Valle 1953a, Pahkala & Sovero 1988) (Kuva 7).

Syysöljykasvien sijaan ryhdyttiin 1970-luvulta lähtien viljelemään kevätkylvöisiä öljykasveja (Pahkala & Sovero 1988), mitä edesauttoi uusien nk. 00-lajikkeiden markkinoille tulo. Niissä öljyn laatua heikentäneet erukahappo- ja glukosinolaattipitoisuudet oli pystytty jalostamaan pois. Kasviöljyn kysyntä kasvoi öljyalaadun paranemisen myötä ja se näkyi myös viljelyalojen laajenemisena 1980-luvulla (Pahkala & Sovero 1988) (Kuva 7). Vuonna 2006 rypsiä ja rapsia viljeltiin yhteensä noin 108 000 hehtaarilla, josta noin 7 000 hehtaaria oli kevätrapsia (Kuva 7), (TIKE 2006). Rypsin lisäksi muut öljykasvit ovat tulevaisuudessa tärkeitä raaka-aineiden tuottajia myös kotimaisen bioenergiatarpeen tyydyttämisessä.

Erikoiskasveista uusia hyötyaineita ja vaihtelua viljanviljelyyn 2000-luvulla

Kasvinviljelyn kannattavuuden heikkeneminen on johtanut tuotannon tehostamiseen. Tiloilla tämä näkyy viljelyn erikoistumisena ja yksipuolistumisena, jonka haitalliset vaikutukset muun muassa maan rakenteeseen ovat alkaneet huolestuttaa myös viljelijöitä (Vuorio ym. 2005). Pellon monimuotoisuuden ylläpitäminen ja muut maisemapalvelut voivat olla erikoiskasvien tulevai-

suuden tehtäviä varsinaisten hyötyainetuotannon rinnalla. Pellon kasvukyvyyssä ja ympäristön monimuotoisuudessa on havaittu muutoksia huonompaan suuntaan ja pitkään jatkunut yksipuolinen viljely on yksi keskeisimmistä tekijöistä (Nikkilä & Holme 1995).

MONIKASVI-kokeeseen valittiin yhdeksän erikoiskasvia, jotka olivat camelina, kinua, kumina, morsinko, nokkonen, ruokohelpi, tattari, öljyhamppu ja öljypellava. Kinuaa lukuun ottamatta, kaikkia kasveja on viljelty ainakin jossakin määrin historiamme aikana. Vaikka MONIKASVEJA voidaan pitää nk. 2000-luvun erikoiskasveina, edustavat ne samalla myös eri vuosisatoja. Yhdistävä tekijä on kuitenkin se, että kaikki kasvit tuottavat sellaisia erikoisia raaka-aineita tai hyödykkeitä, jotka varmasti kiinnostavat myös tulevaisuuden kuluttajia. Perinteisen leiman lisäksi näihin kasveihin liittyy siten myös uutuusarvoa.

Viljelykasvien joukosta voi MONIKASVIen lisäksi nousta muitakin kasveja 2000-luvun erikoiskasveiksi, kuten esimerkiksi auringonkukka ja maissi. Myös jo aiemmin kirjoituksessa käsitellyistä vaihtoehdoista voi maatalouden tulevaisuuden haasteiden myötä kehittyä merkittäviä monipuolistavia viljelykasveja. Kiinnostus viljan rinnalla viljeltäviin vaihtoehtokasveihin on joka tapauksessa ollut viime vuosina merkittävää, sillä viimeisen kymmenen vuoden aikana näiden kasvien yhteispinta-ala on kasvanut yli kymmenkertaiseksi (Anon. 2001, TIKE 2006).

Erikoista on se, että 1800-luvulta alkaneen nurmiviljelyn jälkeen, ruokohelpi ja kumina ovat ensimmäiset merkittävät uudet monivuotisten tapaan viljeltävät kasvit. Uutta on myös se, että pinta-alojaan kasvattavista viljelykasveista saadaan täysin uusia hyötyaineita, kuten terveysvaikutteisia rasvahappoja (camelina eli kitupellava) ja bioenergiaa (ruokohelpi).

Kitupellava eli ruistankio eli camelina

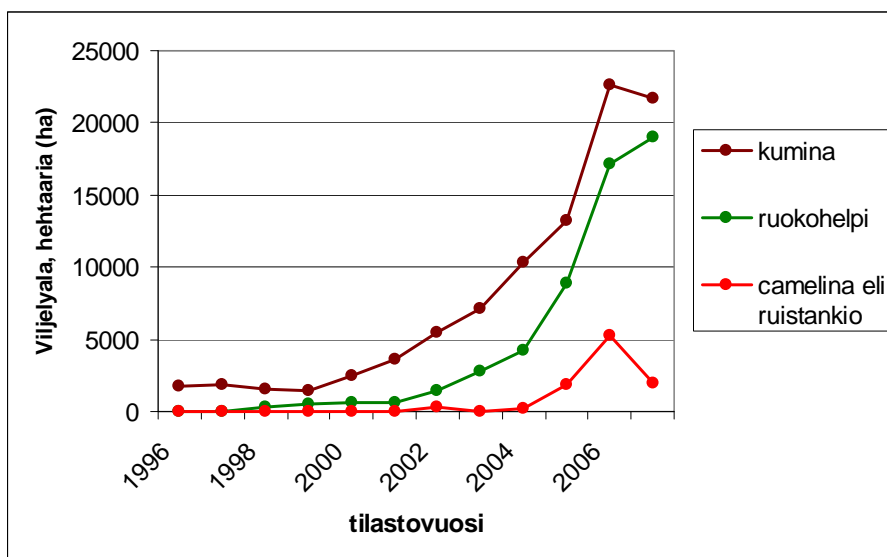
Yksivuotista ristikukkaisiin kuuluvaa kitupellavaa (*Camelina sativa*) on viljelty jo rautakaudella ilmeisesti kasvin siemenistä saatavan öljyn takia. Laitilan Vainionpään merovingiajan (600-800 jKr.) kalmiston uhrikuopan lisäksi merkkejä viljelystä on löydetty Maalahdelta (Huurre 2003b). Viljely on kuitenkin loppunut todennäköisesti keskiajalla (Huurre 2003b).

Kitupellava mainitaan uudestaan 1920-julkaistussa tiedotteessa, jossa kasvin kerrotaan kuuluvan tärkeimpien öljyntuotantokasvien joukkoon, vaikka kasvin viljelymahdollisuuksista ei vielä tuolloin ollutkaan tietoa (Grotenfelt 1920). Toisen maailmansodan jälkeen suomalaista öljykasvitutkimusta vahvistettiin. Sodan aikaan ilmestyneessä Öljykasvien viljely -oppaassa kitupellavan kerrotaan esiintyneen rikkakasvina argentiinalaisen pellavasiemenen joukossa. Kasvin siemensatojen mainittiin ulkomaisten tutkimusten mukaan

olevan runsaita ja varmoja, ja siksi kasvista ennustettiin pellavan kilpailijaa (Valle 1943). Maatalouden tutkimuskeskuksen kokeissa kitupellava oli jo mukana vuonna 1944 ja siitä saatiin määrältään ja öljypitoisuudeltaan vähintään kohtuullisia satoja (Valle 1945, Hiivola 1966).

Myöhemmin, 1990-luvun lopulla kitupellavaa ryhdyttiin lähinnä kokeilu- luonteisesti viljelemään satakuntalaisilla pelloilla. Samaan aikaan kasvi tuli tunnetuksi Tanskan vetämässä EU-hankkeessa, jossa Helsingin yliopisto ja MTT olivat osallisena (Álen & Kallela 1998, <http://www.sciencepark.helsinki.fi>). Erityisesti kitupellavasiemenen suuri omega-rasvahappopitoisuus kiinnosti. EU-hankkeessa tuotettu tieto johtikin kitupellavaa jalostavan Camelina Oy:n perustamiseen (<http://www.yrityssuomi.fi>), joka myöhemmin myytiin Raisio Oyj:lle (<http://www.yrityssopas.com>). Camelina Oy:n tuoteidean syntymistä ja kehittymistä pidetään yhtenä bioalan onnistuneempana esimerkkinä. Yritys sai toimintansa kehittämiseen rahoitusta suomalaisilta pääomasijoittajilta. Se myös toimi lähellä tiedeyhteisöä ja tuotekehitys perustui tieteelliseen tutkimukseen (<http://www.yrityssuomi.fi>).

Kitupellavan siemenöljystä ryhdyttiin valmistamaan entistä terveellisempiä elintarvikkeita. Jatkojalostuksen kehittymisen myötä ovat myös viljelypinta- alat kasvaneet nopeasti. Kitupellavaa viljeltiin vuonna 2002 noin 200 hehtaarin alalla ja vuonna 2006 sen viljelyala oli jo yli 5000 hehtaaria (Kuva 9), (TIKE 2006).



Kuva 9. 2000-luvulla yleistyneiden erikoiskasvien camelinan eli ruistankion, kuminan ja ruokohelven viljelypinta-alojen kehitys vuosina 1996-2007. Kumina tilastoitiin yhdessä siemen mausteiden kanssa vuoteen 2002 saakka (TIKE 2003, 2005a, 2005b, 2006 ja 2007).

Kumina

Kumina (*Carum carvi*) on sarjakukkaisiin kuuluva kaksivuotinen kasvi, joka kuolee toisen vuoden siementen tuottamisen jälkeen. Peltoa voidaan viljellä kuminalla useamman vuoden, koska osa kylvetyistä siemenestä varttuu kukkivaksi vasta kolmannella vuodella ja myös varisseet siemenet tuottavat uutta kasvustoa. Kuminan varhaisesta viljelystä Suomessa ei ole mainintaa (Huurre 2003b). Mahdollisesti kasvi on ihmisen mukana tullut arkeofyytti (<http://www.yrttitarha.com>), joka on levinnyt laajasti ja esiintyy nyt luonnonvaraisesti Pohjois-Suomea myöten (Hämet-Ahti ym 1984). Kuminan oletetaan olevan vanhin Euroopassa hyödynnetty ja viljelty maustekasvi, jota on viljelty keskiajalta lähtien Italian Sisiliasta aina Skandinaviaan (Németh 1998).

Lääkkeenä ja mausteena käytettävää kuminansiementä on saatu keräämällä sitä luonnosta (Eneberg 1915). Yli sata vuotta sitten julkaistussa kirjassa kuminan kerrotaan olleen tärkeä keruukasvi ja keruun katsottiin soveltuvan lisäansaintamahdollisuudeksi vähävaraisille. Siemenestä luvattiinkin maksaa 60 penniä kilolta (Hällström 1898). Kuminaa esiintyi luonnossa 1800-luvun lopulla ilmeisesti niin yleisenä, että sen siementä voitiin viedä Turusta, Porvoosta ja Helsingistä ulkomaille jopa 400 000 kg vuosittain (Elfving 1896), mikä vastaa nykyisin noin 500 peltohehtaarin kuminasatoa. Varsinaisesti vaihtoehtoisiin viljelykasveihin kuminaa ei tuolloin vielä luokiteltu, koska 1800-luvun lopussa ilmestyneessä kirjassa sen kerrotaan olleen Pohjoismaiden tunnetuin höystekasvi (Elfving 1896).

Kuminan viljelystä pellolla annetaan ohjeita kuitenkin jo 1900-luvun alussa ilmestyneissä oppaissa (Eneberg 1915, Grotenfelt 1915) ja luvataan jopa 800 kg hehtaarisatoja (Grotenfelt 1915). Viljely oli ilmeisesti vähäistä, eikä pinta-aloja ole sen takia tilastoitu (Anon. 1916). Kysyntää kotimaiselle kuminalle lienee tuolloin jo ollut (Eneberg 1915).

Kiinnostus kuminan viljelyyn heräsi uudestaan 1980-luvulla. Silloin sitä ryhdyttiin myös MTT:ssä tutkimaan (Galambosi 1991). Viljelijät kiinnostuivat vaihtoehtokasveista erityisesti 1990-luvun alussa, kun kesannoitavilla pelloilla sai viljellä kuminaa ensimmäisenä vuotena. Viljelyalat kasvoivat muutamasta kymmenestä hehtaarista noin 1000 hehtaariin kolmessa vuodessa (Ky-rö 1994). Myös kuminan viljelysopimuksia ja siemenen markkinointia tekeviä yrityksiä tuli lisää ja entisten yritysten toimintaa kehitettiin (Alanen 1994, Värrö 1998). Tämän ansiosta suomalaiselle kuminalle on vähitellen muodostunut vahva asema Euroopan ja muun maailman markkinoilla.

Viimeisten kymmenen vuoden aikana kuminan viljely on laajentunut ennätyslukemiin. Vuonna 2006 kuminaa viljeltiin yli 22 600 hehtaarilla (Kuva 9) (TIKE 2006), josta satoa tuottavaa kasvustoa on noin kaksi kolmannesta.

Koskaan aikaisemmin Suomen viljelyhistorian aikana kuminaa ei ole viljelty yhtä laajasti.

Ruokohelppi

Monivuotinen heinäkasveihin kuuluva ruokohelppi (*Phalaris arundinaceae*) on viljelykasvina Suomessa varsin uusi, vaikka kasvi kasvaa Suomessa Lapia lukuun ottamatta luonnonvaraisena (Hämet-Ahti ym. 1984). 1970-luvulla ruokohelpeä tutkittiin lähinnä rehukäyttöä varten (Ravanti 1980). Kasvin biomassan tuotantoa ja sen soveltuvuutta sellun ja paperin valmistamiseen ryhdyttiin tutkimaan 1990-luvulla (Pahkala 1997). Tutkimuksia varten kerättiin luonnossa esiintyviä ruokohelpikantoja, joihin liittyvä vertailututkimus (Sahramaa 2004) johtikin jalostustyön aloittamiseen. Ruokohelven käyttöä peltobioenergian lähteenä ryhdyttiin selvittämään 1990-luvun puolivälissä (<http://www.mtt.fi>).

Varsinainen läpimurto ruokohelven viljelyssä tapahtui 2000-luvun alussa, kun kiinnostus kotimaiseen energiaan kasvoi. Peltobiomassan kaupallinen toiminta lähti käyntiin, kun Vapo Oy:n tytäryhtiö ryhtyi viljelyttämään ruokohelpeä turvetuotannosta poistuneilla soilla. Nykyisin Vapo Oy solmii ruokohelven viljelysopimuksia sekä opastaa tuotannon aloittamisessa. Ruokohelpipaaleista tuotetaan sähköä ja lämpöä Forssan biopolttolaitoksella turpeen ja hakkeeseen sekoitettuna (<http://www.vapo.fi>).

Ruokohelven viljely-ala esitetään ensimmäisen kerran 1990-luvun lopun tilastoissa, jolloin ala oli noin 300 hehtaaria. Sen jälkeen vuotuiset viljelyalat ovat lisääntyneet nopeasti, niin että vuonna 2006 kasvia viljeltiin jo yli 17 000 hehtaarella (Kuva 9), (TIKE 2006). Ennusteen mukaan viljelyalat voivat kasvaa kymmenillä tuhansilla hehtaareilla ja yksistään Vapo Oy tavoittelee noin 40 000 hehtaarin sopimusalaa (<http://www.vapo.fi>).

Edelleen erikoiskasveja

Auringonkukka

Pohjois-Amerikasta kotoisin oleva auringonkukka (*Helianthus annuus*) on yksi maailman tärkeimmistä öljykasveista. Kasvi levisi koristekasvina 1500-luvulla Eurooppaan ja myöhemmin Venäjälle (Rousi 1997). Suomessa auringonkukan viljelyhistoria on lyhyt, vaikka koristekasvina kasvia on saatettu kasvattaa jo 1900-luvun alussa.

Auringonkukka on kiinnostava sen kasviöljyn korkean öljy- ja linolihappopitoisuuden takia. Suomessa viljelykokeiluja on tehty aika-ajoin, mutta runsaat kolmekymmentä vuotta sitten kokeisiin saatiin ulkomailta myös kääpiölajik-

keita. Auringonkukan jalostus on perustunut 1970-luvulta lähtien hybridilajikkeiden tuottamiseen, jossa ensimmäisen jälkeläispolven sadontuottokyky on yleensä lisääntynyt (Niemelä & Tulisalo 2007). Suomessa tehty jalostustyö johtikin vuonna 1989 uuden lyhytvartisen ja aikaisen Suvi-lajikkeiden kehittämiseen (Tulisalo & Wiik 1990). Auringonkukkaa on viljelty lähinnä Etelä-Suomessa linnunsiemeneksi ja leikkokukaksi, eivätkä pienpuristamot ole toistaiseksi innostuneet öljyn puristamiseen (Niemelä & Tulisalo 2007). Vuosittaiset pinta-alat ovat olleet noin 100 ha paikkeilla (Kuva 6) (TIKE 2006, 2007). Tällä hetkellä kotimaista lajiketta ei ole saatavilla, koska sitä ei lisäsviljellä (Niemelä & Tulisalo 2007).

Kinua

Kinua (*Chenopodium quinoa*) on savikkoihin kuuluva yksivuotinen Etelä-Amerikasta kotoisin oleva kasvi (Carmen 1984, Keskitalo 1997). Kasvin kerrotaan jo vuonna 1898 julkaistussa oppaassa soveltuvan puuron valmistukseen. Sen lisäksi siemeniä voi paahtaa kahvintapaisen juoman valmistusta varten, jonka kerrotaan maistuvan erityisesti Perun neitosille (Elfving 1896). Euroopassa kinuan siemeniä ei tuolloin ollut vielä saatavilla, vaikka sitä voisi kirjoittajan mukaan Keski-Euroopassa viljellä. Sen lisäksi mainitaan, että Suomessa siemenet eivät ennätä kypsyä, mutta kasvi kyllä kasvaa voimakkaana ja lehtiä voisi käyttää pinaatin tavoin (Elfving 1896).

1900-luvulla kinua onkin alkanut kiinnostaa lähinnä tutkijoita eri puolilla maailmaa siementen ravitsemuksellisten ja terveydellisten ominaisuuksien takia. Siemeniä on mahdollista käyttää erityyppisissä elintarvikkeissa tai valmistaa niistä riisin tavoin käytettäviä lisäkkeitä. Kinuan siemenet eivät sisällä sitkoa, mikä tulee käytössä huomioida. Kinuan viljelyä on MTT:ssä tutkittu jonkin verran 1980- (Carmen 1984) ja 1990- (Keskitalo 1997) luvuilla. Suomessa muutamat harrastelijat viljelevät kinuaa, mutta toistaiseksi MTT:n vuonna 2005-2006 kylvetyt 0,5 hehtaarin pelto lieivät olleen laajimmat tähänastiset viljelykset Suomessa (Keskitalo 2007b).

Maissi

Maissi (*Zea mays*) levisi Eurooppaan jo ennen 1500-lukua Amerikasta, jossa intiaanit olivat viljelleet sitä tuhansien vuosien ajan. Euroopassa maissin viljely levisi nopeasti hyvän sadontuottokykynsä ansiosta. Nykyisin kasvia viljellään ympäri maapalloa (Rousi 1997). Maissista voidaan karkeasti erottaa kaksi tyyppiä, vihanneksena käytettävä sokerimaissi ja rehumaisi. Etelä-suomalaisilla maatiloilla on viljelty maissia kokeilumielessä jo 1930-luvulta lähtien (<http://www.valio.fi>, Lindqvist 1988). Myöhemmin ja aika ajoin maissia on viljelty rehuksi (<http://www.maatilan.pirkka.fi>, <http://www.valio.fi>) sekä torilla myytäväksi vihannekeksi (<http://www.kunnallislehti.fi>) muuallakin Etelä-Suomessa. Rehumaisin vil-

jelyala on vuosittain ollut noin 100 hehtaaria ja sokerimaissin muutamien kymmenien hehtaarien paikkeilla (Kuva 6) (TIKE 2006, 2007).

Maissin viljelyä ja sadon käyttöä rehukasvina ryhdyttiin Suomessa tutkimaan 1970-luvulla (Setälä ym. 1979), mutta epäsuotuisten vuosien jälkeen into laantui (Lindqvist 1988). Maissi on tehokas yhteyttäjä, minkä takia kasvi tuottaa riittävän lämpimässä ja aurinkoisissa kasvuoloissa runsaasti biomassaa. Suuren satopotentialinsa takia maissin viljely rehukäytön lisäksi myös peltobioenergian raaka-aineeksi saattaa olla varteenotettava vaihtoehto tulevaisuudessa.

Morsinko

Morsinko (*Isatis tinctoria*) on ristikukkainen kaksivuotinen kasvi, jonka ensimmäisen vuoden lehdistä saadaan sinisen indigo-väriaineen esiasteita. Sininen väri oli ennen synteettisten värien kehittämistä erityisen harvinainen ja siksi morsinko oli Euroopassa hyvin arvostettu viljelykasvi aina 1800-luvun loppuun saakka. Erityisesti Saksassa Thüringenin alue oli merkittävä morsingon viljely- ja indigon jalostusaluetta (Balfour-Paul 1998).

Morsinkoa tavataan luonnonvaraisena Etelä-Suomessa meren rannoilla (Hämet-Ahti 1984), mutta kasvi ei kuulu alkuperäiseen kasvillisuuteen vaan on ihmisen mukana kulkeutunut arkeofyytti (<http://www.arkeo.net>). Milloin kasvi on Suomeen tullut, on epäselvää. Vanhin morsinkoon liittyvä havainto on Salosta löytynyt hiiltynyt morsingon siemen, joka on arviolta ajalta 300 jKr. Varmaa ei kuitenkaan ole se, että kasvia olisi alueella viljelty (Hannusas & Raitio 1997).

Morsingosta saatavaa indigoväriainetta on todennäköisesti käytetty Suomessa jo varhain (Elfving 1896). Viikinkiajoilta (1025-1050 jKr.) peräisin olevien Kaarinan ja Euran muinaispukujen värjäämiseen on ilmeisesti käytetty juuri morsingon indigoa (Hannusas & Raitio 1997, <http://www.eura.fi>). Varhaisimmat kirjalliset maininnat morsingosta ovat noin 1600-luvulta, jolloin lääketieteen tohtori Elias Tillander havaitsi kasvin kasvavan rannikollamme. Tieteelliseen tarkoitukseen morsinkoa viljeltiin Turussa 1760-luvulla (Gadd 1760).

Kasviväriaineet alkoivat kiinnostaa käsityörittäjiä sekä tutkijoita 1990-luvulla. 2000-luvun alussa MTT oli mukana morsingon viljelyä ja indigon käyttöä selvittävässä EU-hankkeessa (Keskitalo & Vuorema 2005). Viljely on toistaiseksi ollut vähäistä ja pääasiassa sitä harjoittavat kasvivärjäystä tekevät käsityörittäjät. Vuonna 2006 morsinko mainitaan viljelykasvien pinta-alatiedoissa ensimmäistä kertaa (TIKE 2006).

Nokkonen

Nokkonen (*Urtica dioica*) vanhana hyötykasvina olisi voitu sijoittaa kuuluvaksi myös perinnäisen maatalouden aikaisiin kasveihin. Koska nokkosen viljelystä ja laajuudesta on niin vähän tietoa saatavilla, luokiteltiin se 2000-luvulle.

Nokkosen käyttö kuidun tuottamista ja kankaan valmistusta varten näyttäisi levinneen Suomeen hampun tavoin idästä päin (Kaukonen 1946). Nokkoskuidusta valmistettujen vanhojen kankaiden jäännöksiä on löydetty Länsi-Suomesta ja Karjalasta. Vanhimmat löydökset on ajoitettu rautakauteen (500 eKr.-1050 jKr.) ja ristiretkien (1050-1300 jKr.) vaiheisiin. On mahdollista, että muinaispukujen valmistukseen käytettiin juuri nokkoskuitua ja pellavakuidun käyttö yleistyi myöhemmin (Hannusas & Raitio 1997). Myös muualla Pohjoismaissa, kuten Norjassa ja Ruotsissa, nokkosen katsotaan kuuluvan vanhoihin kehrukasveihin, josta on saatu pellavan tavoin hienointa kuitua (Kaukonen 1946). Nokkonen kuuluu Suomen luonnonvaraisiin kasveihin, joten sen hyödyntäminen perinteisen maatalouden aikana on hyvin todennäköistä (Hämet-Ahti 1984).

Nokkoseen liittyvä perinnetieto on ilmeisesti lähestulkoon kadonnut, sillä jo 1946 ilmestyneessä teoksessa asiaa harmiteltiin (Kaukonen 1946). Suomen kansapukujen historiaa käsittelevässä teoksessa kerrotaan nokkosesta saatavan erityisen hienoa, silkkimäistä kuitua (Kaukonen 1946). Nokkosen viljelyä on Suomessa jonkin verran tutkittu 1990-luvulla. Sen lisäksi nokkosen jatkojalostusta on lähdetty viemään eteenpäin (Palokallio 2005). Viljelyalat ovat parhaimmillaan olleet 2000-luvun alussa noin 4 ha (TIKE 2006).

Johtopäätökset

Erikoiskasvien tunnuspiirteet

Kirjoituksessa on käsitelty eri viljelykasvien historiaa ja viljelyn laajenemisen alkuvaiheita, jolloin status erikoiskasvista on usein muuttunut tavanomaisemmaksi. Mitä sitten erikoiskasveilla oikeastaan tarkoitetaan? Erikoiskasveja on määritelty lähinnä niiden viljelyn laajuuteen perustuen (Keskitalo ym. 2007), mutta historiallisessa valossa niille löytyy myös muita yhteisiä piirteitä.

Erikoiskasveilla on usein uutuus- ja odotusarvo. Erikoiskasvien viljely on uutta, erilaista, vaihtoehtoista. Myös niiden antaman taloudellisen tuoton odotetaan olevan nk. tavanomaisia viljelykasveja parempi. Liittyyhän erikoiskasvien valintaan lähes aina toive paremmasta tulevaisuudesta.

Erikoiskasvit ovat kulttuurisidonnaisia. Viljelykasvivalintoihin vaikuttaa aina kulttuuri, jossa elämme. Erityisesti kasvin alkuvaiheessa ihmisten toimeliaisuus ja pienistä ryhmistä lähtevä innovatiivisuus ovat tärkeitä. Silloinhan kasveilla harvoin on suurta yhteiskunnallista kysyntää ja tärkeän kasvin status puuttuu. Tunnettavuuden kasvaessa viljelykasvin yhteys tiettyyn kulttuuriin voi vähetä.

Viljelykasvit ovat viljelyn alkutaipaleella erikoiskasveja. Nykyisin yleisesti viljellyt viljakasvimme ovat aikoinaan olleet myös erikoisia. Ne ovat usein kulkeutuneet tietyn kulttuurin piiristä Suomeen ja leviäminen on alkanut paikallisesti. Tällä hetkellä laajasti levinneiden viljelykasvien viljelyyn on aiemmin liittynyt epävarmuustekijöitä, jotka ovat tyypillisiä esimerkiksi nk. 2000-luvun kasveille.

Erikoiskasvi'valioiden' viljely yleistyy. Lukuisista erikoiskasveista vain muutama valikoituu sellaisiksi, joiden viljely laajenee. Sama pätee myös muiden innovaatioiden kohdalla. Esimerkiksi vain osa uusista elintarvikkeista jää pidemmäksi aikaa markkinoille.

Erikoiskasvien viljelyn laajeneminen voi tapahtua muutamassa vuodessa tai se voi kestää tuhatkin vuotta. Erikoiskasvien viljelyn laajeneminen voi tapahtua lähes muutamassa vuodessa, kuten 1950-luvulta lähtien yleistyneet kevätöljykasvit. Toisena ääripäänä on leipävehnä, joka tunnettiin jo ennen ajankasvun alkua, mutta vasta 1900-luvulla sen merkitys kasvoi. Toisaalta kaikista viljelykasvitulokkaista ei kehity laajasti viljeltyjä. Raaka-aineen tarve voi tulla tyydytettyä suppeammaltakin alueelta. Markkinoinnin kannalta viljelyn vähäisyys on toisinaan myös perusteltua. Joidenkin kohdalla voimme myös todeta, että tarvittavaa yhteiskunnallista ja markkinalähtöistä kysyntää ei ole vielä kehittynyt. Tarkastelujaksomme voi olla myös liian lyhyt. Vehnästäkin tuli merkittävä vasta noin 2000 vuoden kuluttua ensimmäisten viljelykokeilujen jälkeen.

Tavanomainen viljelykasvi voi muuttua erikoiskasviksi. Erikoiskasvistatus liitetään tavallisesti viljelyn alkuvaiheisiin, mutta viljely voi supistua erikoiskasvityyppiseksi myös myöhemmin, jos raaka-aineen kysyntä tai viljelymahdollisuudet heikkenevät. Esimerkiksi ruis oli aikoinaan tärkein viljelykasvi maassamme, mutta nykyisin viljelyä harjoitetaan enää muutamilla kymmenillä tuhansilla hehtaareilla.

Viljelyn ohjauseinot

Viljelykasvien historian ja yhteiskunnallisten kytkösten tunteminen on eduksi, kun pohdimme kasvinviljelyn ohjauseinoja ja merkitystä viljelykasvivalikoimaan ja pellon monimuotoisuuteen. Yhteiskuntaa ja myös kasvintuotant-

toa ohjaavat linjat ovat vuosituhansien aikana muuttuneet elämästä selviytymisestä laatutietoiseen ja vaativaan kuluttamiseen.

Kasvien viljelyn laajeneminen on aina vaatinut ohjauskeinoja. Yleistyminen on saattanut saada potkua myös yhteiskunnallisista tapahtumista. Tuotantoa ovat ajaneet eteenpäin mm. verotukseen, hinta- tai tullipolitiikkaan liittyvät tekijät. Kriisit kuten sota tai epäsuotuisat kasvuolot ovat aiheuttaneet nälkää ja puutosta, josta selvittyään yhteiskunta on panostanut tuotantoon ja tutkimukseen entistä enemmän. Uusia aluevaltauksia tai innovaatioita on syntynyt vaikeiden olojen seurauksena. Tutkimus, neuvonta ja tiedotus, jotka ovat joskus henkilöityneet muutamiin viljelyn puolestapuhujiin, ovat olleet avainasemassa. Erilaisilla palkkioilla ja porkkanoilla on viljelijöitä houkuteltu mukaan eri vuosisatoina. Tuotantoketjun uudet tekniset ratkaisut, jatkojalostavat yritykset sekä markkinoinnin kehittyminen ovat aina vauhdittaneet viljelyn laajenemista, mutta silloinkin jokin yhteiskunnallinen tekijä on ollut usein alkuun panevana voimana.

Erikoiskasvien rooli kasvinviljelyn monipuolistajana

Maatalouden ympäristönhoidollinen rooli, kuten monimuotoisuudesta huolehtiminen, on tulevaisuudessa keskeistä. Monimuotoisuuteen vaikutetaan kasvivalintojen, viljelykiertojen käytön ja tuotantomenetelmien avulla.

Esihistoriallisella kaudella aina rautakauden loppuun asti viljelykasvilajisto oli suppea. Kasveja on saatettu käyttää monipuolisestikin hyödyksi, mutta raaka-aineita kerättiin myös luonnosta. Rautakauden loppuun saakka ohraa viljeltiin pelloilla monokulttuurissa niin kauan kuin pelto tuotti satoa. Sen jälkeen se jätettiin kesannolle tai hylättiin.

Keski- ja uudella ajalla rukiin viljelyn yleistyminen monipuolisti pellonkäyttöä. Uutena menetelmänä oli nyt viljellä peltoa ja kesannoida sitä vuorovuosin. Uutta oli myös se, että pellon kasvukykyyn voitiin vaikuttaa viljelykierron avulla. Kaupankäynti saattoi lisätä kaupunkien läheisyydessä viljeltävien kasvien lajistoa. Pääasiallinen tavoite oli kuitenkin edelleen oman perheen elannon saaminen pellostä. Jonkinlaista kiertoa ryhdyttiin uuden ajan lopulla pelloilla harjoittamaan ja erityisesti nk. toukomailla, jolloin niissä voitiin viljellä humalaa, hampua, juurikasveja, kuitupellavaa, palkokasveja ja tupakkaa.

1800-luvulla erikoiskasvien, kuten perunan, kauran, viljeltyjen nurmien ja paikallisesti myös kuitupellavan viljely laajenivat. Pelloille riitti entistä enemmän lantaa, joten kesannon osuutta oli mahdollista vähentää. Erikoiskasvit mahdollistivat peltojen uudentyypisen käytön, vuoroviljelyn, joka koostui eri viljelykasveista kierron kestäessä jopa 5-10 vuotta. Kaskissa vil-

jeltiin naurista ja tattaria. Luonnonlaitumia oli tuolloin arviolta 3-4 kertaa enemmän kuin peltoa eli vajaat kolme miljoonaa hehtaaria. Viljan ja muiden peltokasvien viljely oli pääasiallinen pellonkäyttömuoto, kun taas nurmien viljely laajeni vuosisadan lopulla.

1900-luvulla erikoiskasvit antoivat mahdollisuuden tuotannon tehostamiseen, sillä tavoitteena oli elintarvikeomavaraisuuden saavuttaminen. Nurmien viljely pelloilla laajeni entisestään. Sen sijaan erikoiskasvien kuten vehnän, soke-rijuurikkaan ja kevätöljykasvien myötä kasvinviljelyn tehokkuustavoittelu johti erikoistumiseen monimuotoisuudenkin kustannuksella. Erikoiskasvien rooli muuttuikin aikaisemmin peltoa monipuolistavasta lähes päinvastaiseksi.

Jo ennen *2000-lukua*, yksipuolinen viljely herätti huolestumista ja uusimmille tulokkaille onkin ominaista se, että niiden halutaan monipuolistavan viljelyä. Erityistä uusissa erikoiskasveissa, kuten kumina ja ruokohelvi, on myös se, että ne ovat lähes pariin sataan vuoteen ensimmäisiä monivuotisia tai monivuotisten tapaan viljeltäviä viljelykasveja. Vaikka tuotanto on lähtenyt markkinavetoisesti käyntiin, on 2000-luvun erikoiskasveissa merkkejä myös yhteiskunnallisesta, muun muassa pellon monimuotoisuuteen ja kasvukuntoon liittyvästä tehtävästä.

Kasvilajistomme on nyt jälkikäteen tarkasteltuna ollut muutoksessa koko viljelyhistoriamme ajan, vaikka perinnäisen maatalouden aikana muutokset olivat hitaita. Potentiaalisten viljelykasvien valikoima on tällä hetkellä runsaimmillaan, sillä koskaan aikaisemmin meillä ei ole ollut tietotaitoa näin laajasta määrästä kasveja. Erilaisia pellonkäyttömuotoja oli vuonna 2006 lähes kaksisataa, joista noin neljäkymmentä voidaan luokitella kuuluviksi peltokasveihin (TIKE 2006). Peltoa kuitenkin viljellään yksipuolisemmin kuin koskaan aikaisemmin, sillä samalla lohkolla kasvilaji vaihtuu yhä harvemmin ja yhä yleisempää on viljan monokulttuuri.

Historiallisesti tarkasteltuna erikoiskasvit ovat rikastuttaneet ja monipuolistaaneet viljelykasvilajistoamme monin eri tavoin. On oletettavaa, että myös MONIKASVIit monipuolistavat tulevaisuuden kasvintuotantoamme. Nyt on kuitenkin oleellista selvittää, tiedostaa ja poistaa ne esteet, jotka vaikeuttavat erikoisempien viljelykasvien tuotantoketjujen kehittymistä maatilalta kuluttajille. Monipuolinen kuluttaminen heijastuu lopulta myös monipuolisena viljelynä pellolla. Erikoisempien kasviraaka-aineiden jatkojalostukseen on panostettava. Monipuolisen viljelyn kilpailukykyä haittaavista esteistä ja taloudellisesta kannattavuudesta tulee tuottaa tietoa. Kuluttajavalintojen yhteysistä ympäristön monimuotoisuuteen on selvitettävä, sillä kuluttajilla on merkittävä rooli yhteiskunnallisen ja myös markkinalähtöisen kysynnän aikaansaamiseksi.

Kirjallisuus

- Alanen, M. 1994. Janakkalalainen yritys valtaa maailman kuminamarkkinoita. *Talous-Helsingin Sanomat* 28.11.1994.
- Álen, K. & Kallela, M. 1998. Kitupellavasta uusi öljykasvi? Käytännön Maamies 2 (98): 18 - 19.
- Anon. 1916. Eri kasvilajeilla viljelty peltoala Suomessa vuonna 1910, hehtaaria. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous 9, Maataloustiedustelu Suomessa vuonna 1910. s. 18.
- Anon. 1932. Pelto- ja niittyalat sekä niiden käyttö 1930. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous 28, Maanviljelys ja karjanhoito vuonna 1931. s. 5-6.
- Anon. 1943. Öljykasvien viljelys 1943. Maatalousministeriö Tuotanto-osasto, Lehtinen no 20. 8 s.
- Anon. 1947. Peltoala ja sen käyttö 1940. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous 37A, Maanviljelys ja karjanhoito, meijeriliike vuonna 1940. s. 11.
- Anon. 1955. Viljelykasvien alat koko maassa vuosina 1952, 1951 ja 1950 sekä keskimäärin vuosina 1948-1952. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous 46. Maatalouden vuositilasto vuosina 1951 ja 1952. s. 17.
- Anon. 1991. Peltoalan käyttö 1990. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 7. s. 22.
- Anon. 1924. Pelto- ja niittyala ja niiden käyttö 1920 ja 1921. Suomen virallinen tilasto III. Maatalous 18, Maanviljelys ja karjanhoito vuonna 1921. s. 2-4.
- Anon. 1964. Viljelykasvien alat koko maassa vuosina 1960 ja 1961 sekä keskimäärin vuosina 1957-61. Suomen virallinen tilasto III:57. Maatalous, Maatalouden vuositilasto 1961. s. 18.
- Anon. 1973. Viljelykasvien alat koko maassa vuosina 1969 ja 1970 sekä keskimäärin vuosina 1966-70. Suomen virallinen tilasto XXIII:69. Maatalous, Maatalouden vuositilasto ja yleisen maatalouslaskennan otantalakenta 1970. s. 22.
- Anon. 1981. Viljelykasvien alat koko maassa vuosina 1979 ja 1980 sekä keskimäärin vuosina 1976-80. Suomen virallinen tilasto III:79. Maatalous, Maatalouden vuositilasto. s. 10.
- Anon. 2001. Pellon ja muun maatalousmaan käyttö 2000 ja 2001. Tietokap-pa. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 8. s. 23.

- Anttila, V. 1974. Talonpojasta tuottajaksi. Suomen maatalouden uudenaikaisu-
tuminen 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alkupuolella. ISBN 951-26-
0856.
- Balfour-Paul, J. 1998. Indigo. British Museum Press. ISBN 0-7141-2550-4.
264 s.
- Bellinder, R.R., Dillard, H.R. & Shah, D.A. 2004. Weed seedbank community
responses to crop rotation schemes. *Crop Protection* 23: 95-101.
- Brummer, V. 1961. Sokerijuurikkaan hehtaarisatojen ja säätekijöiden välises-
tä yhteydestä Suomessa. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja
98. Acta Agralia Fennica.
- Campbell, C.G. 1997. Buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Promot-
ing the conservation and use of underutilised and neglected crops 19. IP-
GRI. ISBN 92-9043-345-0.
- Carmen, M.L. 1984. Acclimatization of quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd)
and canihua (*Chenopodium pallicaule*, Aellen) to Finland. *Annales Agri-
culturae Fenniae* 23: 135-144.
- Elfving, F. 1896. Tärkeimmät viljelyskasvit, Helsinki. 232 s.
- Eneberg, E.E. 1915. Insamling af inhemska växtdroger. Agrikultur ekono-
miska försöksanstaltens landtmannskrifter 4. 41 s.
- Gadd, P.A. 1760. Underrättelse om Fäрге-Stoften Veides Plantering och Ans
I Finland. Jacob Mercell, Åbo.
- Galambosi, B. 1991. Kuminan suojakasvit. Maaseudun Tulevaisuus, Koetoi-
minta ja Käytäntö 48: 56.
- Grotenfelt, G. 1901. Suomen polttoviljelys, Porvoo. 150 s.
- Grotenfelt, G. 1910. Sokerijuurikas ja sen viljelymahdollisuudet Suomessa.
Helsinki. 180 s.
- Grotenfelt, G. 1915. Medicinalväxters odling I Finland. Agrikultur ekonomiska
försöksanstaltens landtmannskrifter 3. 35 s.
- Grotenfelt, G. 1920. Öljykasvien viljelystä Suomessa. Maataloushallinnon
tiedote 129: 1-37.
- Grotenfelt, G. 1924. Suomalainen peltokasviviljelys II. Teoksessa: Arola, T.,
Bredenberg, G.A., Enckell, K., Grotenfelt, G., Nylander, H, Sunila, J.E. &
von Wendt, G. (toim.). Maatalouden Tietokirja. s. 118-122.

Hakala, K. & Keskitalo, M. 2007. Monipuolinen kasvinviljely pellon kasvukunnon ja ravinnetalouden säätelijänä. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 142-152.

Hannusas, S. & Raitio, S. 1997. Färgning med vedje-historia och experiment-Åbo Landskapsmuseum Stenciler 12. 106 s. ISBN 951-595-034-1.

Henderson, I.G., Vickery, J.A. & Carter, N. 2004. The use of winter bird crops by farmland birds in lowland England. Biological Conservation 118: 21-32.

Heino, J. 1989. Jyvä, joka iti. Raison Yhtymän tarina 1939-1989. ISBN 951-1-10478-0.

Hiivola, S-L. 1966. Öljykasvitutkimukset kasvinviljelylaitoksella 1942-1963. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 107: 90-102.

Hongisto, S., Hyövelä, M., Lehtinen, P., Pasila, A., Pirkkamaa, J. & Sankari, H. (toim.). 2000. Öljypellavan viljelyopas 2000. 19 s. (Agropolis Oy, Boreal Kasvinjalostus Oy, Elix Oil Oy, Helsingin yliopiston Maa- ja kotitalousteknologian laitos, Maatalouden tutkimuskeskus).

Huurre, M. 2003a. Viljanviljelyn varhaisvaiheet, Esihistoriasta keskiajan loppuun. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 19-37.

Huurre, M. 2003b. Maatalouden alku Suomessa, Esihistoriasta keskiajan loppuun. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 38-66.

<http://www.antrea.fi> - Antrean Sokeritehtaan historiaa.

<http://www.arkeo.net/kasvisivut> - Aimo Nurmi, Morsinko ikivanha värikasvi.

<http://www.eura.fi/tiedotteet> - Tasavallan presidentti Tarja Halonen esiintyi Euran muinaispuvussa.

<http://www.finola.com> - Finola Ky:n kotisivut

<http://www.flax.fi/nordlin> - Maalahdessa toimivan Oy Nordic Eco Linen Group Ltd Ab nettisivut.

<http://www.hilleshog.com/fi/lq-fi/company.asp> - Ruotsalaisen Hilleshög-kasvinjalostusyrityksen historiaa.

<http://www.kunnallslehti.fi/artikkelit/syyskuu02/070902.html> - Kuumana kesänä maissi kasvoi kohisten

http://www.maatilan.pirkka.fi/mp5_99/otsikko12.htm - Maissi vakiintui karjattilan rehuksiksi Rengossa

<http://www.mtt.fi> - Ruokohelpi, Ruokohelven viljelystä ja energiakäytöstä

<http://www.sciencepark.helsinki.fi/camelina> - Camelinan EU-hankkeen esittelytiivistelmä.

<http://www.valio.fi/maitojame/10-98/maissi.htm> - Rehumaisista jo seitsemäs sato Nummi-Pusulassa

<http://www.vapo.fi> -Vapo Oy:n kotisivut

<http://www.yritysopas.com> - Raisio ostaa Camelina Oy:n.

<http://www.yrityssuomi.fi> - Artikkelit: Camelina-innovaatio avasi tien naisyrittäjäksi.

<http://www.yrttiarha.com/tietopankki> - Kansanperinne, viljelyn ja keräilyn historia.

Huan-Niemi, E. 2005. WTO:n Hong Kongin kokous, sokeripolitiikan uudistus ja kehitysmaat. Juurikassarka, 18 (4): 7-8.

Hällström, K.TH. 1898. Tuloja vähävaraisille, Ohjeita lääkekasvien kokoojille Suomessa. Liite Koti- ja Yhteiskunta -lehteen, 8 s. + liitteet.

Hämet-Ahti, L., Suominen, J., Ulvinen, T., Uotila, P. & Vuokko, S. (toim.). 1984. Retkeilykasvio. Suomen Luonnonsuojelun Tuki, Oy, Helsinki. ISBN 951-9381-02-03.

Jaatinen, A. 2006. Ensimmäinen sokerinpuhdistamo Turkuun 1750-luvulla. Turun Sanomat 8.2.2006. (www.turunsanomat.fi).

Juhlin-Dannfelt, H. (toim.). 1925. Finland. Lantbrukets Historia. Världshistorisk översikt av lantbrukets och lantmannlivets utveckling. Stockholm 1925. J.Beckmans Bokförlag. s. 791-808.

Kangas, A. 2007. Innovaatiot synnyttivät öljypellavayrityksen. Öljypellava. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisu- ja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 91.

Kaukonen, T-I. 1946. Pellavan ja hampun viljely ja muokkaus Suomessa: kansatieteellinen tutkimus, Suomen muinaismuistoyhdistys Helsinki. 315 s.

- Keskitalo, M. 1997. A new crop for Finland. In Crop development for the cool and wet regions of Europe. Spelt and quinoa -working group meeting. European comission COST 24-25 October 1997. Wageningen, The Netherlands. s. 99-102.
- Keskitalo, M. 2007a. Pohjois-Pirkanmaalla tuotetaan terveellistä tattaria. Tattari. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 86.
- Keskitalo, M. 2007b. Kinua. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 29-33.
- Keskitalo, M., Peltonen, S., Enroth, A. & Soini, K. 2007. Erikoiskasvituotannon näkymät. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 5-13.
- Keskitalo, M. & Vuorema, A. 2005. Sininen on väri morsingon. Maaseudun tulevaisuus, Koetoiminta ja Käytäntö 62 (3): 10.
- Korhonen, T. 2003a. Perinne hallitsee maataloustekniikkaa. Vapaudenajan alusta Suomen sotaan 1720-1810. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 405-432.
- Korhonen, T. 2003b. Koneiden aika alkamassa. Suomen sodasta suuriin nälkävuosiin 1810 - 1870. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 461-479.
- Kukkola, M. 2006. Sucroksen uusi viljelyorganisaatio. Juurikassarka 19 (4): 7.
- Kuujo, E. 1948. Suomen kuvernöörien kertomukset läänien tilasta Venäjän vallan aikana. Valtionarkiston painamaton provenienssityö. 43 s.
- Kyrö, M. 1994. Arktisten aromien myyntitykki maailmalla. Maatilan Pirkka 4: 46-47.
- Laine, K. 1943. Suomen talousseura pellavajalostuksen elvyttäjänä. Suomen Maataloustieteellisen seuran julkaisuja 53: 1-276.
- Lindqvist, M. 1988. Maissin tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Teoksessa: Varis, E. (toim.). Pellon käytön vaihtoehtoja. s. 54-63. ISBN 951-45-4702-9.
- Linja-Aho, M. 1975. Kevätöljykasvien viljely. Työtehoseuran maataloustiedotus 196. 4 s.

- Luokkakallio, J. 2007. Kuituhamppu. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 34-38.
- Lupwayi, N.Z., Rice, W.A. & Clayton, G.W. 1998. Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biol. Biochem* 30: 1733-1741.
- Németh, É. 1998. Introduction. Teoksessa: Németh, É. (toim.). *Caraway The genus Carum*. 200 s. ISBN 90-5702-395-4
- Niemelä, T. & Tulisalo, U. 2007. Auringonkukka. Teoksessa: Keskitalo, M., Hakala, K., Peltonen, S. & Harmoinen, T. (toim.). Erikoiskasvien viljely. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1034: Tieto tuottamaan 118. s. 14-19.
- Nikkilä, L-E. & Holme, T. 1995. Luomun lumo. Luonnon monimuotoisuus ja maatalouden tuotantomenetelmät. Helsingin yliopiston Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli. Julkaisuja 45. 117 s.
- Nummela, I. 2003. Asutus, Pelto ja Karja. Kustaa Vaasasta isoonvihaan 1520–1720. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 133-158.
- Nygren, E. 2007. Vajaat 90 vuotta sokeria Salosta. *Juurikassarka* 20(1): 27-29.
- Orrman, E. 2003a. Suomen keskiajan asutus. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 67-86.
- Orrman, E. 2003b. Keskiajan maatalous. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 87-114.
- Paatela, J. 1947. On the possibilities of growing oil flax in Finland. On the quality of Finnish linseed oil and some factors affecting it. *Yleispainos Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisusta, Acta Agralia Fennica* 68, 1, Hämeenlinna: Arvi A. Karisto Oy:n kirjapaino.
- Pahkala, K. 1997. Sellua peltokasveista. Peltokasvien soveltuvuus sellun raaka-aineeksi. Lisensiaattitutkimus, Helsingin yliopisto, Kasvinviljelytieteen laitos, 47. ISBN 951-45-7696-9
- Pahkala, K. & Sovero, M. 1988. The cultivation and breeding of oilseed crops in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 27 (Seria Agricultura 90): 199-207.

- Palojärvi, A., Kaipainen, S. & Peura, S. 2007. Kasvien ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuus ja sen hyödyntäminen. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 153-163.
- Palokallio, M. 2005. Neiti Nokkonen tuotteistaa pisteliään polttiaisen. Maaseudun Tulevaisuus 27.5.2005. s. 13.
- Poutiainen, E. & Kemppainen, E. 1998. Sadan vuoden tutkimusperinteellä kohti uutta vuosisataa. Teoksessa: Riitta Salo (toim.). Tutkimusta pohjoisella ulottuvuudella - MTT 100 vuotta: tutkimusasemapäivät 25.7.-7.8.1998. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 40. s. 5-8.
- Rasila, V. 1966. Vuoden viljatulliasetus. Teoksessa: Suomen Historiallinen seura (toim.). Historiallinen Arkisto 60. Turku. s 278-402.
- Ravantti, S. 1980. Ruokohelpi - millainen heinäkasvi. Maaseudun Tulevaisuus, Koetoiminta ja Käytäntö 37: 3.
- Rousi, A. 1997. Auringonkukasta viiniköynnöksiin. Ravintokasvit. WSOY. ISBN 951-0-21295-4.
- Sahramaa, M. 2004. Evaluating germplasm of reed canary grass, *Phalaris arundinaceae* L. Academic dissertation, University of Helsinki, Department of Applied Biology, 20. ISBN 952-10-1835-6.
- Salo, U. 2005. Kalan pyynnistä karjan hoitoon. Pyyntikulttuurista viljelevän talouden alkuun. Pieniä Vihkosia 2. Suomen maatalousmuseo Sarka. ISBN 952-99569-1-6.
- Sauli, J.O. 1941. Peruna. Pellervo-Seura, Helsinki. 126 s.
- Setälä, J., Seppälä, J., Pulli, S. & Poutiainen, E. 1979. Preliminary studies on the conservation of whole sorghum and corn plant and sugar corn stover for silage. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 51: 222-228.
- Soininen, A.M. 1974. Vanha maataloutemme. Maatalous ja maatalousväestö Suomessa perinnäisen maatalouden loppukaudella 1720-luvulta 1870-luvulle. Historiallisia tutkimuksia 96, Suomen historiallinen seura. ISBN 951-9254-04-8.
- Taavitsainen, J-P., Simola, H. & Grönlund, E. 1998. Cultivation history beyond the periphery: early agriculture in the North European boreal forest. Journal of World Prehistory 12: 199-253.
- Thorbek, P. & Topping, C.J. 2005. The influence of landscape diversity and heterogeneity on spatial dynamics of agrobiont linyphiid spiders: An individual-based model. BioControl 50: 1-33.

- TIKE 2000, Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot peltoalan käytöstä vuosina 1938-1969, saatu 8.11.2000.
- TIKE 2003, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot erikoiskasvien viljelyaloista vuosina 1995-2003, saatu 28.7.2003.
- TIKE 2005a, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot erikoiskasvien viljelyaloista 2004, saatu 3.5.2005.
- TIKE 2005b, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot erikoiskasvien viljelyaloista 2005, saatu 25.8.2005.
- TIKE 2006. Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot viljelykasvien pinta-aloista 2006, saatu 17.7.2006.
- TIKE 2007. Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelukeskus. Tilatut tiedot viljelykasvien pinta-aloista 2007, saatu 8.8.2007.
- Tulisalo, U. & Wiik, A. 1990. Auringonkukan viljely ja lajikkeet. Maaseudun tulevaisuuden liite, Koetoiminta ja Käytäntö 47: 29.
- Valle, O. 1941. Tutkimuksia öljypellavan viljelysmahdollisuuksista Suomessa. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 49, 1.
- Valle, O. 1943. Öljykasvien viljely. Pellervo-Seura, Yhteiskirjapaino Oy. 95 s.
- Valle, O. 1944. Mihin suuntaan öljykasvien viljelyämme on kehitettävä? Ylipainos Maa-lehdestä 11: 1-4.
- Valle, O. 1945. Aktuella växtodlingsproblem i Finland. Föredrag vid Nordiska Jordbruksforskarens Förenings sammanträde den 21 mars 1945. 21 s.
- Valle, O. 1951. Kevätropsi ja kevätropsi ravintoöljykasveinamme. Kasviöljy no 1. 8 s.
- Valle, O. 1953a. Öljykasvien viljelymme nykyinen vaihe. Eripainos, Teknillisen Kemian aikakauslehdestä 7. s. 147-150.
- Valle, O. 1953b. Näkökohtia uusien teollisuuskasviemme kansantaloudellisesta merkityksestä. Eripainos, Kansantaloudellinen aikakauskirja, nide III. s. 331-402.
- Vihola, T. 1991 Leipäviljasta lypsykarjaan. Maatalouden tuotantosuunnan muutos Suomessa 1870-luvulta ensimmäisen maailmansodan vuosiin. Suomen Historiallinen seura, Historiallisia tutkimuksia 159. ISBN 951-8915-46-6.

- Vihola, T. 2003. Maatalouden rakennemuutokset itsenäisessä Suomessa. Ensimmäisestä maailmansodasta 1950-luvulla. Teoksessa: Peltonen, M. (toim.). Suomen maatalouden historia II. Kasvun ja kriisien aika 1870-luvulta 1950-luvulle. s. 330-418.
- Viita, P. 1965. Maataloustuotanto Suomessa 1860-1960. Suomen Pankin taloustieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, Kasvututkimuksia I, Helsinki. 80 s.
- Vilkuna, A-M. 2003. Kruunun maatalous: Kuninkaankartanot. Kustaa Vaasasta isoonvihaan 1520-1720. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s 246 - 268.
- Virrankoski, P. 2005. Salaojitus Suomessa ennen itsenäisyyden aikaa. Pieniä Vihkosia nro 1, Suomen maatalousmuseo Sarka. ISBN 952-99569-0-8.
- Vuorio, H., Soini, K. & Ikonen, A. 2005. Kenestä erikoiskasviviljelijäksi?: Erikoiskasviviljelyn omaksujatyypit ja omaksumisen taustalla vaikuttavat tekijät. MTT:n selvityksiä 102: 68 s. <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts102.pdf> Verkkojulkaisu päivitetty 23.12.2005 [Tiivistelmä] [Abstract]
- Värri, M. 1998. Suomalainen kumina on arvostettu laatutuote. Käytännön Maamies 2 (1998): 14 - 15.
- Wallin, J. 1945. Ohjeita tupakanviljelijöille. Helsinki: Keskuskirjapaino. 32 s.
- Wilmi, I. 2003. Tuotantotekniikka ja ravinnonsaanti. Kustaa Vaasasta isoonvihaan 1520–1720. Teoksessa: Rasila, V., Jutikkala, E. & Mäkelä-Alitalo, A. (toim.). Suomen maatalouden historia I. Perinteisen maatalouden aika esihistoriasta 1870-luvulle. s. 159-182.

Monipuolinen kasvinviljely pellon kasvukunnon ja ravinnetalouden säätelijänä

Kaija Hakala ja Marjo Keskitalo

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, kaija.hakala@mtt.fi, marjo.keskitalo@mtt.fi

Tiivistelmä

Sekä yksi- että monivuotiset kasvit vaikuttavat maaperän eliöstöön, hiilivaroihin, ravinteisiin ja vesitalouteen. Viljelykasvien ja -kiertojen valinnalla voidaan edistää monimuotoisuutta, maan kasvukuntoa, peltomaan puhtautta ja ravinnetasapainoa sekä vähentää ravinnehuuhtoumaa. Monivuotiset ja runsasjuuriset kasvit lisäävät maaperään orgaanista ainetta, vähentävät maan tiivistymistä ja eroosiota ja parantavat näin maan vesitaloutta. Juuristo myös tarjoaa kasville energia- ja ravinnevaraston, ja siten tasapainottaa sen kasvua stressitilanteissa. Yksivuotisten kevätkylvöisten kasvien viljely on Suomessa vielä kilpailukykyistä muun muassa syysmuotoisten ja monivuotisten kasvien talvehtimisongelmien takia. Jatkuva yksivuotisten kasvien tavanomainen tuotanto voi kuitenkin johtaa maan orgaanisen aineksen vähenemiseen.

Sekä yksi- että monivuotisia kasveja tarvitaan silti viljelykierron monipuolistajina. Monivuotiset kasvit tarjoavat pysyvää suojaa eri eliöille, kun taas peltilavan ja kitupellavan tyyppiset kukkivat yksivuotiset kasvit luovat elinympäristön juuri niissä kasveissa tyypillisesti esiintyville hyönteisille. Yksivuotisilla kasveilla voidaan myös katkaista tautien ja rikkakasvien yleistymisen ja poistaa ravinteita ja haitallisia yhdisteitä pelloilta.

MONIKASVI-tutkimuksessa selvitettiin 11 uuden ja tavanomaisen viljelykasvin ominaisuuksia. Tulokset osoittivat, että kaksi- ja monivuotisilla kasveilla on suurempi juuristo kuin yksivuotisilla. Tulokset viittaavat myös siihen, että sopivalla kasvinvalinnalla voidaan joko poistaa pellostä ravinteita, kuten fosforia ja typpeä, tai sitoa niitä maaperään, jolloin huuhtoutumisriski pienenee. Ravinteiden sitominen ja poistaminen määräytyvät viljelymenetelmän ja sen mukaan, kuinka suuri osa kasvin biomassasta käytetään hyödyksi. Paljon on tutkittu myös raskasmetallien kertymistä kasveihin ja niiden poistamista maaperästä kasvien avulla. Eri viljelykasvien on todettu keräävän raskasmetalleja ja orgaanisia aineita eri tavoin. Usein kasvien juuristomikrobit ovat tärkeä tekijä aineiden keruussa. Kasvinvalinnalla ja sopivalla lannoituksella voidaan edistää maan kasvukuntoa ja puhtautta ja estää ravinteiden huuhtoutumista. Samalla paranee tuotannon kannattavuus.

Avainsanat: juuristo, ravinteet, maaperä, kasvukunto, huuhtoutuminen, monimuotoisuus, erikoiskasvit

Diverse crop husbandry improves nutrient balance and productivity of fields

Kaija Hakala and Marjo Keskitalo

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
kaija.hakala@mtt.fi, marjo.keskitalo@mtt.fi

Abstract

Crops and crop rotations affect field nutrient and water balances, organic matter content and biodiversity of fauna and flora. Correct planning of crops and crop rotations can improve biodiversity and soil quality and reduce nutrient leaching thereby improving the economic returns and sustainability of crop production. Perennial crops and crops with large root biomass increase soil organic matter, thereby reducing soil compaction and erosion and improving soil water balance. Roots also host microbes and offer nutrient and energy reserves for plants in different environmental and biotic stresses such as drought and pest and pathogen attacks. Cultivation of the same or similar annual crops such as cereals may lead to soil compaction and reduction in soil organic matter. Both perennial and annual crops are, however, needed for diverse field ecosystem. While perennial crops provide long-time shelter for different fauna and flora, flowering annual crops may increase field diversity through new forms of insects such as butterflies. Annual crops can also be used to break weed and pathogen growth cycles and to remove nutrients as well as harmful compounds and substances (such as heavy metals) from the field. The results of the MONIKASVI research project with 11 crops (2 common and 9 minor crops) showed that root volume of perennial and biennial crops is bigger than that of annuals. The results suggest as well that different nutrients can be removed from the field depending on the plant part harvested, or nutrients can be stored in the soil as root or crop residue biomass. Even though root tissue was shown to be mostly poor in nutrients, the total amount of nutrients allocated in roots was considerable, especially in perennials with large root systems. Nutrient poor crop residue, again, would add to organic matter content of the soil and also temporarily bind nutrients through microbial activity. Research results from MTT and other parts of the world have shown that not only nutrients, but heavy metals and harmful organic compounds as well can be taken up and harvested with different kinds of crops. In summary, soil quality and field productivity and cleanliness can be improved and nutrient leaching and loss of soil organic matter reduced with appropriate choices of crops.

Key words: diversity, leaching, minor crops, roots, nutrients, soil organic matter

Johdanto

Peltokasvit toimivat paitsi sadon tuottajina myös oman kasvuympäristönsä muovaajina. Sekä yksi- että monivuotiset kasvit vaikuttavat maaperän eliöstöön, hiilivaroihin, ravinteisiin ja vesitalouteen. Samojen kasvien viljely vuodesta toiseen kuitenkin köyhdyttää kasvupaikkaa monin tavoin. Mineraaleja poistuu valikoivasti, oheiselistö yksipuolistuu ja viljelyssä olevan kasvin tyypilliset taudit ja rikat lisääntyvät. Yksivuotisten kasvien tavanomaisessa viljelyssä myös maan orgaaninen aines vähenee (Mikhailova ym. 2000). Toisaalta nykyisissä kasvuoloissa yksivuotiset kasvit ovat turvallinen valinta talvehtimisriskien takia. Sekä yksi- että monivuotisia kasveja tarvitaan viljelykierron monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Monimuotoinen viljely lisää monimuotoisuutta maisema-, kasvusto- juuristo- ja maaperän tasolla. Monimuotoisella viljelyllä voidaan myös vähentää ravinnekuormitusta ja torjunta-aineiden käyttöä sekä lisätä maan kasvukuntoa.

Monivuotiset ja yksivuotiset kasvit viljelykierron monipuolistajina ja maan kasvukunnon säilyttäjinä

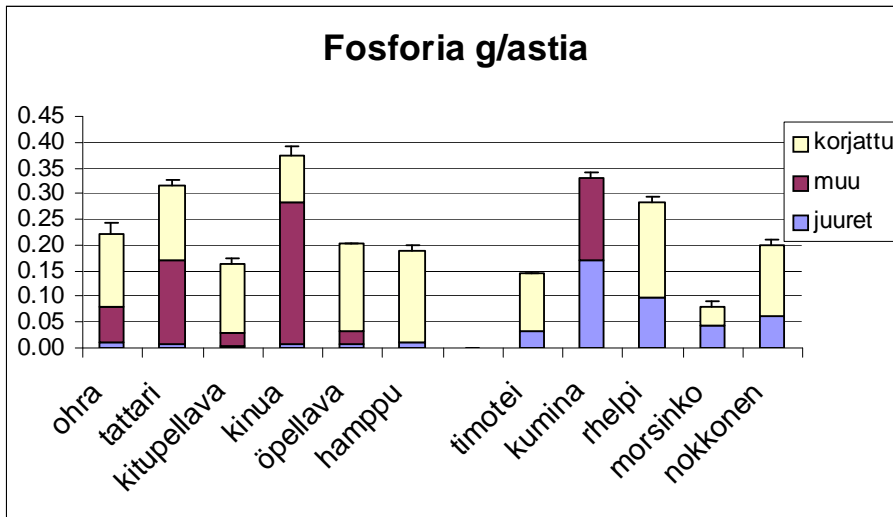
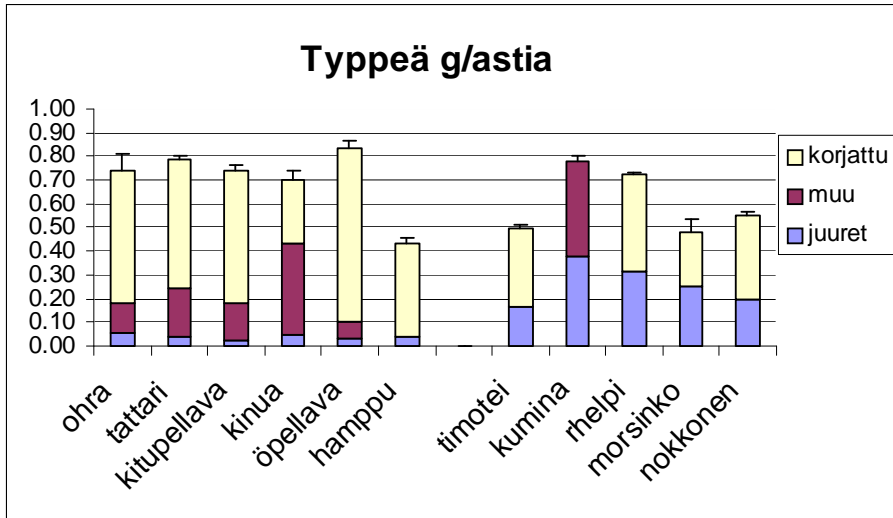
Yksivuotiset viljelykasvit ovat usein viljoja tai muita siemensatokasveja, joiden viljelyyn maatilalla on satsattu koneistuksen ja ammattitaidon osalta. Siksi yksivuotisten kasvien viljely on lyhyellä tähtämellä houkutteleva vaihtoehto. Monivuotisten kasvien viljelyllä on kuitenkin yksivuotisiin verrattuna edullisia vaikutuksia sekä maan päällä että juuriston ja maaperän tasolla. Monivuotinen kasvusto kilpailee rikkoja vastaan, varjostaa maata kuivuuden aikana ja antaa suojaa eri eliöille. Yksivuotisilla kasveilla taas voidaan lisätä esimerkiksi kukkivien kasvien ja niiden oheiselöiden monimuotoisuutta pellossa, katkaista monivuotisen kasvin kanssa esiintyvien tautien ja rikkakasvien yleistymisen, ja poistaa ravinteita ja haitallisia yhdisteitä maaperästä (Pilon-Smits 2005, Ketterings ym. 2006).

Monivuotisten kasvien viljelyssä peltoa käsitellään vähemmän kuin yksivuotisten viljelyssä. Tällöin maan tiivistyminen vähenee ja maan rakenne sekä lierokanta ym. säilyvät parempana, mikä lisää tulevien kasvien satoa. Koska peltoa ei tarvitse kyntää ja äestää monivuotisia kasveja viljeltäessä, pellon vesitalous säilyy kuivien jaksojen aikana pidempään edullisena (McLaughlin & Walsh 1998). Myös maan hiilivarat säilyvät paremmin, kun maata ei ilmasteta kyntämällä ja muokkaamalla (Mikhailova ym. 2000). Monivuotisen kasvin laaja juuristo sitoo maata ja ravinteita estäen eroosiota sekä ravinteiden huuhtoutumista (Kort ym. 1998, McLaughlin & Walsh 1998). Monivuotiset kasvit tarvitsevat vähemmän lannoitusta, vettä, kasvinsuojeluaineita ja energiaa viljelytoimenpiteiden tekoon kuin yksivuotiset. Monivuotisilla kasveilla on Suomessa usein ongelmana talvehtiminen. Useiden pohjoisessakin

menestyvien nurmikasvien talvehtimisongelmat kasvavat lumen syvyyden kasvaessa. Ilmastonmuutos tuo mitä todennäköisimmin helpotusta talvehtimisongelmiin, vaikkakin sään ääri-ilmiöiden ja talvisateiden voimistuminen sekä talven lämpimät jaksot saattavat entisestään heikentää ainakin nykyisten monivuotisten ja syysmuotoisten viljelykasviemme menestymistä vielä lähi-vuosikymmeninä.

Viljelykasvien käyttö maan ravinnetasapainon parantajina

Sopivasti valitulla yksivuotisella kasvilla voidaan viljelykierrossa saada talteen maaperän huuhtoutumisvaarassa olevia ravinteita, esimerkiksi typpeä palkokasvien jälkeen. USA:ssa tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että rehu-kasvina käytetty kahden *Sorghum*-lajin risteytys otti maasta runsaasti fosforia ja kalia, ja keräsi näin talteen lannanlevityksessä tulleita liiallisia ravinteita (Ketterings ym. 2006). Myös monivuotisilla heinä- ja palkokasveilla kuten ruokohelvellä ja nurmilla voidaan vaikuttaa maaperän ravinnetasoon (Partala ym. 2001, Fraser ym. 2004, Kyllmar ym. 2006). MONIKASVI-tutkimuksen astiakokeen tulokset osoittivat, että tutkitut 11 kasvia keräsivät pää- ja hiven-ravinteita eri tavoin (Kuva 1). Fosforia keräsi eniten kinua, mutta tattari, kumina ja ruokohelpi olivat myös hyviä fosforin kerääjiä. Eniten typpeä keräsivät yksivuotiset siemenkasvit, mutta runsaasti keräsivät myös ruokohelpi ja kumina. Sekä typpeä että fosforia olisi poistunut pellolta eniten siemensatois-ten kasvien mukana. Myös ruokohelven sadon mukana olisi poistunut run-saasti typpeä ja fosforia, jos se olisi korjattu kasvuston ollessa vielä vihreä. Kevätkorjuuseen mennessä suuri osa ravinteista kuitenkin joko kerääntyy juuristoon, jää maaperään tai huuhtoutuu (Partala ym. 2001). MONIKASVI-kokeita on jatkettu vuosina 2004-2006 pellolla aidoissa viljely- ja korjuu-oloissa.



Kuva 1. MONIKASVI-projektin astiakokeessa olleiden 11 kasvin fosforin ja typen keruu eri kasvinosiin.

Maan puhdistus viljelykasvien avulla

Sekä yksi- että monivuotisilla kasveilla voidaan poistaa viljelykierrosta raskasmetalleja, torjunta-aineita ja hiilivetyjä (Cunningham & Berti 1993, Pilon-Smits 2005, Jussila 2006). Haitallisten raskasmetallien poistossa voitaisiin käyttää monia kasveja, jotka keräävät niitä valikoivasti eri kasvinosiin. Monet luonnonkasvit ovat eri metallien huippukerääjiä, hyperakkumulaattoreita. Tällaisia ovat esimerkiksi jotkut tasku- ja kilpiruohot (*Thlaspi caerulescens*, sinkki ja kadmium, *Alyssum murale* tai *Alyssum bertolonii*, nikkeli) tai saniaiset (*Pteris vittata*, arseeni) (Pence ym. 2000, Lombi ym. 2002, Boo-

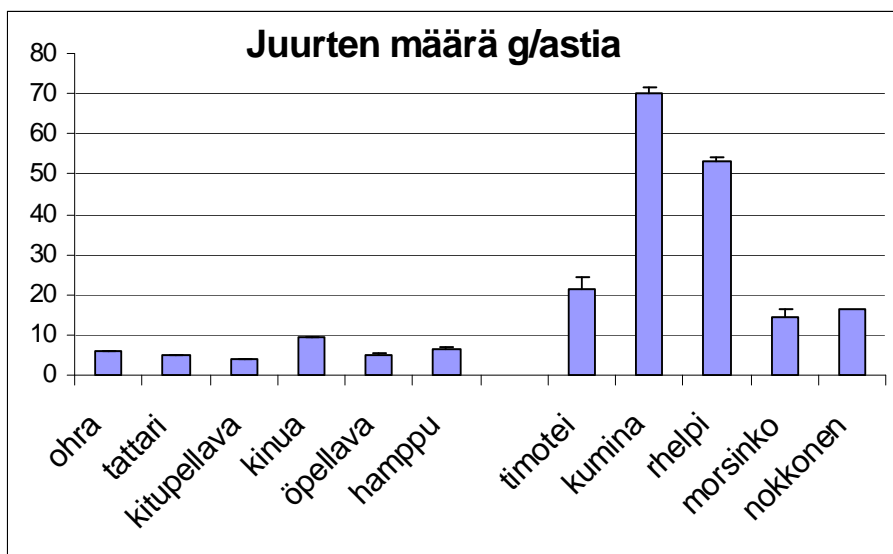
minathan & Doran 2002, Comino ym. 2005). MTT:ssä tehdyissä tutkimuksissa on saatu selville, että myös viljelykasvit keräävät eri tavalla eri kasvinosiinsa hivenaineita ja raskasmetalleja, kuten kadmiumia, lyijyä, kuparia ja sinkkiä. Juurisatokasvit (esimerkiksi sokerijuurikas) keräsivät korjattavaan satoonsa eniten kadmiumia ja viljasatokasvit sinkkiä. Lyijyä kertyi eniten maan päälliseen kasvustoon (Ylärinta & Sillanpää 1984, Sillanpää ym. 1988, Sillanpää & Jansson 1991, Mäkelä-Kurto 1996). Tutkimuksessa ”Raskasmetallit maa-kasvi-vuorovaikutussuhteessa” (MTT:n Hanska-tietokannan numero 266) todettiin, että muun muassa tupakka, pinaatti ja öljy- ja kuitupellava keräsivät erityisesti kadmiumia, hamppu, öljypellava ja kevätvehnä kuparia ja hamppu ja kevättrapsi lyijyä. Ulkomailla tehdyissä tutkimuksissa on lisäksi todettu, että esimerkiksi tattari kerää alumiinia (Shen & Ma 2001), mikä lie-nee syynä sen hyvään maan happamuuden kestoon (Dwivedi 1996), ja kinua cesiumia, kuten muutkin Chenopodiaceae-heimon kasvit (Broadley & Willey 1997). Eri kauralajikkeiden havaittiin MTT:n tutkimuksissa keräävän eri määriä kadmiumia (Eurola ym. 2003).

Vaikka viljelykasvit eivät ole raskasmetallien huippukerääjiä, niiden etuna on sopivilla viljelytekniikoilla, varsinkin hyvällä lannoituksella, aikaansaatu suuri ja korjattavissa oleva biomassa. Peltomaasta voitaisiinkin poistaa haitallisia raskasmetalleja viljelemällä niitä kerääviä kasveja ja korjaamalla sadon lisäksi myös muut raskasmetalleja runsaasti sisältävät kasvinosat. Metalleja voitaisiin myös ottaa talteen korjattavasta materiaalista. Tulevaisuus näyttää, saadaanko viljelykasveja valjastettua tehokkaampaan maan puhdistukseen esimerkiksi siirtämällä niihin luonnonkasvien tehokkaita metallinkeru-ominaisuuksia, ja näin yhdistämällä niiden suuri biomassa luonnonkasvien suureen keruutehoon (Pilon-Smits 2005).

Viljelykasvien juuriston vaikutukset maaperään

Monivuotisilla kasveilla on useimmiten suurempi juuristo kuin yksivuotisilla (Roumet ym. 2006, Pietola & Alakukku 2005). Esimerkiksi kumina tuottaa 8-12 tn ja ruokohelpi 3-5 tn juuristoa hehtaaria kohti (Siuliauskas & Liaskas 1999, Partala ym. 2001, Saijonkari-Pahkala 2001). Myös MONIKASVI-tutkimuksessa mukana olleista 11 kasvilajista kumina ja ruokohelpi erottuivat edukseen suuren juuristonsa takia. Yleensäkin monivuotisilla kasveilla oli suurempi juuristo kuin yksivuotisilla (Kuva 2). Suuren juuriston etuja ovat ravinteiden ja veden oton paraneminen sekä ravinteiden varastointi turvaan tuholaisilta, auringolta, rankkasateilta ym. maanpäällistä kasvustoa uhkaavilta tekijöiltä. Suuri juuristo tarjoaa myös maanalainen energia- ja ravinnevaraston, ja siten mahdollisuuden vakaampaan kehitykseen erilaisissa stressitilanteissa (McLaughlin & Walsh 1998). Monivuotisia, laajajuuristoisia kasveja voidaan myös käyttää veden haihdutuksessa ja ravinteiden keruussa valu-

ma-alueilla. Näin saadaan vähennettyä ravinnevalumia sekä pysäyttämällä niiden liike että sitomalla ravinteita kasvustoon (Fraser ym. 2004, Pilon-Smits 2005). Esimerkiksi Ruotsissa bioenergiakasvina käytetty paju ja Suomessa samaan tarkoitukseen käytetty ruokohelmi voisivat toimia paitsi veden haihduttajina ja eroosion estäjinä myös raskasmetallien, typen ja fosforin keräjinä tai huuhtoutumisen pysäyttäjinä ongelma-alueilla (Berndes ym. 2004, Fraser ym. 2004).



Kuva 2. MONIKASVI-projektin astiakokeessa olleiden 11 kasvin juuriston määrä astiaa kohti.

Laaja juuristo tarjoaa hyvän alustan mikrobien ja mykorritsan kasvulle. Mikrobit ja mykorritsa hyödyttävät kasvin ravinteiden saantia ja ne myös osallistuvat taisteluun haitallisia mikrobeja, kuten taudinaiheuttajia vastaan. Juuriston yhteydessä elävät mikrobit voivat myös olla osallisia maan puhdistuksessa kasvien avulla (Cunningham & Berti 1993, Pilon-Smits 2005, Jussila 2006). Suuri juuristo estää eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista sekä nostaa maan orgaanisen aineen määrää (McLaughlin & Walsh 1998).

Maan hiilivarojen merkitys ja säilyttäminen

Maan orgaaninen aines sitoo yhteen maapartikkeleita ja edistää näin ravinteiden saatavuutta. Se myös parantaa kasvin vesitaloutta edesauttamalla sekä vedenläpäisevyyttä että vedenpidätystä. Orgaaninen aines parantaa maan mururakennetta, auttaa ilmanvaihtoa, pidättää ravinteita maassa ja estää niiden huuhtoutumista. Kasveista lähtöisin olevat hiiliyhdisteet ovat mikrobien ruokaa ja myös niiden mineraaliravinteiden lähde, joten runsas maan kasvipe-

räinen orgaaninen aines auttaa hyödyllisten mikrobin kasvua ja lisää niiden aktiivisuutta vaikuttaen siten kasvien terveyteen. Juurten ohella orgaaninen aines myös toimii kasvien ravinnevarastona ja estää eroosiota ja huuhtoutumista. Kaikki maan orgaaniseen ainekseen varastoituva hiili on myös hiilen poistoa ilmakehästä ja siten hillitsee ilmastonmuutosta.

Maan hiilivaroja voidaan lisätä monin keinoin (Kort ym. 1998, McLaughlin & Walsh 1998, Hutchinson ym. 2007). Monivuotisten kasvien, mukaan lukien nurmet, viljely on yksi niistä. Suorakylvö ja kasvijätteen maahan kyntäminen ovat myös keinoja lisätä maan hiiltä. Maahan kynnetty kasvijäte estää ravinteiden huuhtoutumista pellostä (Beaudoin ym. 2005). Sekä maan hiilivarojen säilyminen että eroosion ja huuhtoutumisen estämisen kannalta tärkeää on pellon jatkuva kasvipeitteisyys (Kort ym. 1998, Hutchinson ym. 2007). Monivuotisten bioenergiakasvien, kuten ruokohelven, viljely edesauttaa yhdellä kertaa monia ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja maaperän kasvukunnon parantamiseen liittyviä asioita: hyvin ja kestävästi hoidettu kasvusto tuottaa uusiutuvaa energiaa lisäen samalla hiilen sitoutumista maaperään ja estäen maan eroosiota ja ravinnevalumia (Kort ym. 1998, McLaughlin & Walsh 1998). Hyvä ravinnetalous vähentää kasvihuonekaasupäästöjä myös lannoitteiden valmistuksen aiheuttamien päästöjen ja kaasumaisten typpipäästöjen vähentymisen kautta.

Johtopäätökset

Monipuolisen kasvinviljelyn avulla voidaan säilyttää ja parantaa pellon kasvukuntoa, vaikuttaa tuholais- ja tautitorjuntajen määrään sekä estää eroosiota ja ravinnevalumia. Kasvi- ja viljelytekniikan valinnalla voidaan vaikuttaa maan rakenteeseen ja hiilivaroihin. Laaja juuristo ja runsas kasvimassa sitovat ravinteita ja vähentävät ravinteiden huuhtoutumisriskiä haihduttamalla vettä ja estämällä eroosiota. Samalla kasvit toimivat ravinne- ja hiilivarastoina sekä itselleen että mikrobeille. Laajan juuriston avulla kasvit saavuttavat vettä ja ravinteita kriittisinä aikoina. Monivuotiset runsasjuuriset kasvit lisäävät maan hiilivaroja ja parantavat maan rakennetta. Ne myös luovat edulliset olosuhteet hyödyllisten mikrobin kasvulle. Viljelykasveja voidaan käyttää köyhdyttämään liian ravinteikasta maaperää ja poistamaan haitallisia ravinteita, raskasmetalleja ja orgaanisia yhdisteitä. Kasvin juuristossa elävät mikrobit toimivat tässä yhteistyössä kasvin kanssa. Viljelykasvin valinnalla voidaan siis edesauttaa paitsi maan päällistä monimuotoisuutta, myös pellon kasvukuntoa, peltomaan puhtautta ja ravinnetasapainoa.

Kirjallisuus

- Beaudoin, N., Saad, J.K., Van Laethem, C., Machet, J.M., Maucorps, J. & Mary, B. 2005. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111: 292-310.
- Berndes, G., Fredrikson, F. & Börjesson, P. 2004. Cadmium accumulation and *Salix*-based phytoextraction on arable land in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 207-223.
- Boominathan, R. & Doran, P.M. 2002. Ni-induced oxidative stress in roots of the Ni hyperaccumulator, *Alyssum bertolonii*. *New Phytologist* 156: 205-215.
- Broadley, M.R. & Willey, N.J. 1997. Differences in root uptake of radiocaesium by 30 plant taxa. *Environmental Pollution* 97: 11-15.
- Comino, E., Whiting, S., Neumann, P. & Baker, A. 2005. Salt (NaCl) tolerance in the Ni hyperaccumulator *Alyssum murale* and the Zn hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant and Soil* 270: 91-99.
- Cunningham, S.D. & Berti, W.R. 1993. Remediation of contaminated soils with green plants: an overview. In *Vitro Cellular and Development Biology* 29P: 207-212.
- Dwivedi, G.K. 1996. Tolerance of some crops to soil acidity and response to liming. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 44: 736-741.
- Eurola, M., Hietaniemi, V., Kontturi, M., Tuuri, H., Pihlava, J.M., Saastamoinen, M., Rantanen, O., Kangas, A. & Niskanen, M. 2003. Cadmium contents of oats (*Avena Sativa* L.) in official variety, organic cultivation and nitrogen fertilization trials during 1997-1999. *Journal of agricultural and food chemistry* 51, 9: 2608-2614.
- Fraser, L.H., Carty, S.M. & Steer, D. 2004. A test of four plant species to reduce total nitrogen and total phosphorus from soil leachate in subsurface wetland microcosms. *Bioresource Technology* 94: 185-192.
- Hutchinson, J.J., Campbell, C.A. & Desjardins, R.L. 2007. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 142: 288-302.
- Jussila, M.M. 2006. Molecular Biomonitoring during Rhizoremediation of Oil-Contaminated Soil. Doctoral dissertation, University of Helsinki. *Dissertationes bioscientiarum molecularium Universitatis Helsingiensis* in Viikki 19/2006. 80 s.

- Ketterings, Q.M., Godwin, G., Kilcer, T.F., Barney, P., Hunter, M., Cherney, J.H. & Beer, S. 2006. Nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and calcium removal by brown midrib Sorghum Sudangrass in the Northeastern USA. *Journal of Agronomy and Crop Science* 192: 408-416.
- Kort, J., Collins, M. & Ditsch, D. 1998. A review of soil erosion potential associated with biomass crops. *Biomass and Bioenergy* 14: 351-359.
- Kyllmar, K., Carlsson, C., Gustafson, A., Ulén, B. & Johnsson, H. 2006. Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden. Characterisation and trends. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 15-26.
- Lombi, E., Zhao, F.-J., Fuhrmann, M., Ma, L.Q. & McGrath, S.P. 2002. Arsenic distribution and speciation in the fronds of the hyperaccumulator *Pteris vittata*. *New Phytologist* 156: 195-203.
- McLaughlin, S.B. & Walsh, M.E. 1998. Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. *Biomass and Bioenergy* 14: 317-324.
- Mikhailova, E.A., Bryant, R.B., Vassenev, I.I., Schwager, S.J. & Post, C.J. 2000. Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian chernozem. *Soil Science Society of America Journal* 64: 738-745.
- Mäkelä-Kurto, R. 1996. Uptake of heavy metals by cultivated plants. Teoksessä: Päivi Kopponen ym. (toim.). Bio- and ecotechnological methods in restoration. Kuopio. s. 15.
- Partala, A., Mela, T., Esala, M. & Ketoja, E. 2001. Plant recovery of ¹⁵N-labelled nitrogen applied to reed canary grass grown for biomass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61: 273-281.
- Pence, N.S., Larsen, P.B., Ebbs, S.D., Letham, D.L.D., Lasat, M.M., Garvin, D.F., Eide, D. & Kochian, L.V. 2000. The molecular physiology of heavy metal transport in the Zn/Cd hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97: 4956-4960.
- Pietola, L. & Alakukku, L. 2005. Root growth dynamics and biomass input by Nordic annual field crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108: 135-144.
- Pilon-Smits, E. 2005. Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology* 56: 15-39.
- Roumet, C., Urcelay, C. & Díaz, S. 2006. Suites of root traits differ between annual and perennial species growing in the field. *New Phytologist* 170: 357-368.

- Saijonkari-Pahkala, K. 2001. Non-wood plants as raw material for pulp and paper. *Agricultural and Food Science in Finland* 10, Supplement N:o 1. 101 s.
- Shen, R. & Ma, J.F. 2001. Distribution and mobility of aluminium in an Al-accumulating plant, *Fagopyrum esculentum* Moench. *Journal of Experimental Botany* 52: 1683-1687.
- Sillanpää, M. & Jansson, H. 1991. Cadmium and sulphur contents of different plant species grown side by side. *Annales Agriculturae Fenniae* 30: 407-413.
- Sillanpää, M., Ylärinta, T. & Jansson, H. 1988. Lead contents of different plant species grown side by side. *Annales Agriculturae Fenniae* 27: 39-43.
- Siuliauskas, A. & Liaskas, V. 1999. Caraway (*Carum carvi*) varieties in Lithuania. *Sodininkyste ir Darzininkyste* 18: 38-48.
- Ylärinta, T. & Sillanpää, M. 1984. Micronutrient contents of different plant species grown side by side. *Annales Agriculturae Fenniae* 23: 158-170.

Kasvien ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuus ja sen hyödyntäminen

Ansa Palojärvi, Saara Kaipainen ja Sari Peura

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, ansa.palojarvi@mtt.fi, saara.kaipainen@mtt.fi, sapeura@cc.jyu.fi

Tiivistelmä

Kasvien juurten vaikutusalueella, ritsosfäärissä, on runsas ja monimuotoinen maaperämikrobisto. Ritsosfääri eroaa ympäröivästä maasta monilta epäorgaanisilta ja orgaanisilta ominaisuuksiltaan. Juuret erittävät erilaisina juurieritteinä eli eksudaatteina noin 10 prosenttia kasvin yhteyttämästä hiilestä. Mikrobiston on helpompi käyttää hyväkseen juurieritteitä kuin maan orgaanista ainesta, ja siksi ritsosfäärin mikrobiaktiivisuus on yleensä ympäröivää maata suurempi. Osa juurieritteistä on mikrobiston kannalta haitallisia, ja toisaalta ritsosfäärin mikrobistosta voi olla haittaa myös kasville. Kasvin kasvun kannalta hyödyllisiä ovat typen- ja fosforinsaannissa avustavat symbionttiset mikrobit ja muut ravinteiden ottoa tehostavat mikrobit. Kasvia hyödyttävät myös mikrobit, jotka tuottavat kasvua edistäviä yhdisteitä, sekä kasvitauteja estävät tai tukahduttavat mikrobit.

Kasvien vaikutus maaperän mikrobiyhteisöjen rakenteeseen on voimakas. Juurieritteet määräävät paljolti ritsosfäärin mikrobien määrän ja laadun, ja mikrobiyhteisö onkin ritsosfäärissä erilainen kuin sen ulkopuolella. Juurten läheisyydessä mikrobiyhteisön lajikirjo on moninaisempi kuin juuren vaikutusalueen ulkopuolella. Juurieritteiden lisäksi ritsosfäärimikrobiston koostumukseen vaikuttavat kasvupaikan maaperän ominaisuudet ja sen luontaisen mikrobiston yhteisökoostumus. Myös siemenen mukana kulkeutuvilla mikrobeilla sekä mikrobeja syöville alkueläimillä ja sukkulamadoilla voi olla merkitystä ritsosfäärin mikrobistoon. Kasvin yksi- ja monivuotisuus näkyy juuriston koossa ja kasvudynamiikassa kasvukauden aikana, jolloin se heijastuu myös ritsosfäärimikrobistoon.

Peltomaan kykyä vastustaa tautimikrobeja voidaan vahvistaa lyhytaikaisesti komposti- ja katemateriaalien avulla ja lisäämällä maahan antagonistisia mikrobipreparaatteja. Pysyvämpi vaikutus saadaan, kun peltoympäristöä monimuotoistetaan viljelykierron avulla. Ritsosfäärimaan mikrobiyhteisöön on mahdollista vaikuttaa kasvilajivalinnalla, esimerkiksi ottamalla viljelyyn erikoiskasveja.

Avainsanat: mikrobiologia, juuristo, ritsosfääri, erikoiskasvit, biokontrolli

Diversity and exploitation of rhizosphere microbes

Ansa Palojarvi, Saara Kaipainen and Sari Peura

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland,
ansa.palojarvi@mtt.fi, saara.kaipainen@mtt.fi, sapeura@cc.jyu.fi

Abstract

In the rhizosphere, soil microbial community is abundant and diverse. The rhizosphere differs from the surrounding soil by many inorganic and organic characteristics. The roots secrete various root exudates, which make up 10 % of the assimilated carbon. The root exudates are more easily utilized by microbes than the soil organic matter. That is why the microbial activity in the rhizosphere is usually greater than in the bulk soil. Some part of the root exudates may be harmful for microbes and, *vice versa*, some rhizosphere microbes may have harmful effects to the plants. For the crop growth, the most beneficial microbes are symbiotic microbes or other ones that improve plant nutrient (e.g. nitrogen or phosphorus) uptake. Other plant growth promoting microbes and antagonistic or suppressive biocontrol microbes are beneficial to the crop growth, as well.

The impact of plants on soil microbial community structure is great. The root exudates largely determine the amount and quality of rhizosphere microbes. Typically, microbial community is different and more diverse in the rhizosphere than in the bulk soil. In addition to the root exudates, the rhizosphere microbial community composition is influenced by the site specific characteristics and initial microbial community. The microbes attached to the seeds and predatory microfauna may have an impact on soil microbial communities, too. The size and growth dynamics of root systems are different with annual and perennial crop species and this is reflected to the rhizosphere microbial communities.

The applications of different compost and mulch materials or antagonistic microbial preparations may give a transient ability of arable soil to resist pathogenic microbes. More permanent impact can be reached, if the agroecosystem is being diversified by crop rotation. It is possible to influence the soil microbial community by choosing certain crop species e.g. by cultivating special crops.

Key words: microbiology, rhizosphere, special crops, biocontrol

Mikrobit viihtyvät kasvien ritsosfäärissä

Maaperän mikrobisto on runsas ja monimuotoinen. Erityisen paljon mikrobeja esiintyy ympäristöissä, joissa on tarjolla runsaasti tuoretta eloperäistä ainesta. Kasvien ritsosfääri on alue juuriston ympärillä, johon kasvin juurilla on suora vaikutus. Se on yksi mikrobiston runsaan esiintymisen kohta, ns. 'hot-spot', maassa. Se poikkeaa ritsosfäärin ulkopuolisesta maasta epäorgaanisten ionien koostumuksen, pH:n, hapen ja hiilidioksidin määrän sekä orgaanisen aineksen määrän ja laadun suhteen (Bowen & Rovira 1991).

Kasvien juuret erittävät ulkopuolelleen runsaasti erilaisia orgaanisia yhdisteitä eli eksudaatteja. Juuriston pinnalta myös irtoaa kuollutta solukkoa. Aineet vapautuvat kasvien juurista joko vuotamalla ja diffuusion vaikutuksesta (esimerkiksi sokerit, aminohapot, orgaaniset hapot, hormonit ja vitamiinit), juurten erittämänä ja ulos puristamina (esimerkiksi polymeeriset hiilihydraatit ja entsyymit), tai solujen sekä juuren osien irrotessa ja hajotessa juuren kasvaessa (esimerkiksi lyysoosin). Lisäksi juurista haihtuu kaasuja, kuten etyleeniä ja hiilidioksidia (Bowen & Rovira 1991, Lynch & Whipps 1990). Tärkeä juurierite on juurten tuottama lima-aine (mucigel). Se sisältää polysakkarideja, joissa olevien karboksyyliyhdyntien avulla se pystyy kiinnittymään savipartikkeleihin ja stabiloi näin maan rakennetta (Bazin ym. 1990, Bowen & Rovira 1991). Arviolta 10 % kasvin yhteyttämästä hiilestä kulkeutuu ritsosfääriin juurieritteiden mukana (Pinton ym. 2001).

Ritsosfäärin mikrobiaktiivisuus ja mikrobibiomassa ovat yleensä ympäröivää maata suurempia (Bazin ym. 1990). Juurista vapautuva orgaaninen aines on tärkein mikrobien kasvuun vaikuttava tekijä (Bowen & Rovira 1991). Juuriston tuotteet sisältävät kaikkia kasvisolun komponentteja ja pääosa mikrobien käyttämistä substraateista on kasvien juurista peräisin (Lynch & Whipps 1990). Juurieritteet ovat mikrobeille helpommin hajotettava ravinteiden lähde kuin maassa oleva orgaaninen aines (Marschner & Rengel 2003). Kasvin juuristo tarjoaa myös oivallisen 'biofilmin' eli tarttumispinnan monille mikrobeille, minkä avulla mikrobit myös tavoittavat uusia alueita maaperässä.

Kasvit kilpailevat mikrobien kanssa ravinteista ja toisaalta antavat niille ravinteita (Wardle ym. 1999). Vuorovaikutus juurten ja mikro-organismien välillä voi olla hyödyllinen, haitallinen tai neutraali, ja sen vaikutus riippuu usein maan olosuhteista (Bowen & Rovira 1991). Kasvit muokkaavat ritsosfäärin maata, kun juuristosta vapautuu materiaalia maahan. Ritsosfäärissä tapahtuva materiaalin vaihto kasvin juurten ja ympäröivän mikrobipopulaation kesken voi edistää tai estää kasvin tai mikrobien kasvua (Bazin ym. 1990). Eräät kasvit erittävät juuriston kautta myös mikrobien kasvun kannalta haitallisia yhdisteitä. Esimerkiksi tattari erittää ritsosfääriin orgaanisia happoja, jotka alentavat maan pH:ta juuriston ympärillä (Peura 2006). Kasvinviljelyn

kannalta tasapaino kasvin kasvun kannalta hyödyllisten ja haitallisten mikrobien välillä on keskeinen.

Ritsosfäärin mikrobistosta hyötyä kasville

Ritsosfäärin runsaassa mikrobistossa esiintyy kasvin kannalta myös haitallisia (kasvipatogeenit) tai neutraaleja mikrobeja, mutta monet niistä ovat kasvin kasvun kannalta hyödyllisiä. Tällaisia ovat symbionttiset mikrobit ja muut kasvin ravinteiden ottoa tehostavat mikrobit, kasvitauteja estävät tai tukahduttavat mikrobit, sekä kasvin kasvua edistäviä yhdisteitä tuottavat mikrobit (Pinton ym. 2001). Parhaiten tunnettuja ritsosfäärin hyötymikrobeja ovat biologiseen typensidontaan kykenevät palkokasvien kanssa symbioosissa toimivat juurinysträbakteerit (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*). Peltoviljelyn kannalta merkitystä on myös vilja- ja heinäkasvien kanssa assosiativisilla ja vapaasti maassa kasvavilla typensitojabakteereilla (mm. *Azospirillum*, *Klebsiella*).

Mykorritsa, eli sienijuuri, on kasvin juuren ja sen kanssa symbioosissa elävän sienien muodostama kokonaisuus, joka tehostaa kasvin veden ja ravinteiden, etenkin fosforin ja sinkin, saantia, sekä parantaa tuholaisten ja tautien kestävyyttä (Reid 1990). Mykorritsa-sienen laaja ja ohut rihmasto kuljettaa kasville sen tarvitsemia aineita paljon laajemmalla alueella ja ahtaammista paikoista kuin mihin kasvin juuristo pystyy. Symbioosissa sieni puolestaan saa kasvilta yhteytystuotteita kasvuaan varten (Reid 1990). Mykorritsatyyppenä on useita, mutta viljelykasvien kannalta tärkein on arbuskelimyorritsa (AM), joka pystyy kolonisoimaan useimpien viljelykasvien juuria. AM parantaa myös maan rakennetta, sillä se stabiloi maapartikkeleita (Douds & Millner 1999).

Kasvin ja AM-sienen suhteeseen vaikuttaa suuresti pellon fosforitila. Sieni saa symbioosissa kasvilta yhteytystuotteita ja luovuttaa sille fosforia ja muita ravinteita. Mikäli maassa on fosforia niukasti, symbioosi on molemmille edullinen, mutta jos maan fosforitaso on korkea, kasvi pystyy itse ottamaan maasta tarvitsemansa fosforin. Tällöin sieni on kasvin parasitiitti, joka ottaa kasvilta hiilituotteita hyödyttämättä kasvia mitenkään (Kahiluoto 2000).

Ritsosfäärin mikrobit vaikuttavat juuriin ja toisiinsa tuottaessaan maahan orgaanisia yhdisteitä. Näiden yhdisteiden joukossa on kasvien kasvua sääteleviä aineita, kasvimirykkäjä, antibiootteja, entsyymejä ja maan rakenteen stabiloijia. Aineiden konsentraatio on tärkeä, sillä sama aine saattaa pieninä pitoisuuksina lisätä kasvien kasvua ja suurina inhiboida sitä (Lynch & Whipps 1990). Kasvin kasvua edistäviä aineita ovat esimerkiksi indolietikkahappo (IAA) ja gibberelliini (Pinton ym. 2001).

Ritsosfäärin mikrobit osallistuvat kasvitautien torjuntaan (biokontrolli) tuottamalla ionoforeja ja antibiootteja. Ionoforit paitsi edistävät kasvien ravinteiden ottoa, myös osallistuvat kasvitautien torjuntaan muuttamalla raudan patogeeneille käyttökelpottomaan muotoon (Bowen & Rovira 1991, Lynch & Whipps 1990). Antibiootteja tuottavat muun muassa monet aktinobakteerit ja *Pseudomonas*-bakteerit, jotka siten ovat potentiaalisia kasvitautien torjujia. Kasvipatogeeneille antagonistisia mikrobeja on perinteisesti seulottu maljatesteillä, joissa on etsitty patogeenin kasvua estäviä puhdasviljelmämicrobeja. Niistä tehdyt mikrobi-preparaatit kuitenkin usein menettävät antagonistisen kykynsä peltomaassa tai ne eivät säily siellä. De Boer ym. (2007) osoittivat, että kasvitautien tukahduttaminen (supressiivisuus) ei ole välttämättä yksittäisten supressiivisten mikrobin aiheuttamaa, vaan usean mikrobilajin yhteistyötä, jotka yksittäin eivät välttämättä ole lainkaan antagonistisia. Ritsosfäärimikrobit voivat estää tautimikrobeja myös tuottamalla haihtuvia yhdisteitä, parasitismia tai kilpailun avulla (Pinton ym. 2001). Kilpailua käydään ravinteista ja tilasta.

Mikä vaikuttaa ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuuteen?

Kasvien vaikutus maaperän mikrobiyhteisöjen rakenteeseen on suuri (Nannipieri ym. 2003). Juurieritteet määräävät suurelta osin ritsosfäärin mikrobin määrän ja laadun, ja mikrobiyhteisö onkin erilainen ritsosfäärissä kuin sen ulkopuolella (Bowen & Rovira 1991, Marschner ym. 2004). Juurten läheisyydessä mikrobiyhteisön lajikirjo on moninaisempi kuin juuren vaikutusalueen ulkopuolella (Ibekwe & Kennedy 1999).

Kasvilajien on todettu eroavan sen suhteen mitä ja minkä verran niiden juurista juurieritteitä vapautuu (Bowen & Rovira 1991, Marschner & Rengel 2003). Kasvilajin onkin monissa tutkimuksissa todettu vaikuttavan ritsosfäärin mikrobiyhteisön rakenteeseen (Schmalenberger & Tebbe 2002, Söderberg ym. 2004). Myös viljelty lajike näyttäisi vaikuttavan ritsosfäärin mikrobiyhteisön rakenteeseen (Diab El Arab ym. 2001, Siciliano & Germida 1999).

Paitsi kasvilajin ja -lajikkeen, juuren erittämät aineet vaihtelevat myös fysiologisten (ikä, ravinnetilanne) ja abioottisten olosuhteiden (lämpötila, maan rakenne, ilmastus, kosteus, maalaji) mukaan (Bachman & Kinzel 1992, Bowen & Rovira 1991). Lannoitus voi muuttaa juuristoa ja vaikuttaa näin siihen, millaisia substraatteja juuret mikrobeille erittävät (Bowen & Rovira 1991). Lannoituksen onkin todettu vaikuttavan myös ritsosfäärin mikrobiyhteisön rakenteeseen (Marschner ym. 2004). Bachman ja Kinzel (1992) tutkivat maalajin vaikutusta kasvista vapautuviin yhdisteisiin kuudella kasvilla neljässä maalajissa, ja totesivat useimmissa yhdistelmissä maalajin olevan määräävä tekijä. Koska kasvista vapautuvat yhdisteet vaikuttavat ritsosfäärin

mikrobiyhteisön koostumukseen (Bowen & Rovira 1991, Marschner ym. 2004), saman kasvilajin ritsosfäärin mikrobiyhteisöt voivat olla erilaisia eri maissa.

Juurieritteiden lisäksi ritsosfäärimikrobiston koostumukseen vaikuttavat kasvupaikan maaperän ominaisuudet ja sen luontaisen mikrobiston yhteisökoostumus (De Boer ym. 2006). Myös siemenen mukana kulkeutuvilla mikrobeilla sekä mikrobeja syöville alkueläimillä ja sukkulamadoilla voi olla merkitystä ritsosfäärin mikrobistoon. De Ridder-Duine ym. (2005) totesivat, että kun luonnonvaraisen *Carex*-saran kasvupaikkojen ominaisuudet ja mikrobiyhteisöjen koostumukset vaihtelivat huomattavasti, saneli kunkin kasvupaikan ritsosfäärin ulkopuolisen mikrobiston koostumus ritsosfäärien mikrobiyhteisöjen koostumuksia enemmän kuin itse kasvi. Costa ym. (2006) taas havaitsivat tuotantokasveilla, että kasvupaikka saneli joidenkin mikrobiryhmien esiintymistä enemmän kuin toisten, ja että myös kasvulla oli vahva merkitys ritsosfäärimikrobiston koostumukseen.

Bowenin ja Roviran (1991) mukaan ritsosfäärin mikrobisto muuttuu kasvin elinkaaren aikana sen mukaan mitä kasvi juuristaan erittää, millaista ainesta juuren ympärillä on ja millaisten mikrobien kanssa juuri joutuu vuorovaikutussuhteeseen. MONIKASVI-hankkeen tulosten perusteella mikrobiyhteisön tiettyjä mikrobiryhmiä kuvaavien merkkirasvahappojen määrät olivat erilaisia kukinta-aikaan kuin kasvien tuleennuttua, mikä viittaa siihen, että yhteisö muuttuisi kasvukauden aikana.

Ritsosfäärin koko riippuu monista tekijöistä, kuten esimerkiksi maa- ja kasvilajista sekä kasvin iästä. Juuriston koko on sidoksissa kasvin maanpäällisen osan kehitysasteeseen, sillä monilla viljelyskasveilla maan päällinen ja maan alainen kasvinosa kasvavat samassa tahdissa (Pietola 2002). Juuriston kehitysnopeudessa on suuria eroja eri kasvilajien välillä (Pietola & Tanni 2000). Useilla 1-vuotisilla kasveilla, kuten kauralla (Pietola 2002, Pietola & Alakukku 2005), rypsellä ja ohralla (Pietola & Alakukku 2005) juuristo on suurimmillaan kukinnan aikoihin. Monivuotisilla kasveilla taas juuristo yleensä kasvaa tuleentumiseen saakka.

Peltomaan mikrobistoon vaikuttaminen viljelytoimenpiteiden avulla

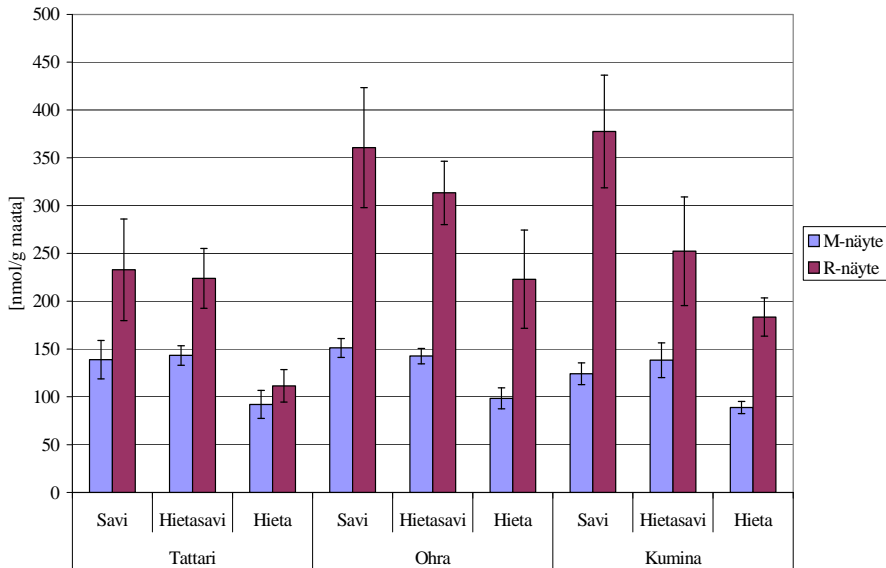
Maaperän mikrobistoon on pyritty vaikuttamaan erilaisten hyödyllisiä mikrobeja sisältävien komposti- ja katemateriaalien sekä testatusti antagonististen mikrobipreparaattien lisäysten avulla (Sturz & Christie 2003). Ongelmana on ollut toivottujen hyödyllisten ominaisuuksien häviäminen orgaanisen aineksen hajotuksen myötä tai antagonististen mikrobien ominaisuuksien muuntuminen tai luontaisessa kilpailutilanteessa tappiolle jääminen peltoolosuhteissa.

Perinteisin tapa kasvitautien ehkäisemisessä on ollut viljelykierto (Sturz & Christie 2003). Viljelykierron vaikutukset sadonlisäyksiin ja kasvitautien esiintymisen katkaisemiseen ovat toistuvasti dokumentoituja, mutta tarkat vaikutusmekanismit ovat yllättävän heikosti tutkittuja. Usein parhaat kasvilajit ja -lajikkeet viljelykiertoihin on valittu yrityksen ja erehdyksen kautta vuosien mittaan. Oletettavasti kuitenkin merkitystä on maaperäympäristön monimuotoistumisella tietyssä paikassa ja ajan myötä (esim. kasvitautintaudin isäntäkasvin ajoittainen puuttuminen kierrosta).

Peltomaassa viljeltävien kasvilajien määrä on tyypillisesti vähäinen, mikä saattaa osaltaan johtaa peltomaan mikrobisyhteisön monimuotoisuuden vähenemiseen. Peltomaan mikrobimonimuotoisuutta kasvattamalla voitaisiin mahdollisesti nostaa myös kasvin kasvun kannalta hyödyllisten mikrobien esiintymistä maassa. Pellolla viljeltävät erikoiskasvit voivat olla realistisia vaihtoehtoja peltoluonnon sekä maatalouden monipuolistamisessa. Erikoiskasveilla tarkoitetaan kasveja, joita tällä hetkellä käytetään viljelykasveina vähän, mutta joilla on potentiaalia viljelykasveiksi (mm. mauste-, öljy-, kuitu- ja energiakasveja). Niitä on sekä 1- että monivuotisia ja taksonomisesti ne poikkeavat tavanomaisista yksisirkkaisista viljakasveista.

LUMOpelto-projektin MONIKASVI-hankkeessa tutkittiin erikoiskasvien ritsosfäärin mikrobistoja ja verrattiin niitä ympäröivän maan mikrobistoon. Tutkitut erikoiskasvit olivat: 1-vuotiset kinua (*Chenopodium quinoa*), kitupellava (*Camelina sativa*), öljyhamppu (*Cannabis sativa*), tattari (*Fagopyrum esculentum*) ja öljypellava (*Linum usitatissimum*) sekä monivuotiset kumina (*Carum carvi*), nokkonen (*Urtica dioica*), ruokohelpi (*Phalaris arundinaceae*) ja värimorsinko (*Isatis tinctoria*), kontrollikasveina 1-vuotinen ohra (*Hordeum vulgare*) ja monivuotinen timotei (*Phleum pratense*). Tutkimuksia tehtiin sekä astia- että kenttäkokeilla. Yleisesti voidaan sanoa, että mikrobiston kokonaismäärä oli suurempi ritsosfäärissä kuin sen ulkopuolella (esim. Kuva 1). Ero mikrobiston määrässä vaihteli eri kasvilajien välillä.

Tutkimuksissa selvitettiin myös maan vaikutusta ritsosfäärin mikrobiston kokonaismäärään ja yhteisökoostumukseen. Mukana oli kolme maa- (hieno hietä, hietasavi, aito savi) ja kolme kasvilajia: erikoiskasvit kumina (*Carum carvi*) ja tattari (*Fagopyrum esculentum*) sekä kontrollikasvi ohra (*Hordeum vulgare*). Astiakoe tehtiin kasvihuoneessa kontrolloiduissa lämpötila-, valaistus- ja kosteusoloissa. Ritsosfääri- ja maanäytteet otettiin 1-vuotisten kasvien kukinnan aikaan (2-vuotisella kuminalla ohran kukinnan jälkeen).



Kuva 1. Maaperän mikrobiston kokonaismäärä ritsosfäärimaassa (R-näyte) ja sen ulkopuolella (M-näyte) kolmella eri kasvilla (tattari, ohra, kumina) kolmessa eri maassa (savi, hietasavi, hieta) määritettynä fosfolipidirasvahappojen kokonaismääränä [nmol PLFA g⁻¹ maata ±sd] (Peura 2006).

Maaperän mikrobiston kokonaismäärät olivat kukinnan aikaan keskimäärin suurimpia ohralla ja savessa, ja pienimpiä tattarilla ja hiedassa (Kuva 1, Peura 2006). Monivuotisilla kasveilla, kuten kuminalla, ritsosfäärimikrobisto oli yleensä suurimmillaan tuleentumisen aikaan. Maalaji vaikutti ritsosfäärissä mikrobiston kokonaismäärään kaikilla kasveilla. Tulokset osoittivat myös, että jokaisessa tutkitussa maassa oli sille tyypillinen mikrobiyhteisönsä (Peura 2006, Kaipainen ym. 2006). Mikrobiyhteisön koostumukseen vaikutti kuitenkin kasvilaji maata enemmän, kuten myös Buyer ym. (2002) ja Grayston ym. (1998) ovat päätelleet.

MONIKASVI-hankkeen tulosten perusteella voidaan todeta, että ritsosfäärin mikrobiyhteisöön on mahdollista vaikuttaa kasvilajivalinnalla. Tietyn kasvilajin vaikutus mikrobiyhteisön rakenteeseen suhteessa muihin kasvilajeihin on samansuuntainen maalajista riippumatta. Tuloksia voidaan soveltaa, kun halutaan yleistää eri erikoiskasvien suhteellista merkitystä maatalousmaan mikrobiyhteisön monimuotoisuudelle. Kaikkien tulosten valmistuttua voidaan arvioida eri kasvilajien lyhyt- ja pitkäaikaisia vaikutuksia kasvin kasvun kannalta hyödyllisten mikrobien esiintymiseen ritsosfäärissä ja sitä ympäröivässä maassa.

Kirjallisuus

- Bachman, G. & Kinzel, H. 1992. Physiological and ecological aspects of the interactions between plant roots and rhizosphere soil. *Soil biology and biochemistry* 24: 543-552.
- Bazin, M.J., Markham, P., Scott, E.M. & Lynch, J.M. 1990. Population dynamics and rhizosphere interactions. Teoksessa: Lynch, J.M. (toim). *The rhizosphere*. West Sussex, Great Britain: John Wiley & Sons. s. 99-127.
- Bowen, G.D. & Rovira, A.D. 1991. The rhizosphere- the hidden half of the hidden half. Teoksessa: Waisel, Y., Eshel, A. & Kaf kafi, U. (toim). *Plant roots- the hidden half*. New York, USA: Marcel Dekker, Inc. s. 641-669.
- Buyer, J.S., Roberts, D.P. & Russek-Cohen, E. 2002. Soil and plant effects on microbial community structure. *Canadian journal of microbiology* 48: 955-964.
- Costa, R., Gotz, M., Mrotzek, N., Lottmann, J., Berg, G. & Smalla, K. 2006. Effects of site and plant species on rhizosphere community structure as revealed by molecular analysis of microbial guilds. *FEMS microbiology ecology* 56: 236-249.
- De Boer, W., Kowalchuk, G.A. & van Veen, J.A. 2006. 'Root-food' and the rhizosphere microbial community composition. *New phytologist* 170: 3-6.
- De Boer, W., Wagenaar, A-M., Gunnewiek, P.J.A.K. & van Veen, J.A. 2007. In vitro suppression of fungi caused by combinations of apparently non-antagonistic soil bacteria. *FEMS microbiology ecology* 59: 177-185.
- De Ridder-Duine, A.S., Kowalchuk, G.A., Gunnewiek, P.J.A.K., Smant, W., van Veen, J.A. & De Boer, W. 2005. Rhizosphere bacterial community composition in natural stands of *Carex arenaria* (sand sedge) is determined by bulk soil community composition. *Soil biology & biochemistry* 37: 349-357.
- Diab El Arab, H.G., Vilich, V. & Sikora, R.A. 2001. The use of phospholipid fatty acids (PL-FA) in the determination of rhizosphere specific microbial communities (RSMC) of two wheat cultivars. *Plant and soil* 228: 291-297.
- Douds, D.D. & Millner, P.D. 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems and environment* 74: 77-93.
- Grayston, S.J., Wang, S., Campbell, C.D. & Edwards, A.C. 1998. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil biology and biochemistry* 30: 369-378.

- Ibekwe, A.M. & Kennedy, A.C. 1999. Fatty acid methyl ester (FAME) profiles as a tool to investigate community structure of two agricultural soils. *Plant and soil* 206: 151-161.
- Kahiluoto, H. 2000. A system approach to the management of arbuscular mycorrhiza – bioassay and study of the impact of phosphorus supply. Väitöskirja. Helsingin yliopisto.
- Kaipainen, S., Peura, S., Blasco, L., Kahala, M., Joutsjoki, V., Eriksson, C. & Palojärvi, A. 2006. Kasvilajin ja maan vaikutus ritsosfääriin mikrobiyhteisön rakenteeseen. *Pro Terra* 29: 50-51. Url: <http://www.maapera.fi>
- Lynch, J.M. & Whipps, J.M. 1990. Substrate flow in the rhizosphere. *Plant and soil* 129: 1-10.
- Marschner, P., Crowley, D. & Yang, C-H. 2004. Development of rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. *Plant and soil* 261: 199-208.
- Marschner, P. & Rengel, Z. 2003. Contributions of rhizosphere interactions to soil biological fertility. Teoksessa: Abbott, L.K. & Murphy, D.V. (toim). *Soil biological fertility- A key to sustainable land use in agriculture*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer academic publishers. s. 81-98.
- Nannipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M.T., Landi, L., Pietramellara, G. & Renella, G. 2003. Microbial diversity and soil functions. *European journal of soil science* 54: 655-670.
- Peura, S. 2006. Kasvien ritsosfääriin mikrobiyhteisön rakenne erilaisissa maissa. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos. 92 s.
- Pietola, L. 2002. Kasvin ja maan välinen vuorovaikutus. Teoksessa: Alakukku, L. & Teräväinen, H. (toim). *Maan rakenteen hoito. Tieto tuottamaan* 98. ProAgria Maaseutukeskusten liitto. s. 16-23.
- Pietola, L. & Alakukku, L. 2005. Root growth dynamics and biomass input by Nordic annual field crops. *Agriculture, ecosystems and environment* 108: 135-144.
- Pietola, L. & Tanni, R. 2000. Arable soil and roots: minirhizotrons and root growth dynamics. *Pro Terra* 4: 57-59.
- Pinton, R., Varanini, Z. & Nannipieri, P. 2001. *The Rhizosphere. Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface*. New York, USA: Marcel Dekker. 424 s.
- Reid, C.P.P. 1990. Mycorrhizas. Teoksessa: Lynch, J.M. (toim). *The rhizosphere*. West Sussex, Great Britain: John Wiley & Sons. s. 281-315.

- Schmalenberger, A. & Tebbe, C.C. 2002. Bacterial community composition in the rhizosphere of a transgenic, herbicide-resistant maize (*Zea mays*) and comparison to its non-transgenic cultivar *Bosphore*. FEMS Microbial ecology 40: 29-37.
- Siciliano, S.D. & Germida, J.J. 1999. Taxonomic diversity of bacteria associated with the roots of field-grown transgenic *Brassica napus* cv. Quest, compared to the non-transgenic *B. napus* cv. Exel and *B. rapa* cv. Parkland. FEMS Microbial ecology 29: 263-272.
- Sturz, A.V. & Christie, B.R. 2003. Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and tillage research 72: 107-123.
- Söderberg, K.H., Probanza, A., Jumpponen, A. & Bååth, E. 2004. The microbial community in the rhizosphere determined by community-level physiological profiles (CLPP) and direct soil- and cfu-PLFA. Applied soil ecology 25: 135-145.
- Wardle, D.A., Giller, K.E. & Barker, G.M. 1999. The regulation and functional significance of soil biodiversity in agroecosystems. Teoksessa: Wood, D. & Lenne, J.M. (toim). Agrobiodiversity: characterization, utilization and management. Wallingford, UK: CAB International. s. 87-121.

Viljelijöiden näkemyksiä erikoiskasviviljelystä

Heli Takamaa¹⁾, Katriina Soini¹⁾ ja Arsi Ikonen²⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Taloustutkimus, 31600 Jokioinen, heli.takamaa@mtt.fi, katriina.soini@mtt.fi

²⁾MMM, Tietopalvelukeskus, Helsinki, arsi.ikonen@mmmtike.fi

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää: 1) erikoiskasviviljelijän tunnuspiirteitä, 2) tekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet viljelyn aloittamiseen, sekä 3) viljelijöiden näkemyksiä erikoiskasviviljelystä. Tutkimuksessa sovellettiin innovaation omaksumiseen liittyviä teorioita. Tutkimusaineisto kerättiin internetissä toteutetulla kyselyllä, ja se koostui 1020 vastauksesta. Vastaaajista 23 prosentilla oli kokemusta erikoiskasvien viljelystä. Sen sijaan 58 prosenttia ei ollut viljellyt erikoiskasveja, mutta ryhmästä merkittävä osa oli ainakin jonkin verran kiinnostunut erikoiskasviviljelystä. Vain 19 prosenttia vastaaajista ei tuntenut lainkaan mielenkiintoa erikoiskasvien viljelyä kohtaan.

Tutkimus osoitti, että erikoiskasviviljelijät ovat yleensä hieman keskimääräistä korkeammin koulutettuja ja pääsääntöisesti kasvinviljelijöitä. Heidän joukossaan on myös keskimäärin enemmän luomuviljelijöitä sekä niitä, joiden kotitalouden tuloista pääosa tulee maa- ja metsätalouden ulkopuolelta. Innovaation omaksujat ja siitä erittäin kiinnostuneet suunnittelevat keskimääräistä useammin tilan tuotannon laajentamista tai merkittävää muutosta lähiaikoina. Erikoiskasviviljelijöillä on kyselyn perusteella muita viljelijöitä enemmän kokemusta myös muiden kuin niin sanottujen tavanomaisten viljakasvien viljelystä. Erikoiskasviviljely näyttäisi siten sopivan viljelijälle, joka on innostunut kokeilemaan uusia viljelykasveja, etsimään vaihtelua tilan toimintaan ja tavoittelemaan tilalle tunnettua. Tutkimuksessa mukana olleista 13 erikoiskasvista viljelijöille tutuimpia olivat kumina, tattari, öljypellava, kuitupellava ja härkäpapu.

Erikoiskasviviljelyinnovaation omaksumisen taustalla näyttäisi olevan ensisijaisesti taloudellisia tekijöitä. Myös ympäristötekijöillä ja viljelijöiden henkilökohtaisilla ominaisuuksilla on kuitenkin merkitystä aloittamispäätöstä tehtäessä. Erikoiskasviviljelystä oltiin kaiken kaikkiaan hyvin kiinnostuneita. Uskottavien tuotanto- ja markkinointiketjujen rakentaminen ja sopivat aktiivitoimet, kuten taloudelliset kannustimet ja tiedottaminen, toisivatkin mitä ilmeisimmin erikoiskasveille uusia viljelijöitä.

Avainsanat: erikoiskasvit, innovaatio, maanviljelijät, kyselytutkimus, monimuotoisuus

Farmers' perceptions of the special crops

Heli Takamaa¹⁾, Katriina Soini¹⁾ and Arsi Ikonen²⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Economic Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, heli.takamaa@mtt.fi, katriina.soini@mtt.fi

²⁾Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry in Finland, Helsinki, Finland, arsi.ikonen@mmmtike.fi

Abstract

The objective of this study was to characterize the adopters of the cultivation of special crops, 2) identify factors that affect the adoption and 3) examine farmers' attitudes to the special crop production. The data was collected by a survey, which was carried out in the Internet. The results were analyzed in the framework of innovation theory. About 23 % has cultivated special crops. Majority of the all respondents had not cultivated special crops yet, but 58 % of them expressed in some degree interest towards the special crops. Only 19 % of respondents considered the production of special crops at their farm would be out of question.

The study revealed that those, who had adopted the cultivation of special crops, had a higher education than the farmers in average. In this group there were also less cattle farmers and more crop producers and probably due to this, the innovation adopters had often had more diverse crop production on their farms than in the average. Earlier experiments with new crops may decrease the threshold for the cultivation of new crops. Innovation adopters emphasized the importance of their personal tendency to apply new crops and farming practices. On the other hand, they considered economic profit as a less important factor for the decisions concerning the crop species than the other farmers did.

In general, the farmers considered that the cultivation of special crops might have positive effect on the image of farms on the viewpoint of consumers of agricultural products. The innovation adopters and those, who were highly interested in the cultivation of special plants, thought that markets for special crops would develop positively. All the respondents estimated that both cooperation with the refining industry and delivery of the information have to be improved to promote the success of special crops.

Key words: special crops, innovation adoption, farmers, Internet survey, biodiversity

Johdanto

Sekä tieteellinen tutkimus, että viljelijöiden kokemusperäinen tieto kertovat, että monipuolisesta viljelykierrosta on monia etuja. Monimuotoinen kasvinviljely on myös maatalous- ja ympäristöpolitiikan viimeaikaisten linjausten (esim. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelma 2007-2012) mukaista. Kasvinviljely Suomessa on vielä hyvin yksipuolista. Hankkeen alkaessa, vuonna 2003, lähes puolet kaikista tiloista viljeli vain yhtä viljakasvia ja vain noin 13 % tiloista vähintään kolmea eri kasvia (Maatilarekisteri 2002). Uusvanhat ja kokonaan uudet viljelykasvit voisivat monipuolistaa viljelykiertoa, mutta myös tarjota taloudellisesti kilpailukykyisen vaihtoehdon tavanomaisille viljelykasveille, joiden markkinahinnat ovat olleet laskujohteisia.

Viljelykasvien valintaan tilalla vaikuttavat monet eri tekijät; maatalouspolitiikka tukiehtoineen, vallitseva markkinatilanne, mutta myös maatalaan liittyvät tekijät, kuten historia, omistussuhteet ja sijainti, sekä viljelijän sosio-ekonominen tausta ja persoonalliset ominaisuudet. On otaksuttu, että tilat ovat supistaneet kasvivalikoimaa työmäärän vähentämiseksi ja viljelevät vain tunnettuja kasvilajeja taloudellisten riskien minimoimiseksi. Yksipuolisen viljelyn syynä saattaa olla myös vaihtoehtoisten kasvilajien huono tuntemus ja sopivien taloudellisten kannustimien puute. Toistaiseksi tutkimusta kasvivalintoja koskevasta päätöksenteosta ei ole kuitenkaan tehty.

Monikasvi –tutkimushankkeeseen kuuluneessa osatutkimuksessa selvitetiin viljelijöiden näkemyksiä erikoiskasviviljelystä. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa ne viljelijätyypit, jotka ovat ryhtyneet erikoiskasviviljelijöiksi ja toisaalta ne viljelijät, jotka ovat pitäytyneet tavanomaisemmissa viljelykasveissa, sekä luonnehtia em. viljelijäryhmien piirteitä. Lisäksi tutkimuksessa selvitetiin, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet siihen, että viljelijät ovat ryhtyneet viljelemään erikoiskasveja ja millaiseksi vaihtoehdoksi viljelijät mieltävät erikoiskasviviljelyn tulevaisuudessa. Näiden tulosten pohjalta pyrittiin selvittämään, miten erikoiskasviviljelystä viljelijänäkökulman huomioiden voisi edistää.

Erikoiskasveja ja niiden viljelyä lähestyttiin innovaationa, kasvinviljelyuutuutena. Yleensä innovaatioiden ajatellaan olevan uusia, teknisesti ja taloudellisesti parempia tuotteita tai valmistusmenetelmiä, tai liittyvän tuotannon-tekijöiden aiempaa parempaa yhdistämiseen. Innovaation käsite voi kuvata myös sosiaalisia, kulttuurisia ja organisatorisia muutoksia. Innovaatio ei välttämättä sisällä täydellistä uutuuden vaatimusta, vaan innovaationa voidaan pitää asiaa, joka vaikuttaa uudelta yksilön tai yhteisön kannalta. Innovaatio on joidenkin näkemysten mukaan yhä lähempänä prosessia - uusien asioiden oivaltamiseen johtavaa uuden tiedon etsintää, luomista, tiedon soveltamista ja oppimista - kuin tuotetta (Rogers 2003, Soini 1999, Luostarinen 2004).

Monikasvi-hankkeessa mukana olleet kahdeksan erikoiskasvia ja niiden viljely täyttävät monia innovaation tunnusmerkkejä. Osa kasveista on uusia Suomessa tai jollakin tietyllä alueella (Keskitalo 2000). Osa puolestaan on perinteisiä suomalaisia kasveja, joiden viljely on väistynyt tuottavampien ja kysytympien tuotantokasvien tieltä. Nämä kasvit voivat olla yksittäisille viljelijöille uusia, ja siksi niiden viljelyyn ryhtymistä voidaan pitää innovaation omaksumisena. Lisäksi viljelytekniikat ovat kehittyneet, joten myös perinteisten viljelylajien ja uusien teknisten ratkaisujen yhdistämisessä on innovaation piirteitä. Monia kasveja ei myöskään ole aiemmin hyödynnetty kaupallisesti tai laajamittaisessa tuotannossa.

Innovaatiot jaotellaan usein asiayhteyksien mukaan. Maatalouden innovaatiot on jaoteltu mm. kaupallisiin innovaatioihin ja ympäristöinnovaatioihin (Vanclay & Lawrence 1994). Kaupalliset innovaatiot leviävät tavallisesti melko helposti, mikäli ne havaitaan käyttökelpoisiksi ja kustannustehokkaiksi. Ympäristöinnovaatioiden hyödyt ovat selkeämmin yhteiskunnallisia, vaikka niiden edut koituvat myös viljelijän eduksi. Ympäristöinnovaatioiden ongelmana on se, että niiden taloudelliset ja ympäristölliset hyödyt ovat usein havaittavissa vasta pitkän ajan kuluttua, ja siksi ne vaativat levitäkseen usein säädöksiä tai taloudellisia ohjauskeinoja. (Vanclay & Lawrence 1994, Soini 1999, Guerin 2001).

Erikoiskasvien viljely sisältää sekä teknis-kaupallisen että ympäristöinnovaation piirteitä, mitä voidaan pitää erikoiskasviviljelyn vahvuutena. Aivan puhdas teknis-kaupallinen innovaatio erikoiskasviviljely ei kuitenkaan ole, sillä erikoiskasvien viljely on usein toteutettavissa tavanomaisella viljelykalustolla ja totutuin menetelmin. Erikoiskasviviljely ei ole myöskään puhdas ympäristöinnovaatio, koska sillä voi olla myös muita kuin ympäristöhoidollisia tavoitteita. Mikäli erikoiskasvien viljelyllä pyritään tietoisesti edistämään esimerkiksi maaseutumaiseman tai elinkeinorakenteen monimuotoisuutta, sen voidaan katsoa sisältävän myös sosiaalisen innovaation piirteitä. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että erikoiskasviviljelyyn innovaationa liittyy siten monia samoja piirteitä kuin luomuviljelyyn (ks. Lehtinen & Salo 2000).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on ensisijaisesti tyypitellä innovaatioiden omaksijat, tutkia innovaation ominaisuuksia ja leviämisen kanavia. Lähtöoletuksena on, että erikoiskasviviljelyyn ryhtymiseen vaikuttavat taloudellisten tekijöiden lisäksi monet sosiaaliset ja kulttuuriset tekijät, kuten maatalouden harjoittamista koskevat arvot ja päämäärät, sosiaaliset normit sekä erikoiskasveja koskeva tietous ja omakohtaiset kokemukset.

Tutkimus perustuu ensisijaisesti Rogersin¹ (2003) esittämiin teorioihin innovaatioiden omaksumisesta. Hänen mukaansa innovaation omaksumisalttius

¹ Rogers, E.M. on yksi tunnetuimmista innovaatioteoreetikoista. Ensimmäisen teoriansa hän esitti jo vuonna 1962 kirjassaan *Diffusion of Innovations*. Sittemmin tuosta kirjasta on ilmestynyt uusia painoksia vuosina 1971, 1983, 1995 ja viimeksi vuonna 2005, jossa mallia on edelleen kehitetty ja laajennettu.

riippuu yhtäältä innovaation luonteesta ja toisaalta innovaation vastaanottajasta. Rogersin (2003) mukaan 49 - 87 % innovaation omaksumisalttiudesta voidaan selittää viidellä innovaation ominaisuudella. Nämä ominaisuudet ovat innovaation suhteellinen hyöty, yhteensopivuus, mutkikkuus, testausmahdollisuus ja havainnointimahdollisuus. Lisäksi mukaan tarkasteluun on otettu neuvonnan ja viljelijäyhteisön merkitys innovaation omaksumiselle (Guerin 2001). Nämä tekijät on ryhmitelty viiteen eri teemaan, jotka on muotoiltu erikoiskasviviljelyn tarkasteluun sopiviksi (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt innovaation omaksumiseen vaikuttavat teemat.

Vaikuttava teema	Merkitys omaksumisprosessille
Innovaation tuottama hyöty	Viljelijän on voitava nähdä, että innovaation käyttöönotosta seuraa hyötyä hänelle itselleen. Hyöty voi olla taloudellista tai muodostua vasta pitkällä aikavälillä esimerkiksi ympäristönhoidollisten toimenpiteiden myötä.
Päämäärät, asenteet ja aikaisemmat kokemukset	Aikaisemmat onnistumiset ja epäonnistumiset vaikuttavat uusien asioiden omaksumiseen tai hylkäämiseen. Negatiivisten asenteiden muuttuminen on välttämätöntä uusien asioiden hyväksymiselle. Viljelijän nykyinen taloudellinen ja sosiaalinen tilanne vaikuttavat innovaatioiden houkuttelevuuteen.
Innovaation mutkikkuus	Mitä mutkikkaampi innovaatio on, sitä harvemmat omaksuvat sen. Tutunoloiset, helpot ja vähän työtä ja muutoksia vaativat innovaatiot hyväksytään nopeammin.
Testaus- ja havainnointimahdollisuus	Omaksumista helpottaa, jos innovaatiota on mahdollista kokeilla pienessä mittakaavassa itse tai havainnoida jonkun muun viljelyä.
Innovaatioon liittyvä kommunikointi ja tiedonvälitys	Innovaatioon tutustuttaessa ja sen omaksumisessa on erilaisilla tiedon välittäjillä, esimerkiksi neuvojalla, viljelijäyhteisöllä tai jatkojalostajalla keskeinen osa. Hyvä neuvoja pystyy välittämään informaation viljelijöille ymmärrettävästi. Myös muiden viljelijöiden tuki ja kokemukset ovat tärkeitä innovaatioiden omaksumiselle.

Tulosten tulkinnaissa hyödynnettiin Morris ja Potterin (1995) kehittämää luokittelua innovaation omaksumisalttiuden kuvaamisessa. Morris ja Potter ovat jakaneet viljelijät ympäristöinnovaation omaksumisalttiuden mukaan jatku-molle, jonka toisessa päässä sijaitsevat aktiiviset omaksujat, jotka omaksuvat uuden innovaation hyvin helposti, ja toisessa päässä resistentit hylkääjät, jotka eivät missään olosuhteissa vastaanottaisi innovaatiota. Näiden väliin asettuvat passiiviset omaksujat, jotka omaksuvat innovaation tietyin ehdoin sekä ehdolliset hylkääjät, jotka eivät toistaiseksi ole vastaanottaneet innovaa-tiota, mutta pitävät sitä mahdollisena joskus tulevaisuudessa.

Tutkimusmenetelmät

Erikoiskasviljelyä on yhteiskunnallisesta näkökulmasta tutkittu sekä Suo-messa että kansainvälisesti hyvin vähän. Siksi aiheen rajaaminen vaati esitut-kimuksen, jossa kartoitettiin, millaisista teemoista käsin erikoiskasviljelyä olisi tarkoituksenmukaista lähestyä varsinaisessa viljelijöille suunnatussa kyselyssä. Teemojen kartoittaminen toteutettiin nk. avaininformanttien taustahaastatteluilla. Avaininformanteiksi valittiin yksi tutkija, yksi neuvonnan edustaja sekä neljää viljelijää, joista kaksi oli viljellyt tutkimuksen piiriin kuuluneita kasveja.

Haastatteluiden pohjalta laadittiin varsinainen kyselylomake, jossa kartoitet-tiin tilan viljelyhistoriaa, viljelykäytäntöjä, erikoiskasvien tuntemusta sekä viljelyä koskevaa tiedonhankintaa. Lisäksi kysely selvitti viljelijöiden koke-muksia ja mielikuvia erikoiskasviljelystä riippuen siitä, oliko vastaaja vil-jellyt tutkimuksessa mukana olleita kasveja vai ei. Viimeisen osion vääntämil-lä pyrittiin selvittämään, millaisena vaihtoehtona vastaaja näki erikoiskasvit osana suomalaisen maatalouden tulevaisuutta.

Kysely toteutettiin Internetissä helmikuun 2004 alussa. Niille maaseutuelin-keinorekisterin viljelijöille, jotka olivat ilmoittaneet sähköpostiosoitteensa, lähetettiin sähköpostiviesti, jossa oli linkki kyselyn [www-sivulle](http://www.sivu). Viesti lähti yhteensä noin 7000 viljelijälle. Tämän lisäksi kyselyä markkinoitiin Maaseu-dun Tulevaisuudessa ja MTK:n Reppu -sivuilla.

Vastaajat valikoituvat luonnollisesti jossain määrin tietoteknisten valmiuksi-ensa sekä kiinnostuksensa mukaan, mikä pyrittiin ottamaan huomioon tutki-mustuloksia tulkittaessa. On kuitenkin muistettava, että kyselyjen otantaan liittyy varsin usein (messujen yhteydessä toteutetut kyselyt, postikyselyt jne.) omia rajoituksiaan. Tyhjien ja virheellisten vastausten karsimisen sekä puut-tuvien tietojen korjaamisen jälkeen vastausten lopullinen lukumäärä oli 1020, joista 53 tuli ruotsinkielisen kyselyn kautta.

Vastaajien taustatietoja

Vastaajat olivat merkittävästi nuorempia kuin koko viljelijäväestö keskimäärin. Vastaajien keski-ikä oli 44,1 vuotta, kun Suomen kaikkien viljelijöiden keski-ikä vuonna 2003 oli 48,1 vuotta (Maatilarekisteri 2002). Kyselyn internetpohjainen toteutustapa selittänee suurelta osin nuorten viljelijöiden yliedustuksen otoksessa. Kaikista vastaajista 82,7 % oli miehiä ja 17,3 % naisia. Vastauksia tuli koko Suomen alueelta, mutta suurin osa vastaajista oli Etelä-Suomesta. Yli puolella vastaajista (53,6 %) oli maatalouskoulutus, 21,2 %:lla oli tekninen koulutus, 7,7 %:lla kaupallinen koulutus, 4,2 %:lla muu luonnontieteellinen koulutus ja 2,4 %:lla yhteiskuntatieteellinen koulutus.

Aineistossa oli merkittävästi enemmän kasvintuottajia kuin kotieläintuottajia, sillä vastaajista 67,8 % ilmoitti tilansa tuotantosuunnaksi kasvintuotannon ja 23,4 % kotieläintuotannon, kun koko viljelijäväestöstä on kasvintuottajia 55,0 % ja kotieläintuottajia 40,0 % (Maatilatilastollinen vuosikirja 2003). Kyselyyn vastasi myös merkittävästi enemmän luomuviljelijöitä, kuin mitä heidän osuutensa koko viljelijäväestöstä olisi edellyttänyt. Luomutilojen osuus kaikista Suomen tiloista oli 6,8 % (Maatilatilastollinen vuosikirja 2003), kun luomuviljelijöiden osuus vastaajapopulaatioissa oli 15,7 %. Luomuviljelijöiden kiinnostusta erikoiskasviviljelyyn selittänee se, että heillä on jo luontaisestikin tavanomaista viljelyä tiukemmat velvollisuudet kasvilajikierron ja siihen kuuluvien kasvilajien määrän suhteen.

Vastaajatilojen peltopinta-alan oli n. 42,7 hehtaaria, josta 74,3 % oli omaa peltoa ja 25,7 % vuokrapeltoa. Vastaajatilojen keskimääräinen peltopinta-ala on jonkin verran suurempi kuin valtakunnallinen keskiarvo, joka vuonna 2002 oli 29,9 ha. Tämä selittyyneen paljolti vastaajien painottumisella eteläisempään Suomeen, jossa keskimääräinen tilakoko on alueesta riippuen 35-39 ha (Maatilatilastollinen vuosikirja 2003). Vastaajista noin joka toinen ilmoitti olevansa päätoiminen viljelijä, eli käyttävänsä työajastaan vähintään 75 % viljelyyn.

Eri peltokasvityyppien viljelyn yleisyys vaihteli vastaajien keskuudessa merkittävästi. Keskimäärin yleisimmillä tiloilla viljeltyt peltokasvit ryhmien yhdistetyn aineiston perusteella olivat neljä pääviljaa (93,5 % tiloista viljeltyt), nurmiheinät (59,6 %), peruna, sokerijuurikas ja vihannekset (38,4 %), rapsi ja rypsi (38,0 %) sekä nurmipalkokasvit kuten apilat ja mailaset (21,3 %). Herneitä oli kaikista tiloista viljeltyä 19,2 %, ja siemenviljaa sekä erikoiskasveja oli tuottanut 15,9 % kaikista tiloista. Jotain muuta katsoi viljelleensä 20,1 % kaikista tiloista.

Taulukko 2. Vastaajien jakauma erikoiskasvikokemuksen ja kiinnostuksen mukaisesti.

ryhmä	kuvaus	vastaajia	%
I	Jatkajat	108	10,6
II	Lopettaneet	124	12,2
III	Erittäin kiinnostuneet	158	15,5
IV	Mahdollisesti kiinnostuneet	436	42,7
V	Epätodennäköisesti kiinnostuneet	194	19,0
Yhteensä		1020	100

Kyselyyn vastanneet viljelijät pitivät keskimäärin toimintansa tärkeimpänä arvona viljelyn taloudellista kannattavuutta, mutta heille tärkeitä arvoja olivat myös elintarvikkeiden tuottaminen, maaseudun elinvoimaisuus, maaperän hyvinvointi, tuotantoympäristön puhtaus ja siisteys, työn itsenäisyys sekä tilan toiminnan jatkuvuus. Viljelymaiseman avoimuus, yrittäjyyden tunne ja työ luonnon rytmisissä olivat keskinkertaisen tärkeiksi katsottuja arvoja. Yleisesti vähiten merkittävänä arvoina koettiin muiden kuin elintarvikkeiden tuottaminen (esim. non-food ja energia), viljelymaiseman vaihtelevuus, lajiston monimuotoisuus ja viljelyn riskittömyys. Merkille pantavaa oli maisemallisten arvojen (maiseman vaihtelevuus ja avoimuus) suhteellisen heikko keskimääräinen arvostus annettujen vaihtoehtojen joukossa.

Kaikista vastaajista lähes neljännes (232 viljelijää) ilmoitti viljelleensä erikoiskasveja. Viljelyä jatkoi edelleen 10,6 % vastaajista ja 12,2 % oli lopettanut sen. Kaikista vastaajista 77,2 %:lla (788 viljelijää) ei ollut lainkaan kokemusta erikoiskasvien viljelystä. Vastaajista 15,5 % kertoi kuitenkin olevansa erittäin kiinnostuneita erikoiskasviviljelyn aloittamisesta ja 42,7 % piti sitä mahdollisena. Viidennes vastaajista piti omalla kohdallaan erikoiskasviviljelyn aloittamista melko epätodennäköisenä, tai he olivat varmoja, etteivät ryhdy erikoiskasveja viljelemään (Taulukko 2).

Kumina oli selvästi tunnetuin tutkimukseen kuuluneista erikoiskasveista. Kumina on myös tutkimuksen piiriin kuuluneista kasveista eniten viljeltyin, ja viljelijät olivat siitä myös kaikkein kiinnostuneimpia. Myös öljy- ja kuitupellava, tattari, speltti, ruokohelpi ja härkäpapu olivat kohtuullisen hyvin tunnettuja, ja ne nähtiin myös potentiaalisina viljelykasveina. Sen sijaan värimorsinko, öljy- ja kuituhamppu, kitupellava ja kinua olivat viljelijöille vieraita. Kasvilajitietoisuus ja kiinnostuneisuus kohdistuvat siten lähestulkoon samoihin kasveihin.

Tulokset

Vastaajat jakautuivat kiinnostuksensa perusteella viiteen ryhmään, joista erikoiskasveja viljelleet muodostavat noin yhden neljänneksen. Erittäin kiinnostuneita viljelijöitä on noin 15 %, jotka voitaisiin melko pienellä tiedottamisella saada erikoiskasviviljelyn piiriin. Suurin ryhmä, erikoiskasveista mahdollisesti kiinnostuneet (ryhmä IV) ryhtyvät todennäköisemmin viljelemään vasta, kun he voivat varmistua viljelyn taloudellisesta kannattavuudesta. Selvästi muista ryhmistä poikkesivat innovaation torjujat (V), jotka ovat hyvin epätodennäköisiä erikoiskasviviljelijöitä missään tilanteessa mm. siitä syystä, että heidän mielestään maatalouden ensisijainen tehtävä on tuottaa elintarvikkeita. Seuraavassa tarkastellaan näitä ryhmiä yksityiskohtaisemmin.

Tutkimus osoitti, että jatkavat erikoiskasviviljelijät (I) eli innovaation ilmeisen pysyvästi omaksuneita luonnehtivat useat ominaispiirteet. Jatkavat erikoiskasviviljelijät olivat vastaajien keskimääräistä tasoa korkeammin koulutettuja ja pääsääntöisesti kasvinviljelijöitä. Jatkavien erikoiskasviviljelijöiden joukossa oli myös keskimääräistä enemmän luomuviljelijöitä. Maatalouden harjoittaminen oli jatkavien erikoiskasviviljelijöiden ryhmässä tavallisesti osa-aikaista, mutta maataloustulot muodostivat kuitenkin keskimäärin yli puolet tilan kaikista tuloista. Innovaation pysyvät omaksujat usein ilmoittivat suunnittelevansa tilan tuotannon laajentamista tai merkittävää muutosta lähiaikoina.

Jatkavilla erikoiskasviviljelijöillä oli tavallisesti aiempaakin kokemusta myös muiden kuin ns. tavanomaisten viljakasvien viljelystä. Tätä selittää osittain se, että jatkavat erikoiskasviviljelijät olivat lähes yksinomaan kasvinviljelijöitä. Heitä kiinnosti myös non-food-kasvien viljely, toisin kuin esimerkiksi innovaation torjujia (V), jotka ilmoittivat haluavansa pitäytyä tutuissa viljelykasveissa. Jatkavat erikoiskasviviljelijät näyttivät olevan aktiivisia tekemään yhteistyötä muiden viljelijöiden kanssa. Aktiivisuus luo sosiaalisten yhteyksien verkoston, jonka kautta viljelijä saa tietoa innovaatiosta useista eri lähteistä. Tämän ryhmän viljelijät olivat myös kaikkein aktiivisimpia kasvien viljelyä koskevassa tiedonhankinnassa. Kaiken kaikkiaan erikoiskasviviljely näyttäisi sopivan parhaiten viljelijälle, joka on innostunut kokeilemaan uusia viljelykasveja, etsimään vaihtelua tilan toimintaan ja tavoittelemaan tilan tunnettavuutta, ja näiden tekijöiden saavuttamiseksi ottamaan pieniä riskejä.

Erikoiskasviviljelyn lopettaneilla (II) ja jatkavilla erikoiskasviviljelijöillä (I) oli luonnollisesti paljon yhtäläisyyttä. Tilat ovat yleensä päätoimisia kasvinviljelytiloja, joilla on aiemminkin viljelty useita eri viljelykasveja. Viljelijät tekevät aktiivisesti yhteistyötä toisten tilojen kanssa ja ovat omatoimisia viljelyyn liittyvässä tiedonhankinnassa. Ryhmien I ja II suurimmat erot löytyvät erikoiskasviviljelyn aloittamispäätöksen taustalla vaikuttaneista tekijöistä. Ryhmä I näki erikoistumishalun, hyvät markkinanäkymät ja olemassa olevan

kaluston sopivuuden erikoiskasviljelyyn tärkeämpinä motivaatiotekijöinä erikoiskasviljelyn aloittamispäätöksen kannalta kuin ryhmä II. Ryhmän I viljelijät olivat myös tehneet ryhmää II enemmän investointeja, ja lähes kaikilla viljelijöillä oli viljelysopimus toisin kuin ryhmän II viljelijöillä. Ryhmän II lopettamispäätöksen taustalla oli usein pettymys viljelyn kannattavuuteen. Tulokset viittaavat siihen, että teknis-taloudelliset tekijät ovat tärkeitä aloittamispäätöstä tehtäessä molemmissa ryhmissä, mutta pitkäjänteisempään viljelyyn tarvitaan myös halua erikoistua ja tehdä erikoistumiseen liittyviä investointeja ja sitoumuksia. Ryhmän II viljelijöillä ei välttämättä ollut riittävästi halua tai mahdollisuutta ryhtyä näihin.

Mielenkiintoisin ja erikoiskasviljelyn lisäämisen kannalta ehkä tärkein ryhmä on viljelystä erittäin kiinnostuneet viljelijät (III). Heillä on monia yhteisiä piirteitä nykyisten erikoiskasviljelijöiden kanssa, kuten aiempaa kokemusta useiden viljelykasvien viljelystä ja kiinnostusta muiden kuin elintarvikkeiden tuotantoon. Viljelyn taustalla vaikuttaa myös muita kuin taloudellisia arvoja. Lisäksi tähän ryhmään kuuluvat tilat pohtivat keskimääräistä useammin tuotannon jatkamisen vaihtoehtoja. Ryhmän III viljelijöitä voisi kutsua myös passiivisiksi omaksujiksi: periaatteellista kiinnostusta erikoiskasviljelyyn on olemassa, mutta viljelijät eivät ole olleet riittävän aktiivisia ryhtyäkseen selvittämään erikoiskasviljelyyn liittyviä kysymyksiä omaehtoisesti. Erikoiskasviljely ei myöskään ole ollut taloudellisesti riittävän houkutteleva vaihtoehto. Tiedollisen ohjauksen avulla ja taloudellisia kannustimia parantamalla tähän ryhmään kuuluvat viljelijät saattaisivat omaksua innovaation.

Erikoiskasveista mahdollisesti kiinnostuneet (IV) jakoivat monia näkemyksiä erikoiskasveista erittäin kiinnostuneiden (III) viljelijöiden kanssa. Ryhmän IV viljelijät olivat kuitenkin hieman epäilevämpiä erikoiskasvien viljelytekniikan suhteen. Ympäristötekijöillä ei myöskään ollut ryhmälle IV yhtä suurta merkitystä kuin ryhmälle III, vaan ryhmän IV viljelyn motiivit liittyvät ensisijaisesti taloudellisiin tekijöihin. Mikäli erikoiskasviljely osoittautuisi riittävän kannattavaksi pitkällä tähtäimellä, se saattaisi tulla kysymykseen myös ryhmän IV viljelijöillä. Täten heitä voisi kutsua ehdollisiksi hylkääjiksi.

Erikoiskasveihin kriittisimmin suhtautuvista viljelijöistä (V) merkittävä osa oli eläntilallisia. Tilojen tuotannon jatkuminen ja tulevaisuus oli kaikkein epävarmintä tässä ryhmässä. Erikoiskasviljely ei ole heidän tiloillaan kovin todennäköinen vaihtoehto, koska kasvintuotanto halutaan säilyttää yksinkertaisena, eikä kiinnostusta esimerkiksi non-food-kasveihin ollut juurikaan havaittavissa. Ryhmän V viljelijät tuskin missään tilanteessa ryhtyvät erikoiskasviljelijöiksi. Heitä voidaan siten pitää erikoiskasvi-innovaation resistentteinä torjujina.

Erikoiskasviviljelyn omaksumiseen vaikuttavat tekijät

Tutkimus osoitti, että erikoiskasviviljelyinnovaation omaksumisen taustalla on selkeästi taloudellisia hyötyjä. Innovaation omaksujat ovat katsoneet, että heidän valitsemallaan erikoiskasvilla on hyvät markkinanäkymät, eikä erikoiskasvien viljelyyn ryhtyminen edellytä kovin suuria investointeja, vaikka joitakin investointeja oli tehty. Tosin erikoiskasviviljely on usein varsin pienimuotoista, sillä näiden kasvien viljelyala jää usein alle 10 hehtaarin. Vain 14 %:lla kyselyyn vastanneista tiloista erikoiskasvien osuus nettomaataloustulosta on yli puolet. Viljelyn taloudellisista motiiveista kertoo se, että erikoiskasviviljelystä luopuneet (II) olivat pettyneet erikoiskasviviljelyn alhaiseen katetuottoon. He näkivät myös ongelmia erikoiskasvien jatkojalostus- ja markkinointiketjussa.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että taloudelliset tekijät voivat lyhytaikaisesti kannustaa erikoiskasvien viljelyyn, mutta pitkäjänteisempi viljely edellyttää myös muunlaisten arvoja ja tekijöitä. Yksi niistä voi liittyä mm. tilan tunnettavuuden lisääntymiseen. Erikoiskasviviljely nähtiin erikoiseksi ja tavallisuudesta poikkeavaksi, mutta kuitenkin imagoaltaan myönteiseksi ja hyväksyttäväksi viljelymuodoksi. Viljelijöiden mielestä erikoiskasviviljelyn suurin ympäristöhyöty on maan rakenteen paraneminen erikoiskasveihin perustuvan viljelykierron kautta. Viljelijät mieltävät koko monimuotoisuus-kysymyksen hyvin pitkälti viljelykasvimonimuotoisuutena ja ovat huolissaan nykyisen viljelyn yksipuolisuudesta (Soini & Aakkula 2007). Ympäristöasenteita ei tässä tutkimuksessa laajamittaisesti testattu, mutta erikoiskasviviljely miellettiin ympäristöystävällisenä tuotantotapana kaikissa ryhmissä, vaikka monimuotoisuuden lisääntyminen ja maisemalliset arvot eivät olleet ensisijaisia aloittamis päätöstä tehtäessä. Erikoiskasviviljelyn ja luomuviljelyn taustalla vaikuttavat arvot ja päämäärät ovatkin hyvin samantapaisia, samoin kuin itse innovaatiokin (ks. Roslakka 2005.) Tätä havaintoa tukee myös se, että nykyisistä erikoiskasviviljelijöistä keskimääräistä suurempi osa on luomuviljelijöitä.

Erikoiskasviviljelyä ei pidetä yleensä kovin mutkikkaana innovaationa, vaikka uusien lajikkeiden viljely edellyttää asiaan paneutumista: Kasveja viljelemättömät kokivat vaikeana mm. siementen saatavuuden. Kaluston sopivuus oli tutkimuksen mukaan myös yksi tärkeä ehto viljelyn aloittamiselle. Erikoiskasveja viljelleillä on ollut sopivaa kalustoa ja lisäinvestoinnit ovat jääneet kohtuullisiksi. Erikoiskasveja kokeilemattomat viljelijät olivat kuitenkin valmiita tekemään investointeja, jopa enemmän kuin mitä erikoiskasviviljelijät olivat joutuneet investoimaan.

Yleensä ottaen erikoiskasvien viljelyn ei kuitenkaan katsottu olevan viljelyteknisesti oleellisesti haasteellisempaa tai työläämpää, vaikka yllätyksiäkin on tullut: Monilla erikoiskasviviljelijöillä oli ollut ongelmia tuholaiden ja kasvitautien torjunnassa, vaihtelut sadon määrässä olivat olleet suuria ja kasvien talvehtiminen oli ollut heikkoa. On mahdollista, että erikoiskasviviljelyyn liittyvät odotukset (taloudelliset ja viljelytekniset) ovat tavanomaisten kasvien viljelyyn verrattuna suurempia ja vastoinkäymiset saattavat johtaa helposti viljelystä luopumiseen. Tutkimus osoitti myös, että viljelijöiden kokemukset poikkesivat viljelyä koskevista ennakkokäsityksistä. Tämä korostaa erikoiskasviviljelyä koskevan tutkimuksen, neuvonnan ja viljelijöiden välisen vuorovaikutuksen tärkeyttä.

Vastaajien mielestä erikoiskasveista ei ole tietoa riittävästi tarjolla, mutta tiedonsaanti ei ole ollut esteenä viljelyyn ryhtymiselle: Ne, jotka ovat olleet kiinnostuneita viljelystä, ovat etsineet tarvitsemansa tiedon neuvojilta, koulutustilaisuuksista tai Internetistä. Yllättävän tärkeäksi tietokanavaksi ja viljelyn aloittamiseen johtavaksi tekijäksi nousivat toisten viljelijöiden kokemukset. Sosiaalinen tartunta (Hägerstrand 1953) sekä suorat kontaktit toisiin viljelijöihin ovat siis edelleen tärkeitä, vaikka naapuri ei välttämättä tarkoita maantieteellisesti lähellä sijaitsevaa tilaa.

Johtopäätökset

Viljelijät näkevät suomalaisen kasvinviljelyn tulevaisuudessa monia uhkia: tuotanto yksipuolistuu ja peltojen kunto heikkenee, maatalouspolitiikka suosii yksipuolista kasvinviljelyä, minkä johdosta viljelijät valitsevat helppoja viljelykasveja. Kyselyn toteuttamistapaan nähden hyvä vastausprosentti ja viljelijöiltä saatu myönteinen palaute kuitenkin osoittivat, että kiinnostusta erikoiskasviviljelyyn on. Erikoistuminen koetaan yhdeksi mahdollisuudeksi jatkaa ja kehittää tilan toimintaa. Erityisesti ne viljelijät, joilla tuotantoa koskeva päätöksenteko on nyt ajankohtaista, ovat erittäin kiinnostuneita erikoiskasviviljelystä. Varsinkin erikoiskasviviljelyyn myönteisimmin suhtautuvat pitävät erikoiskasviviljelyä yhteiskunnallisesti hyväksyttävänä ja ympäristöystävällisenä tuotantotapana. Suurimmalle osalle viljelijöistä ei peltojen näennäinen viljely ole riittävää, vaan viljelyltä haetaan myös muita arvoja.

Vaikka kasvinviljely on yhä voimakkaammin sidoksissa tukijärjestelmiin, viljelijät uskovat erikoiskasviviljelyn lisääntymisen riippuvan ensisijaisesti markkinoiden kehityksestä. Tutkimus kertoo, että viljelijät suhtautuvat epäroiden tukiin perustuvaan erikoiskasviviljelyn lisäämiseen. Sopimustuotannon lisääminen, jatkojalostuksen kehittäminen ja pitkäjänteinen tukipolitiikka ovatkin ensimmäisiä tehtäviä erikoiskasvituotannon kehittämisessä. Ympäristötuen kautta maksettava monimuotoisuustuki saattaisi toimia kannustimena, mutta ei välttämättä yksinään riitä laajamittaisen viljelyn tueksi ja takeeksi.

Erikoiskasviljelyn lisäämistä voidaan tukea myös tiedottamisen, neuvonnan ja tutkimuksen avulla. Tiedon ja muun tuen tarve vaihtelee omaksumisprosessin eri vaiheissa: tietoa tarvitaan aloittamispäätöksen tekemisessä, mutta myös viljelyn eri vaiheissa. Tiedollista tukea tarvitsevat erityisesti erikoiskasviljelystä hyvin kiinnostuneet viljelijät (III), jotka kiinnostuksestaan huolimatta ovat hieman arempia ottamaan riskejä. Ammattilehtien lisäksi Internet on keskeinen tiedonsaantikanava tähän kyselyyn vastanneille, ja esimerkiksi erikoiskasviviljelyä käsitteleville internetsivuille saattaisi olla kysyntää. Viljelijäyhteisöllä ja päivittäisellä vuorovaikutuksella on tutkimuksen mukaan tärkeä merkitys uusien innovaatioiden omaksumisessa. Tutkimus kertoi myös, että viljelijät haluaisivat tehdä toistensa kanssa yhteistyötä nykyistä enemmän.

Erikoiskasveja voisi markkinoida maatalouden ympäristötuen mukaisten kesantojen ja monivuotisten viherkesantojen kasvivaihtoehtoina perinteisten kasvien sijaan. Viljelijät tarkkailevat liikkeessaan peltokasvustoja. Siksi maisemallisesti näyttävien erikoiskasvien viljely julkisilla tiloilla ja maisemallisesti merkittävillä paikoilla voisi olla yksi tapa lisätä innostusta kasvien viljelyyn, vaikka maisemalliset tekijät eivät olleet kovin merkittäviä tekijöitä tehässä päätöstä erikoiskasviviljelyn aloittamisesta.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu sitä, miten viljelijät suhtautuvat erikoiskasviljelyyn. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että moni viljelijä voisi ryhtyä tietyin edellytyksin erikoiskasvin viljelijäksi. Jotta näin tapahtuisi, tarvitaan koko sektorin, jatkojalostuksen, markkinoinnin ja ohjauskeinojen kehittämistä. Erikoiskasvituotteille pitää saada kysyntää, viljelijöiden että kuluttajien tietoisuutta erikoiskasviljelyn hyödyistä ja mahdollisuuksista tulee lisätä ja sitä kautta luoda tuotantotavalle yhteiskunnallista kiinnostavuutta ja hyväksyttävyyttä. Lisäksi on huomattava, että ennen kuin viljelijöitä ryhdytään laajamittaisesti kannustamaan erikoiskasviviljelyyn, myös ketjun muun osien toimivuudesta ja kehittämisestä pitää olla varmuus.

Aiheesta enemmän julkaisussa: Vuorio, H., Soini, K. & Ikonen, A. 2005. Kenestä erikoiskasviviljelijäksi?: Erikoiskasviviljelyn omaksujatyypit ja omaksumisen taustalla vaikuttavat tekijät. MTT:n selvityksiä 102: 68 s. <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts102.pdf> Verkkojulkaisu päivitetty 23.12.2005 [Tiivistelmä] [Abstract].

Kirjallisuus

- Guerin, T.F. 2001. Why sustainable innovations are not always adopted. *Resources, Conservation and Recycling* 34: 1-18.
- Hägerstrand, T. 1953. Innovationsförloppet ur korologisk synpunkt. *Meddelanden från Lunds Universitets geografiska institution avhandlingar XXV*. Lunds Universitetet, Lund.
- Keskitalo, M. 2000. Erikoiskasvien viljelyn kehittämishanke 1997 - 2000: loppuraportti. Agropolis Oy, Maatalouden tutkimuskeskus. 38 s.
- Lehtinen, J. & Salo, J. 2000. Onko luomuviljelijöissä jotakin erikoista? *Maa-seudun Uusi Aika* 1: 8-22.
- Luostarinen, M. 2004. Innovaatiostrategia ja -kapasiteetti. Ekologinen klusteri ja innovaatiopolitiikka. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maa- ja elintarviketalous 45.
- Maatilaräkisteri 2002. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2003, Helsinki. http://www.mmm.fi/tiedoteliitteet/051020_SELONTEKO.pdf.
- Maatilatilastollinen vuosikirja 2003. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, Helsinki.
- Morris, C. & Potter, C. 1995. Recruiting the New Conservationists: Farmers' Adoption of Agri-environmental Schemes in U.K. *Journal of Rural Studies*, vol. 11, No. 1. s. 51-63.
- Rogers, E.M. 2003. *Diffusion of Innovations*. Fourth Edition. The Free Press, New York.
- Roslakka, J. 2005. Luomutuotanto ja innovaation omaksuminen. Luonnonmukaisen tuotannon omaksumiseen Pohjois-Karjalassa vaikuttaneet sosiaaliset spatiaaliset ja taloudelliset tekijät. Joensuun yliopiston yhteiskuntatieteellisiä julkaisuja 76. Joensuun yliopisto. 136 s.
- Soini, K. 1999. Ympäristöinformaatio ja viljelijä. Näkökulmia tiedolliseen ohjaukseen. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja, sarja B.
- Soini, K. & Aakkula, J. 2005. Framing the biodiversity of agricultural landscape: The essence of local conceptions and constructions. *Land Use Policy* 24 : 2: 311-321.
- Vanclay, F. & Lawrence, G. 1994. Farmer Rationality and the Adoption of Environmentally Sound Practices; A Critique of the Assumptions of Traditional Agricultural Extension. *European Journal for Agricultural Education and Extension*, vol. 1, No. 1. s. 59-90.

Öljypellavan, kuminan ja tattarin kannattavuus erikseen ja osana viljantuotantoa

Harri Turunen

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, harri.turunen@mtt.fi

Tiivistelmä

Öljypellava ja kumina soveltuvat hyvin viljelykiertoon sekä sadonkäsittelyyn yhdessä viljojen kanssa. Tattarilla sadon gluteenittomuusvaatimus aiheuttaa lisätoimenpiteitä sadonkäsittelyn toteutuksessa. Erikoiskasvien viljely voidaan toteuttaa pääosin samalla koneistuksella kuin viljantuotanto, joten siirtyminen erikoiskasvien ja viljojen yhdistelmäviljelyyn onnistuu ilman merkittäviä investointeja.

Tilamallitarkastelussa erikoiskasvien tuotanto yksinomisessa viljelyssä on kannattavampaa kuin yhdistelmätuotanto tai puhdas viljantuotanto. Yhdistelmätuotannolla voidaan kuitenkin pienentää kannattavuusriskiä, koska erikoiskasvien markkinatuotot vaihtelevat voimakkaasti. Erityisesti kuminan hintavaihtelut ovat olleet suuria kansainvälistä tarjontatekijöistä johtuen. Lisäksi tattarin markkinatilanne on muuttunut ja hinta laskenut merkittävän jatkojalostajan poistuttua markkinoilta. Kuminalla ja tattarilla tuen osuus tuotoista on merkittävä. Viimeisissä tukiratkaisuissa viljan tuki on pysynyt ennallaan ja erikoiskasvien tuki on laskenut, joten erikoiskasvien suhteellinen asema on heikentynyt verrattuna viljantuotannon kannattavuuteen. Erikoiskasvituotannon kannattavuutta voidaan parantaa kohdistamalla huomio kiinteisiin kustannuksiin, joiden merkitys korostuu pienillä tuotantopinta-aloilla.

Erikoiskasviviljelyn yleisenä taloudellisenä ongelmana ovat puutteelliset markkinat sekä alkutuotteelle että jatkojalosteille. Viljelyn kiinnostavuuteen vaikuttavat erityisesti tulevaisuuden vakaat tuotto-odotukset. Markkinoilta saatava tuotto riippuu keskeisesti jatkojaloustyrytysten maksukyvyystä sekä lopputuotteiden markkinatilanteesta. Laajamittaisen tuotannon ja viljelyn kehittyminen edellyttävätkin uusia innovatiivisia alkutuotanto- ja jatkojalostusvaihtoehtoja koko erikoiskasvikeitjulle. Lisäksi erikoiskasvituotannon kehittyminen vaatii vakaata tukipolitiikkaa sekä erikoiskasvituotannon suhteellisen kannattavuuden ennustettavuutta verrattuna muihin viljelykasveihin.

Avainsanat: kannattavuus, tuotantokustannukset, erikoiskasvit

Johdanto

Taloustarkasteluun on valittu kolme erikoiskasvia – öljypellava, kumina ja tattari. Kasvivalintoihin vaikuttivat niiden taloudellinen merkitys ja tulevaisuudennäkymät osana maatalon peltoviljelyä sekä mahdollisuudet jatkojalostustoimintaan ja markkinointiin. Hankkeen edetessä tattarin tuotanto koki takaiskun yhden alan suurimman yrityksen (Tattari Group Oy) lopetettua toimintansa käyttöpääoman puutteen takia alkuvuonna 2007.

Erikoiskasveista on tehty joitain kustannus- ja kannattavuuslaskelmia, joista valtaosa on yhteen kasviin keskittyviä neuvonta- tai hankelaskelmia. Näitä erillisiä laskelmia ovat laatineet mm. ProAgria (ProAgria 2006) sekä alan toimijoihin kuuluvat yritykset ja neuvontajärjestöt. Tässä tarkastelussa erikoiskasvituotantoa tarkastellaan ja vertaillaan kasvinviljelytilan toiminnan kautta, jolloin yksikköä kohti lasketuissa arvoissa ovat mukana myös tuotantoon epäsuorasti vaikuttavat tuotot ja kustannukset, kuten esimerkiksi velvoitekesannonnin tuotot ja kustannukset.

Erikoiskasvitila – tuotannon kuvaus

Tuotantoa ja taloutta kuvaavat laskelmat on tehty tilamallein. Mallinnusta käytetään silloin, kun tutkittavasta kasvista tai tuotantotavasta ei ole saatavissa riittävää määrää tuotantotietoa esimerkiksi kirjanpito toiminnan¹ tai muun tilastoinnin kautta. Laskelmat on tehty vuoden 2006 kustannus- ja tuotto-tasossa. Tukitasot on huomioitu vuoden 2007 arvioitujen tukitasojen mukaan.

Erikoiskasvilaskelmat on laadittu ensisijaisesti osaksi viljatilän tuotantoympäristöä yhdistelmätuotantomalleiksi. Peruslähtökohtana on tavanomaisin menetelmin rehuviljaa tuottava varsinaissuomalainen tila, johon erikoiskasvituotantoa verrataan. Erikoiskasvien pinta-alat on valittu öljypellavalla sekä kuminalla pääosin viljelykierto-oletusten mukaan. Tattarilla pinta-ala on johdettu keskimääräisen viljelyalan pohjalta. Valitulla näkökulmalla voidaan tarkastella koko tilakokonaisuuden sekä siitä irrotetun erikoiskasvituotannon taloutta tilanteessa, jossa rehuviljatuotantoa korvataan erikoiskasveilla. Laskenta mahdollistaa myös kasvikohtaisen tarkastelun, jossa yhtä erikoiskasvia tarkastellaan erillisenä tuotantolaskelmana.

¹ MTT Taloustutkimuksen ylläpitämä maatalojen kirjanpitojärjestelmä, josta on mukana runsas 900 maatalayritystä.

Tuotannon kuvaus esimerkkituloilla

Tilamallit ovat öljypellava (ÖPE), kumina (KUM), tattari (TAT) ja vertailumallina rehuvilja (VIL). Rehuviljantuotannolla kuvataan kevätviljantuotantoa yleistäen. Tilan kokonaisala on 60 ha, millä kuvataan tyypillistä viljanviljelyalaa Lounais-Suomessa (MTT Taloustutkimus 2006a). Mahdollinen rehuvilja-ala jakaantuu kaikissa malleissa puoliksi rehuohran ja rehukauran kesken. Kesannointioletuksena kaikissa malleissa on 7,7 %:n velvoitealavaatimus (MMM 2005). Velvoitekesantoalasta aiheutuvat kustannukset ja tuotot on huomioitu tila- ja yksikkökohtaisissa (€/ha) laskelmissa.

Kustannusten muodostuminen

Muuttuviin kustannuksiin vaikuttava tarvikekäyttö on määritetty satotasovaimuksen pohjalta hallinnollisten ohjeiden sekä käyttömäärä- ja viljelysuositusten mukaan. Työnkäyttö ihmis- ja konetyössä on laskettu työvaiheittain työaikanormistosta (Työteho-seura 2006). Lisäksi mukana ovat maatalousyrittäjäeläke- ja tapaturmavakuutusmaksut (MYEL ja MATA).

Yleiskustannukset, joita ovat mm. pienkaluston ostot, puhelin, kirjanpito sekä muut pääkustannuseriin sopimattomat kustannukset, on johdettu aikaisemmista tutkimuksista (Turunen 2000). Yleiskustannusprosentiksi on valittu 6 % tuotannon liikekustannuksesta.

Omaisuuskustannuksissa on huomioitu rakennus- ja koneomaisuuden poistot, kunnossapito sekä oman pääoman korkovaatimus. Tilan toiminta on katsottu vakiintuneeksi ja velattomaksi, joten vieraasta pääomasta ei synny korkokustannuksia. Tilan rakennuskanta käsittää konehallin ja tarvittavat tuotevarastot, jotka on mukautettu tuotantoa vastaavaksi. Tilamalleilla on kaksi traktoria ja tavanomaiset peltoviljelykoneet. Korjuu ja kuivaus tehdään rahtityönä, joten tilalla ei ole omaa puimuri- ja kuivurikalustoa.

Tuottojen muodostuminen

Tuotot muodostuvat markkinahintaisista myyntituotoista ja tukituotoista.. Erikoiskasviljelyn tuotoissa myyntituottojen merkitys on usein suuri verrattuna viljantuotantoon. Myös yksikköhintojen vuosi- ja kausivaihtelut ovat suuria, vaikka osa tuotannosta on sopimustuotantoa. Näiden seikkojen takia lopputuotteen yksikköhinnalla on suuri merkitys erikoiskasvituotannon tuotolaskennassa. Laskelmassa käytetyt hinnat ovat; rehuohra 118, rehukaura 125, öljypellava 410, kumina 350 ja tattari 563 €/t.

Tukituotot on määritetty vuoden 2007 tukiehtojen mukaan oletuksella, että tila on tehnyt uuden ympäristötukisitoumuksen vuonna 2007. Kasvinviljelyti-

lan ympäristötuki on laskettu yhdellä lisätoimenpiteellä, jonka tasoksi on arvioitu kuminamalla lukuun ottamatta 23 €/ha. Maustekasveihin kuuluvan kuminan laskennassa lisätoimenpide on 30 €/ha. Ympäristötuen lisätoimenpiteet ovat vapaaehtoisia ja niitä voi valita tukialueesta riippuen enimmillään neljä kappaletta. Lisätoimenpiteistä maksettava tuki on korvausta toimenpiteistä aiheutuvista kustannuksista ja tulonmenetyksistä (MMM 2006). Lisäksi on huomioitu tukileikkaus (modulaatio), joka on 5 % yli 5000 euron ylittävästä tilatukisummasta vuonna 2007.

Kannattavuuslaskenta

Tuotannon kannattavuutta on kuvattu ensisijaisesti yrittäjänvoitto- tunnusluvulla, joka kuvaa yrityksen euromääräistä (absoluuttista) kannattavuutta, kun kaikki tuotot ja kustannukset on huomioitu. Kannattavuuskerroin osoittaa, kuinka suuri osa yrittäjän palkkavaatimuksesta (12,45 €/h) ja oman pääoman korkovaatimuksesta (5,00 %) on saavutettu. Rehuviljaa ja erikoiskasveja tuottavan tilan kannattavuuslaskennassa muuttuvat kustannukset on jaettu viljalle ja erikoiskasveille panoskäytön ja pääomajakauman avulla.

Vilja ja erikoiskasvit yhdistelmätuotannossa

Rehuviljaa tuottava tila

Tilamallin (VIL) rehuvilja-ala on 55,4 ha. Rehuviljan tuotanto on ammattimaista ja satovaatimuksena on ohralla 3900 kg/ha ja kauralla 3700 kg/ha.

Tuotantokustannukset ovat tilamallilla 1237 €/ha. Tarvikekustannusten osuus on 31 %, työkustannuksen 23 %, yleiskustannusten 6 % ja omaisuus-kustannusten osuus on 40 %. Tuotettua rehuviljakiloa kohti kustannus on 0,35 euroa, joka vastaa tasoltaan esim. ProAgrian rehuohran tuotantokustannuslaskentaa (ProAgria 2006b).

Tuotoiksi viljatilamallilla muodostuu 945 €/ha. Myyntituottojen osuus on 45 % ja tukituottojen 55 %. Tuotot eivät riitä kattamaan syntyneitä kustannuksia, jolloin tilalla syntyy yrittäjän tappiota 292 €/ha. Kannattavuuskerroin on 0,38, joten yrittäjän on tingittävä taloudellisista tavoitteistaan ja hänelle jää laskennalliseksi korvaukseksi omalle työlle runsas 4,7 €/h ja korvaukseksi tuotantoon sijoitetulle omalle pääomalle 1,9 %.

Rehuviljantuotannon kannattavuus on mallinnuksessa hiukan parempi kuin MTT Taloustutkimuksen kirjanpitoaineiston ennakkollisissa tuloksissa, joissa kaikkien viljatilojen kannattavuuskerroin oli keskimäärin 0,33 vuonna 2005 (MTT Taloustutkimus 2006b).

Rehuviljaa ja öljypellavaa tuottava tila

Tilamallin (ÖPE) öljypellava-ala on 41,5 ha ja rehuvilja-ala 13,8 ha. Öljypellava-ala johdetaan neljän vuoden viljelykierto-oletuksesta. Satotasovaatimuksena on 1600 kg/ha.

Tuotantokustannukset ovat tilamallilla 1249 €/ha. Tarvikekustannusten osuus on 32 %, työkustannuksen 25 %, yleiskustannusten 6 % ja omaisuus-kustannusten osuus on 39 %. Koko tuotannon kustannusjakauma on vastaava kuin viljatilamallinnuksessa. Pelkästään öljypellavantuotannolle kohdistettu tuotantokustannus on 1224 €/ha.

Tuotoiksi tilamallilla saadaan 1089 €/ha. Tukituottojen osuus on 51 % ja myyntituottojen 49 %. Myyntituotoista öljypellavan osuus on 80 %. Pelkästään öljypellavantuotannolle kohdistettuja tuottoja saadaan 1138 €/ha, mikä on noin viidenneksen enemmän kuin viljalle kohdistuvat tuotot.

Tilan koko tuotannon yrittäjän tappio on 159 €/ha ja kannattavuuskerroin 0,66. Näin ollen yrittäjän on tingittävä taloudellisista tavoitteistaan ja hänelle jää laskennalliseksi korvaukseksi omalle työlleen runsas 8,2 €/h ja korvaukseksi tuotantoon sijoitetulle omalle pääomalle 3,3 %. Kasvien eroteltu kannattavuus saadaan, kun viljan- ja öljypellavantuotanto jaetaan panoskäytön ja tuotannon suhteessa. Viljantuotantoa rasittavat kiinteät kustannukset ja markkinatuotot ovat pienet. Näin ollen osatarkastelussa viljantuotannon kannattavuus on heikko. Viljalle kohdistettu yrittäjän tappio on 378 €/ha. Vastaavasti öljypellavalla tappiota muodostuu 86 €/ha. Tulokinnassa on muistettava, että laskennassa osa viljalle kohdistuvista kustannuksista korostuu pellavaa suuremman satomäärän takia.

Rehuviljaa ja kuminaa tuottava tila

Tilamallin (KUM) kumina-ala on 13,8 ha ja rehuvilja-ala 41,54 ha. Kumina-ala johdetaan kolmen vuoden viljelykierrasta, jossa on huomioitu yksi sadon vuosi. Satotasovaatimuksena on 800 kg/ha.

Tuotantokustannukset ovat tilamallilla 1195 €/ha. Tarvikekustannusten osuus on 31 %, työkustannuksen 21 %, yleiskustannusten 6 % ja omaisuus-kustannusten osuus on 42 %. Tuotannon kustannusjakauma ei poikkea merkittävästi viljatilamallinnuksesta, joskin työkustannusten osuus pienenee hieman. Pelkästään kuminantuotannolle kohdistettu tuotantokustannus on 803 €/ha, joten hehtaarikohtaiset kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin viljantuotannossa. Kuminan erillistarkastelussa työn suhteellinen kustannusosuus on suuri, vaikka koko viljelykiertoajalle (4 vuotta) keskimäärin laskettu hehtaarikohtainen vuosityömenekki on 1/2-1/3 viljan vastaavasta. Tämä on seuraus-

ta siitä, että kuminantuotannossa tarvikekustannukset ovat pienet ja mallinnus arvottaa pääomakustannuksia osin sadon suhteen.

Tuotoiksi kuminatilamallilla saadaan 943 €/ha. Tukituottojen osuus on 60 % ja myyntituottojen 40 %. Tukituottoihin on oletettu mukaan tilan peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (A- ja B-tukialueet), mikä on mahdollista tutkittavista kasveista vain kuminalla. Myyntituotoista kuminan osuus on 16 %. Pelkästään kuminantuotannolle kohdistettuja tuottoja saadaan 853 €/ha, mikä on hiukan pienempi kuin viljalle kohdistuva tuotto. Kuminantuotannon hehtaarikohtainen myyntituotto on selvästi pienempi kuin viljalla.

Tilan koko tuotannon yrittäjän tappio on 252 €/ha ja kannattavuuskerroin 0,43. Näin ollen yrittäjän on tingittävä taloudellisista tavoitteistaan ja hänelle jää laskennalliseksi korvaukseksi omalle työlleen runsas 5,4 €/h ja korvaukseksi tuotantoon sijoitetulle omalle pääomalle 2,2 %. Kasvien eroteltu kannattavuus saadaan, kun viljan- ja kuminantuotanto jaetaan panoskäytön ja tuotannon suhteessa. Erotetun viljantuotannon kannattavuus on heikko ja sen yrittäjän tappio on 352 €/ha. Perusteet heikolle kannattavuudelle ovat samat kuin pellavamallinnuksessa. Sen sijaan erotetussa tuotannossa kuminalle muodostuu yrittäjänvoittoa 50 €/ha, joten tuotantoon kohdistetut taloudelliset tavoitteet saavutetaan. Tulkinnessa on kuitenkin muistettava, että eroteltu kannattavuus on herkkä panoskäytön laskentaperusteille.

Rehuviljaa ja tattaria tuottava tila

Tilamallin (TAT) tattariala on 7,4 ha ja rehuvilja-ala 48,0 ha. Tattarin tuotanto poikkeaa useista kasveista jyvien puhtausvaatimusten (gluteenittomuus) takia. Tämän takia tattarille ei oleteta viljelykierto-oletusta. Tattariala on johdettu tattaria viljelleiden tilojen viljelyaloista (Hyödynmaa 2006, Niemelä 2006). Satotasovaatimuksena on 700 kg/ha.

Tuotantokustannukset ovat tilamallilla 1202 €/ha. Tarvikekustannusten osuus on 30 %, työkustannuksen 23 %, yleiskustannusten 6 % ja omaisuus-kustannusten osuus on 41 %. Koko tuotannon kustannusjakauma on vastaava kuin viljatilamallinnuksessa. Pelkästään tattarintuotannolle kohdistettu tuotantokustannus on 839 €/ha, joten hehtaarikohtaiset kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin viljantuotannossa. Tattarin erillistarkastelussa työn suhteellinen kustannusosuus on suuri, vaikka tattarin hehtaarikohtainen vuosityömenekki on noin 2/3 viljan vastaavasta. Lisäksi pieni lannoitteiden ja kalkin käyttö vähentää tarvikekustannusten suhteellista osuutta.

Tuotoiksi tattaritulamallilla saadaan 934 €/ha. Tukituottojen osuus on 56 % ja myyntituottojen 44 %. Myyntituotoista tattarin osuus on 11 %. Pelkästään tattarintuotannolle kohdistettuja tuottoja saadaan 865 €/ha, mikä on pienempi

kuin viljalle kohdistettu tuotto. Sen sijaan erotetun tattarintuotannon hehtaariohtainen myyntituotto on suurempi kuin viljalla.

Tilan koko tuotannon yrittäjän tappio on 267 €/ha ja kannattavuuskerroin 0,42. Näin ollen yrittäjän on tingittävä taloudellisista tavoitteistaan ja hänelle jää laskennalliseksi korvaukseksi omalle työlle 5,3 €/h ja korvaukseksi tuotantoon sijoitetulle omalle pääomalle 2,1 %.

Kasvien eroteltu kannattavuus saadaan, kun viljan- ja tattarintuotanto jaetaan panoskäytön ja tuotannon suhteessa. Erotetun viljantuotannon kannattavuus on heikko ja sen yrittäjän tappio on 313 €/ha. Perusteet heikolle kannattavuudelle ovat samat kuin pellavamallinnuksessa. Sen sijaan erotetussa tuotannossa tattarille muodostuu yrittäjänvoittoa 26 €/ha, joten tuotantoon kohdistetut taloudelliset tavoitteet saavutetaan. Tulkinnassa on kuitenkin muistettava, että eroteltu kannattavuus on herkkä panoskäytön laskentaperusteille.

Erikoiskasvit yksinomaisessa viljelyssä

Tilamallilaskelmaa voidaan hyödyntää myös siten, että mallilla tarkastellaan vain yhtä kasvia ilman viljelykierto-oletuksia. Erillistarkastelussa mallin peltoala kesantoaloinen on vakioitu 41,5 hehtaariksi, mikä on sama kuin öljypellavan ala yhdistetyssä tuottotarkastelussa. Peltoalaoletus on huomattavasti suurempi kuin tähänhetkessä erikoiskasvituotannossa keskimäärin. Suurella peltoalalla kuvataan yhteen kasviin keskittyntä suurimuotoista kasvintuotantoa. Laskentaoletukset ovat samat kuin yhdistelmämalleissa, joten kiinteät kustannukset mallien kesken ovat lähes samat. Yrittäjän voitolla mitattuna tappio on rehuviljalla 480 €/ha.

Öljypellava

Mallinnuksessa öljypellavan tuotantokustannustaso on verrattavissa pelkkään viljanviljelyyn. Muuttuvissa kustannuksissa voi olla tilojen välillä suuriakin vaihteluja, jotka johtuvat esimerkiksi torjunta-aineen käyttövalinnoista tai muusta tilakohtaisesta panoskäyttövaihtelusta satotasotavoitteen saavuttamiseksi. Esimerkiksi viljelijän tietopankki -laskelmassa muuttuvat kustannukset jäivät öljypellavalla runsaat 10 % pienemmiksi kuin rehuviljalla (Elix Oil 2003). Tuotantokustannus hehtaaria kohti on suurempi kuin yhdistelmätuotantomallissa, koska kiinteät kustannukset jakaantuvat pienemmälle peltoalalle.

Vuoden 2007 tukioletuksilla (yksi ympäristötuen lisätoimenpide; 23 €/ha) tukituotot muodostavat tuotoista hiukan alle puolet (49 %), joten mm. viljantuotantoon verrattuna tukien merkitys on pienempi. Viljely tuottaa tappiota yrittäjävoitolla mitattuna 300 €/ha ja kannattavuuskerroin on 0,43. Vuoden

2006 tukioletuksilla tilan tukituotot olisivat noin 75 €/ha suuremmat kuin laskentavuonna, joten tuotannon absoluuttinen kannattavuus heikkenee edelliseen maaseudun kehittämisohjelmakauteen ja laskentavuoteen verrattuna.

Kumina

Mallinnuksessa kuminan tuotantokustannustaso on 14 % pienempi kuin pelkässä viljanviljelyssä. Ero johtuu muuttuvista kustannuksista ja työnkäytöstä, jotka jäävät pienemmiksi lähinnä kasvin monivuotisuuden ansiosta.

Vuoden 2007 tukioletuksilla kumina katsotaan siemenmaustekasviksi, joka saa tavanomaista peltokasvituotantoa korkeammat ympäristötuen perus- ja lisätoimenpidetuet. Laskelmaan on valittu yksi lisätoimenpide (peltojen talvi-aikainen kasvipeitteisyys; 30 €/ha). Tuotoista tukituotot muodostavat huomattavan osan (71 %). Valituilla hinta- ja satotaso-oletuksilla kuminan myyntituotot jäävät pieniksi, joten viljely tuottaa tappiota yrittäjävoitolla mitattuna 374 €/ha ja kannattavuuskerroin on 0,10. Mallinnuksessa kuminan kannattavuutta heikentää erityisesti suuri kiinteiden kulujen osuus. Huomioitavaa on, että vuoden 2006 tukioletuksilla tilan tukituotot olisivat runsaat 200 €/ha suuremmat kuin laskentavuonna, joten pääosin uuden ympäristötukiohjelman seurauksena kuminan tuotannon absoluuttinen kannattavuus heikkenee selvästi edelliseen maaseudun kehittämisohjelmakauteen ja laskentavuoteen verrattuna.

Tattari

Mallinnuksessa tattarin tuotantokustannustaso on noin 18 % pienempi kuin pelkässä viljanviljelyssä. Ero johtuu pääosin pienemmästä tarvikkeikäytöstä mm. lannoitteiden ja kasvinsuojelun osalta.

Vuoden 2007 tukioletuksilla tattari rinnastetaan peltokasveihin ja mallinnuksessa tuet ovat samat kuin rehuviljalla (yksi ympäristötuen lisätoimenpide; 23 €/ha). Tuotoista tukituotot muodostavat selvästi yli puolet (60 %), joten viljantuotantoon verrattuna tukien merkitys on suurempi. Tattarilla ei ole vakiintuneita markkinoita ja merkittävä alalla toiminut yritys hakeutui konkurssiin alkuvuonna 2007². Laskelmassa käytetty tattarin hinta 0,55 €/kg on sato vuosien 2005–2006 arviohinta (Hyödynmaa 2006). Valitulla hinnalla viljely tuottaa tappiota yrittäjävoitolla mitattuna 305 €/ha ja kannattavuuskerroin on 0,34.

² Suomi Tattari Group

Tarkastelu ja yhteenveto

Tutkitut erikoiskasvit soveltuvat yhdistelmäviljelyyn viljan kanssa. Tuotantoa voidaan hoitaa pääosin samoilla koneilla ja laitteilla. Öljypellava ja kumina soveltuvat hyvin viljatilan viljelykiertoon. Tattarin kohdalla sadon gluteenittomuusvaatimukset hankaloittavat viljelykiertoa sekä sadonkäsittelyä. Viljan ja erikoiskasvien yhdistelmätuotannolla voidaan jakaa riskiä erikoiskasvien hintavaihteluille, mutta vastaavasti koko tuotannon kannattavuus jää yleensä heikommaksi kuin yksinomaisessa erikoiskasvituotannossa.

Tuotantotavan samankaltaisuuden vuoksi viljanviljelystä voidaan siirtyä valittujen kasvien erikoiskasvituotantoon kustannusten muuttumatta merkittävästi. Keskeisenä tekijänä tässä on kiinteiden kustannusten pysyminen samalla tasolla, koska kone- ja laitekanta voidaan pitää ennallaan kasvilajisuhteista huolimatta.

Viljan hinta ja odotettu myyntituotto ovat vakaammalla pohjalla interventiojärjestelmän vaikutusten takia. Sen sijaan erikoiskasveilla markkinoilta saatavat tuotot muodostuvat joko sopimushinnan sekä mahdollisen lisähinnan tai päivän hinnan mukaan. Hintaan vaikuttavat usein myös kansainväliset tarjontatekijät, mikä näkyy erityisesti kuminan hintavaihteluina. Öljypellavan tuotantoa on harjoitettu valtaosin sopimustuotannon piirissä, mikä osaltaan luo hintavakautta. Sen sijaan tattarin sopimustuotanto ja markkinointi on ollut ongelmallista jalostusportaan heikosta taloudellisesta tilanteesta johtuen.

Erikoiskasvituotannossa tuet ovat merkittävämpiä kuin viljantuotannossa. Tuet ohjaavat kasvivalintoja ja tukimuutokset aiheuttavat epävarmuutta pitkäjänteiseen tuotantoon. Yksi keskeisistä tukimuutoksista on vuonna 2007 alkava uusi ympäristötukiohjelmakausi, joka osaltaan muuttaa kasvien tukisuhteita. Maatalouden ympäristötukien lisätoimenpiteistä maksettava tuki on korvausta tehdyistä toimenpiteistä. Oikeilla kasvi-, viljelykierto- sekä toimenpidevalinnoilla lisätoimenpiteistä saatava korvaus voi antaa tuotonlisäystä. Lisäksi kansalliseen lisäosajärjestelmään sovitut muutokset (LFA-lisäosan poistuminen vuodesta 2008 alkaen ja ympäristötuen kansallisen lisäosan poistumisen kompensointimahdollisuudet) A- ja B-tukialueilla vaikuttavat kasvien tukitasoihin. Yleistäen rehuviljan tuet pysyvät ennallaan ja erikoiskasvien suhteellinen asema verrattuna viljantuotantoon heikkenee. Kuminalla tukimuutos on erityisen suuri, mikä väistämättä vaikuttaa viljelyhalukkuuteen. Lisäksi siemenmaustekasveille, joihin kumina luetaan, on rajatut ympäristötuen lisätoimenpidevalikoimat.

Erikoiskasvien tuotannon kannattavuus vaihtelee voimakkaasti normaalin satovaihtelun lisäksi myös hintavaihtelun takia. Tuotantokustannuksissa ei tapahdu merkittäviä vuosiheilahteluja, mutta kustannustaso viljelyssä on noussut yleistä kustannustasoa sekä useimpien lopputuotteiden hintatasoa

nopeammin. Esimerkkilaskelmissa panoskäyttö on suhteutettu satotasovaati-
muksiin, joten muuttuvissa tarvikkekustannuksissa säästöjä ei juurikaan voida
saada. Sen sijaan tuotantokustannuksia voidaan alentaa karsimalla kiinteitä
kustannuksia sekä lisäämällä yhteis- ja vuokratyön käyttöä muuallekin kuin
sadonkorjuuseen ja -käsittelyyn. Kiinteillä kustannuksilla on merkittävä
osuus kannattavuudelle, mikä korostuu erikoiskasvien erillistarkasteluissa.
Tällöin rakennus-, kone- ja laitekustannukset jakaantuvat pienemmälle tu-
tantaalalle (41,5 ha) ja tuotannon kannattavuus on heikompi kuin suuremmis-
sa yhdistelmätuotantomalleissa (60 ha), vaikka viljantuotannon kannattavuus
erillistarkastelussa on heikompi kuin erikoiskasveilla.

Erikoiskasveja viljellään noin 10 000 tilalla, joten viljelyä harjoitetaan jossain
määrin joka seitsemännellä tilalla. Viljelyn laajentamiselle jo nykyisillä tiloil-
la löytyy näin ollen kasvupotentiaalia. Erikoiskasvien ongelmana ovat puut-
teelliset markkinat sekä alkutuotteelle että jatkojalosteille. Erikoiskasvien
viljelyalojen merkittävää kasvua rajoittavat nykyiset markkinaoletukset ja
viljelykasvien tukimuutokset. Paikallisesti tuotannolla voi olla suuri merki-
tys, kuten esimerkiksi öljypellavalla Varsinais-Suomessa. Yrityskohtaisesti
rajoitteina saattavat olla viljelyolosuhteet (maalaji) sekä paikallisten markki-
noiden puute. Tulevaisuudessa erikoiskasvituotantoon vaikuttavat erityisesti
vakaat tuotto-odotukset. Keskeinen seikka on alkaneen tukiohjelmakauden
aikana (2007–2013) markkinoilta saatavan tuoton vakaus. Markkinoilta saa-
tava tuotto riippuu keskeisesti jatkojalousyritysten maksukyvyistä sekä loppu-
tuotteiden markkinatilanteesta. Laajamittainen tuotanto ja viljely edellyttä-
vätkin uusia innovatiivisia vaihtoehtoja koko erikoiskasvikeitjulle. Lisäksi
erikoiskasvituotannon jatkuminen ja kehittyminen vaatii vakaata tukipolitiik-
kaa sekä erikoiskasvituotannon suhteellisen kannattavuuden ennustettavuutta.

Kirjallisuus

- Elix Oil 2003. Viljelijän tietopankki. Laskelma ollut saatavissa osoitteessa <http://www.elixioil.fi/tuki.html>. 1.1.2007 laskelma ei enää saatavilla.
- Hyödynmaa, J. 2006. Vilppulan kunta/Maaseutusihiteeri. Puhelinkeskustelu 3.4.2006.
- MMM 2005. Tilatuki. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote. Saatavissa osoitteessa <http://www.mmm.fi/attachments/5gvvBs4bf/5gyHYfwKi/Files/CurrentFile/Tilatukiesite.pdf> (tarkistettu 10.1.2007).
- MMM 2006. Manner-Suomen maaseudun kehittämissuohjelma. ESITYS 3.8.2006. Saatavissa osoitteessa http://www.mmm.fi/attachments/5greqtX21/5hZ7wbvCS/Files/CurrentFile/Esitys_Manner-Suomen_maaseudun_kehittamisohjelmaksi_03082006.pdf. (tarkistettu 10.1.2007).
- MTT Taloustutkimus 2006a. Kirjanpitolila-aineiston tuloksia vuodelta 2004. Julkaisematon yhteenvetotieto.
- MTT Taloustutkimus 2006b. Kirjanpitolila-aineiston ennakkollisia tuloksia vuodelta 2005. Saatavissa osoitteessa http://www.mtt.fi/tutkimus/talous/kirjanpitolilat/sarja/g_kkts.html. (tarkistettu 27.11.2006).
- Niemelä, T. 2006. ProAgria Pirkanmaa/Maaseutuyritysneuvoja. Puhelinkeskustelu 31.3.2006.
- ProAgria 2006. Mallilaskelmia erikoiskasveista. Julkaisemattomia neuvontalaskelmia, Ari Ehnroth.
- ProAgria 2006b. Mallilaskelmia maataloudesta 2006. ProAgrian Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 1030. Kurikka. 46 s.
- Turunen, H. 2000. Kokoviljasäilörehun viljelyn tuotantokustannukset ja kannattavuus maidontuotannossa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen selvityksiä 6/2000. Helsinki. 39 s.
- Työtehoseura 2006. Työtehoseuran työaikaanormit. Erilliset maataloustiedotteet. Maataloustiedotejulkaisunimikkeet on saatavissa osoitteesta <http://www.tts.fi/tts/julkaisut/mati03-00.htm> (tarkistettu 17.11.2006).

Paikkatietosovelluksesta apua viljelyn suunnitteluun

Sirpa Thessler¹⁾, Arsi Ikonen²⁾, Hanna Huitu¹⁾, Marjo Keskitalo³⁾,
Pentti Ruokokoski²⁾ ja Hannu Ojanen²⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Palveluyksikkö, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, sirpa.thessler@mtt.fi

²⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Palveluyksikkö, 31600 Jokioinen, hannu.ojanen@mtt.fi

³⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, marjo.keskitalo@mtt.fi

Tiivistelmä

Viljelyn suunnittelu on monitavoitteista toimintaa, jossa pyritään huomioimaan tuotannolliset, taloudelliset, ympäristönsuojelulliset ja esteettiset näkökohdat. Tällaisten monimutkaisten, tiettyyn paikkaan sidottujen ongelmien ratkaisuun paikkatietojärjestelmät ovat tehokas työkalu. Viljelykasvien sijoittelua peltolohkoille voidaan tarkastella maa-alueiden soveltuvuuden näkökulmasta. Soveltuvuutta selvitetessä hyödynnetään yleisesti kartografista mallinnusta.

Tässä työssä laadittiin viljelykasvisuositukset Jokioisten kartanoiden Lintupajun tilan kuudelletoista peltolohkelle. Tavoitteena oli sijoittaa fosforikuormituksen vähentämisen ja monimuotoisuuden lisäämisen näkökulmista soveltuvin kasvi oikealle peltolohkelle. Koekasveina olivat rehuohra ja kahdeksan erikoiskasvia. Karttamuotoiset viljelysuositukset laadittiin käyttäen kolmea strategiaa: A) fosforikuormitus vesistöihin minimoitiin, B) tilan peltojen monimuotoisuus maksimoitiin ja C) annettiin yhtäläinen painoarvo sekä fosforikuormituksen minimoinnille että monimuotoisuuden maksimoinnille.

Tulokset osoittivat, että fosforikuormitusta vähentävät eri kasvilajit kuin monimuotoisuutta lisäävät. Eri strategioiden mukaiset viljelysuositukset olivatkin hyvin erilaiset, eikä yhdellekään lohkolle esitetty A- ja B-strategioiden mukaisissa suosituksissa samaa kasvilajia. Tavoitteiden lisäksi kasvilajien indeksointi ja eri tavoitteiden painoarvot vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. Niiden määrittelyyn onkin jatkossa kiinnitettävä huomiota. Kartografinen malli soveltuu menetelmänä viljelysuunnittelun apuvälineeksi, joskaan mallin tarkkuutta ei tässä työssä arvioitu. Tutkimuksessa käytetty malli oli pilottiluontoinen, eikä vielä sovellu käytännön työkaluksi, sillä se jättää huomiotta monia käytännön viljelyn näkökulmasta ensisijaisia tekijöitä. Jatkossa mallia on tarkoitus kehittää siten, että viljelyyn keskeisesti vaikuttavat tekijät tulevat huomioituiksi ja mallissa voidaan hyödyntää viljelijän keräämiä tietoja peltolohkoilta.

Avainsanat: paikkatietojärjestelmät, kartografia, erikoiskasvit, fosfori, kuormitus, monimuotoisuus

GIS pilot for integration of environmental variation to crop planning

Sirpa Thessler¹⁾, Arsi Ikonen²⁾, Hanna Huitu¹⁾, Marjo Keskitalo³⁾,
Pentti Ruokokoski²⁾ and Hannu Ojanen²⁾

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Services unit, Luutnantintie 13, FI-00410 Helsinki, Finland, sirpa.thessler@mtt.fi

²⁾MTT Agrifood Research Finland, Services unit, FI-31600 Jokioinen, Finland, hannu.ojanen@mtt.fi

³⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, marjo.keskitalo@mtt.fi

Abstract

Crop planning occurs in an environment of many objectives. Aspects of production, farm economics, environmental protection and landscape esthetics must be taken into account. Such complex spatial questions can be effectively tackled using geographic information systems (GIS). We applied cartographic modelling to allocate crops to 16 field blocks of Lintupaju farm to decrease the phosphorus (P) load and increase biodiversity. Allocated crops were selected from 8 special crops and barley fodder. We presented crop plans as maps using 3 strategies: A) minimising P load to the water system, B) maximising biodiversity of the farm's field blocks, and C) weighting equally both the reduction of P load and increasing biodiversity. Our results showed that the crops that decreased P load were different from the ones that increased biodiversity. Therefore, the crop plans resulting from the three strategies were substantially different; strategies A and B always suggested a different crop species for any field block. Crop allocation depended on crop indices stating their ability to reduce the P load or increase biodiversity, and the weight given to different objectives. These factors need to be developed further to improve the model's reliability. Cartographic modelling showed to be a suitable tool for crop planning, but the presented model cannot yet be applied in practise. The pilot model left out many important aspects of cultivation, such as economic and productional viewpoints. Future studies will include these aspects to the model and also use additional data collected by farmers.

Key words: geographic information systems, crop planning, cartographic model, phosphorus load, biodiversity

Johdanto

Viljelyn suunnittelu tapahtuu monitavoitteisessa ympäristössä, jossa viljelykasvivalinnalla on vaikutusta eri tavoitteiden saavuttamiseen. Tavoitteet voivat olla tuotannollisia, taloudellisia, ympäristönsuojelullisia tai esimerkiksi esteettisiä, kuten miellyttävä näkymä maisematieltä. Tavoitteiden lisäksi voidaan huomioida rajoitteita, joita muodostavat esimerkiksi eri kasvilajien kasvupaikkavaatimukset tai tilan kalusto. Nämä eri tekijät vaikuttavat sadon laatuun ja määrään sekä viljelystä saatavaan taloudelliseen tulokseen.

Maatalouden ympäristönäkökohdat, vesistökuormitus, maatalousympäristöjen monimuotoisuus ja -maisemien hoito ovat nousseet yhä selvemmin esille maatalouden ympäristötukijärjestelmän myötä. Siitä huolimatta maatalous on edelleen merkittävä vesistöjen hajakuormittaja (Niemi & Ahlstedt 2006). Suojakaistojen, talvisen kasvipeitteisyyden lisäämisen ja lannoitteiden käytön vähentämisen lisäksi myös kasvivalinnoilla voi olla vaikutusta ravinteiden huuhtoutumiseen vesistöihin, sillä kasvilajit sitovat ja käyttävät maaperän ravinteita eri tehokkuuksilla (Hakala & Keskitalo 2006, Niemi & Ahlstedt 2006).

Samanaikaisesti maatalouden tuotantomenetelmien tehostuessa ja maatalousmaiseman muuttuessa on muun muassa pellon lintujen ja päiväperhosten lajimäärien havaittu muuttuneen tai suoranaisesti vähentyneen (Kuussaari ym. 2004, Tiainen ym. 2004). Joidenkin eliöryhmien lajistokoostumuksen on havaittu olevan osittain riippuvainen pellolla viljeltävistä kasveista (Huusela-Veistola ym. 2004, Hyvönen & Salonen 2004, Keskitalo ym. 2006). Tällöin voidaan olettaa, että peltoalueen eliöryhmien monimuotoisuuteen ja runsauteen voitaisiin vaikuttaa myös viljelykasvivalintojen avulla. Tämä olikin yksi monikasvi-hankkeen tutkimuskysymyksistä.

Paikkatietojärjestelmät ovat tehokas työkalu monimutkaisten ja useita muuttujia sisältävien ongelmien ratkaisuun. Paikkatietojärjestelmissä voidaan helposti yhdistää ja analysoida eri lähteistä koottua ja tallennusmuodoltaan vaihtelevaa paikkaan sidottua tietoa sekä esittää mallinnuksen tulos karttamuodossa. Paikkatietojärjestelmiä onkin hyödynnetty mm. analysoitaessa maatalousmaiseman maankäytössä tapahtuneita muutoksia ja sen vaikutuksia lajistolliseen monimuotoisuuteen (Luoto ym. 2004), mallinnettaessa maa-alueiden soveltuvuutta viljelyyn (Nisar Ahamed ym. 2000, Carsjens & Knaap 2002) ja tarkasteltaessa maatalouden vesistökuormituksen alueellista vaihtelua (Granlund ym. 2000, Närvänen ym. 2003).

Viljelykasvien sijoittelua voidaan tarkastella maa-alueiden soveltuvuuden näkökulmasta, jolloin etsitään kullekin peltolohkolle sopivin viljelykasvi ottaen huomioon taloudelliset, tuotannolliset ja ympäristölliset tekijät. Tällaisen ongelman ratkaisemiseen käytetään yleisesti kartografista mallinnusta,

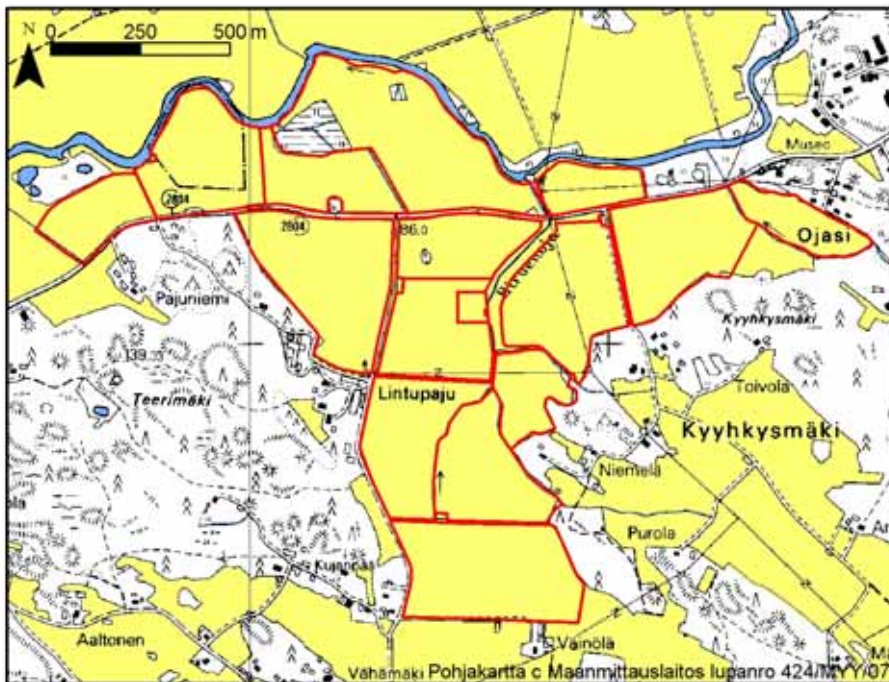
jossa eri muuttujat tallennetaan omaan karttatasoonsa vektoreina (pisteenä, viivana tai polygonina) tai rasterina (gridinä). Näihin karttatasoihin kohdistetaan erilaisia matemaattisia operaattoreita ja spatiaalisia eli paikkaan sidotun tiedon käsittelyyn soveltuvia menetelmiä (mm. luokittelu, interpolointi tai läheisyysanalyysi) siten, että edellisen operaation tulos on seuraavan operaation syöte (Tomlin 1990, Tokola & Kalliovirta 2003).

Arvioitaessa peltolohkojen soveltuvuutta eri kasvien viljelyyn tarvitaan tarkkaa paikkaan sidottua tietoa mm. peltolohkojen sijainnista, maaperän ominaisuuksista, korkeusvaihtelusta, maanpeitteestä, viljelykäytännöistä ja vesistöistä. Lisäksi tarvitaan tietoa eri kasvilajien kasvupaikkavaatimuksista, ravinnevaatimuksista, ravinteiden sitomiskyvystä ja allokoinnista kasviin sekä monimuotoisuusvaikutuksista. Myös viljeltävien lajien keskimääräiset sato- ja tuotto-odotukset on tiedettävä. Rasteri- tai vektorimuotoista tietoa maanpeitteestä, vesistöistä ja topografiasta on yleisesti saatavilla mm. Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta ja Corine Land Cover 2000 -maankäyttö ja –peiteluokituksista noin 30m resoluutiolla. Sen sijaan peltoalueiden maaperätietoja ei ole kattavasti tarjolla samalla spatiaalisella tarkkuudella. Maataloudelliset maaperäkartat kattavat vain osan keskeisiä viljelyalueita (Ikonen ym. 2005). Tiloilla kuitenkin kerätään huomattava määrä tietoa mm. maaperästä, lannoitteiden määristä, sadon laadusta ja määrystä. Näitä tietoja voidaan hyödyntää myös paikkatietojärjestelmissä, kunhan näytteen sijaintitiedot tallennetaan.

Monikasvi-GIS –osahankkeen tarkoituksena oli kehittää paikkatietopohjainen menetelmä viljelykasvisuositusten laatimiseksi peltolohkoille siten, että kunkin viljelykasvin ominaisuudet sopivat viljelyn tavoitteisiin ja peltolohkon erityispiirteisiin parhaalla mahdollisella tavalla. Hankkeen tavoitteina oli löytää fosforikuormituksen vähentämisen ja pellon monimuotoisuuden lisäämisen näkökulmista ”oikea kasvi oikealle lohkolle” rehuohran ja kahdeksan erikoiskasvin joukosta. Tämä ei luonnollisestikaan kata kaikki niitä tavoitteita, rajoitteita ja kasvivaihtoehtoja, jotka todellisessa viljelysuunnittelutilanteessa otetaan huomioon, mutta ongelman tiukka rajaaminen oli perusteltua hankkeen pilottiluonteen vuoksi.

Aineisto ja menetelmät

Pilottialueeksi valittiin Jokioisten kartanoiden Lintupajun alue (Kuva 1). Alueen 16 peruslohkolta on kerätty MTT:n muissa tutkimuksissa kattavasti tietoa maaperästä ja viljelytoimista ympäristövaihtelun mallinnuksen pohjaksi. Lähtökohdana oli että Lintupajun tilalla viljellään seuraavaa yhdeksää kasvilajia, jokaista vähintään yhdellä lohkolta: kinua, kitupellava, kumina, nokkonen, rehuohra, ruokohelpi, tattari, timotei ja öljypellava. Työssä hyödynnetään Monikasvi-hankkeen Kasvintuotannon tutkimuksissa kerättyä tietoa näistä viljelykasveista ja niiden vaikutuksista eri eliöryhmien runsauksiin.



Kuva 1. Jokioisten kartanoiden Lintupajun alue ja sen 16 peruslohkoa

Ympäristötekijöistä mallinnettiin lohkojen fosforikuormituspotentiaalia ja viljelyhistoriaan perustuvaa monimuotoisuutta. Viljelysuositukset muodostettiin käyttämällä kolmea eri strategiaa. Strategiassa A pyrittiin minimoimaan viljelyn fosforikuormitusta vesistöihin ja strategiassa B pyrittiin maksimoimaan tilan peltojen monimuotoisuus. Strategiassa C yhdistettiin kaksi edellistä, ja annettiin yhtäläinen painoarvo sekä fosforikuormituksen minimoimiselle että monimuotoisuuden maksimoinnille (Kuva 2).

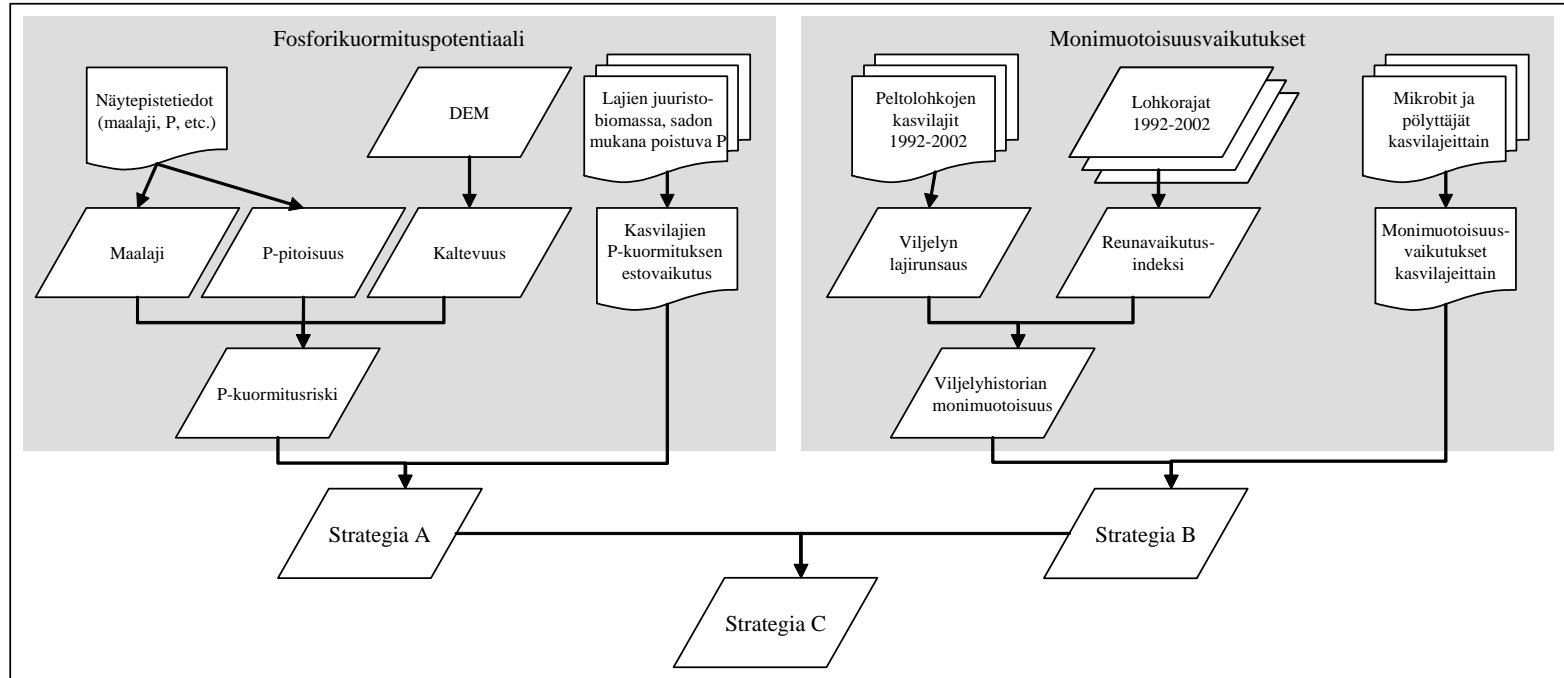
Peltolohkojen fosforikuormituspotentiaalın mallintamisessa hyödynnettiin Uusitalon ym. (2001) kehittämää mallia, joka huomioi tärkeimmät fosforikuormitukseen vaikuttavat tekijät. Lintupajun peltolohkojen fosforikuormituspotentiaalit määriteltiin peltolohkoilta sijaitsevasta 116 näytestä yleistettyjen maalajin ja fosforipitoisuusluokan sekä korkeusmallista lasketun kaltevuuden perusteella. Yleistys näytestä tehtiin käyttäen Inverse Distance Weighting (IDW) –interpolointia, jossa käytetään lähimpiä näytestä ennustamaan arvo niille pikselille, joilta ei ole mitattua tietoa. Mitä lähempänä näytepiste on ennustettavaa pikseliä, sitä suurempi painoarvo pisteen arvolla on ennustearvon laskennassa. Mallinnettu fosforikuormituspotentiaali esitettiin jatkuvana, rasterimuotoisena karttatasona. Fosforikuormituspotentiaalın alueellista vaihtelua kuvaavalla rasterimuotoisella karttatasona laskettiin peltolohkokohtaiset fosforikuormitusriskit lohkon pikseliarvojen keskiarvona.

Seuraavassa vaiheessa arvioitiin viljeltävien yhdeksän viljelykasvin fosforikuormituksen estovaikutus. Määrittämissä käytettiin Monikasvi-hankkeen 11 kasvia käsittäneen astiakokeen juuristobiomassa-, siemensato- ja fosforipitoisuustuloksia (Hakala & Keskitalo 2006). Astiakokeen tulokset muutettiin vastaamaan peltoviljelyssä käytettyjä kasvitiheyksiä. Monivuotisten kasvien, kuten kuminan, nokkosen, timotein ja ruokohelven osalta käytössä oli menetelmän kehittelyvaiheessa vasta ensimmäisen koevuoden tulokset, eikä siemensadon mukana poistuvaa fosforimäärää voitu huomioida (Keskitalo 2005). Viljeltävien yhdeksän viljelykasvin fosforikuormituksen estovaikutus arvioitiin sen jälkeen juuristobiomassan (g ka/m^2) ja siemensadon mukana maasta poistuvan fosforimäärän ($\text{g P/m}^2/\text{v}$) avulla laskemalla välille 0-1 standardoiduista arvoista keskiarvo kullekin lajille. Kun kasvin juuristobiomassa ja sadon mukana poistuvan fosforin määrä olivat suuret, arvioitiin lajin fosforikuormituksen estovaikutus myös korkeaksi.

Strategian A mukainen viljelysuositus saatiin siten, että lohkot järjestettiin fosforikuormituspotentiaalini ja kasvilajit fosforikuormituksen estovaikutuksen mukaan. Korkean fosforikuormituspotentiaalini omaavalle lohkolle ehdotettiin viljeltäväksi kasvilajia, jonka fosforikuormituksen estoindeksi oli suurin. Näin peltolohkojen fosforikuormitus pyrittiin minimoimaan, kun lähtöoletuksena oli kaikkien kasvilajien viljely vähintään yhdellä loholla.

Lohkojen monimuotoisuutta mallinnettaessa käytettiin lähtöaineistoina Joki-oisten kartanoiden viljelytietoja viimeisten 10 vuoden ajalta sekä maastohavaintoja maaperämikrobeiden (aktinobakteerit ja mykorritsat) (Palojärvi 2007) ja pölyttäjähönteisten (kimalaiset, mehiläiset, ampiaiset, kukkakärpäset ja perhoset) runsauksista eri kasvilajien viljelylohkoilla (Keskitalo 2005). Viljelytiedoista huomioitiin kunkin lohkon aiempien viljelykasvilajien määrä 10 vuoden ajalta ja lohkorajan viiden metrin puskurivyöhykkeen pinta-alaosuus lohkon kokonaispinta-alasta. Peltolohkon monimuotoisuuden oletettiin olevan sitä korkeampi, mitä suurempi oli reunavyöhykkeen osuus ja mitä monipuolisempi lohkon kasvilajisto oli ollut. Viljelyhistorian monimuotoisuusindeksi esitettiin jatkuvana rasteripintana, ja kunkin lohkon monimuotoisuusindeksi laskettiin lohkon pikseliarvojen keskiarvona.

Peltolohkot järjestettiin viljelyhistorian monimuotoisuuden perusteella ja kasvilajit monimuotoisuusvaikutuksien mukaan. Runsaasti eliöstöä houkuttelevat kasvilajit sijoitettiin peltolohkoille, joiden viljelyhistoriaan perustuva monimuotoisuusindeksi oli alhainen. Monipuolisen viljelyhistorian omaaville lohkoille sijoitettiin ne kasvilajit, jotka houkuttelivat maaperämikrobeja tai pölyttäjähönteisiä vain vähän. Näin muodostettiin strategian B mukainen viljelysuositus, joka pyrki maksimoimaan peltoalueen monimuotoisuuden. Strategiassa C yhdistettiin strategiat A ja B antaen yhtäläinen painoarvo sekä fosforikuormituksen minimoimiselle että monimuotoisuuden maksimoinnille.



Kuva 2. Kaaviokuva fosforikuormituspotentiaalin ja monimuotoisuusvaikutusten mallintamisesta ja käytetyistä lähtöaineistoista sekä strategioiden A, B ja C mukaisten viljelysuositusten laatimisesta. Suunnikas kuvaa vektori- tai rasteritasoa ja polygoni taulukkomuotoista tietoa.

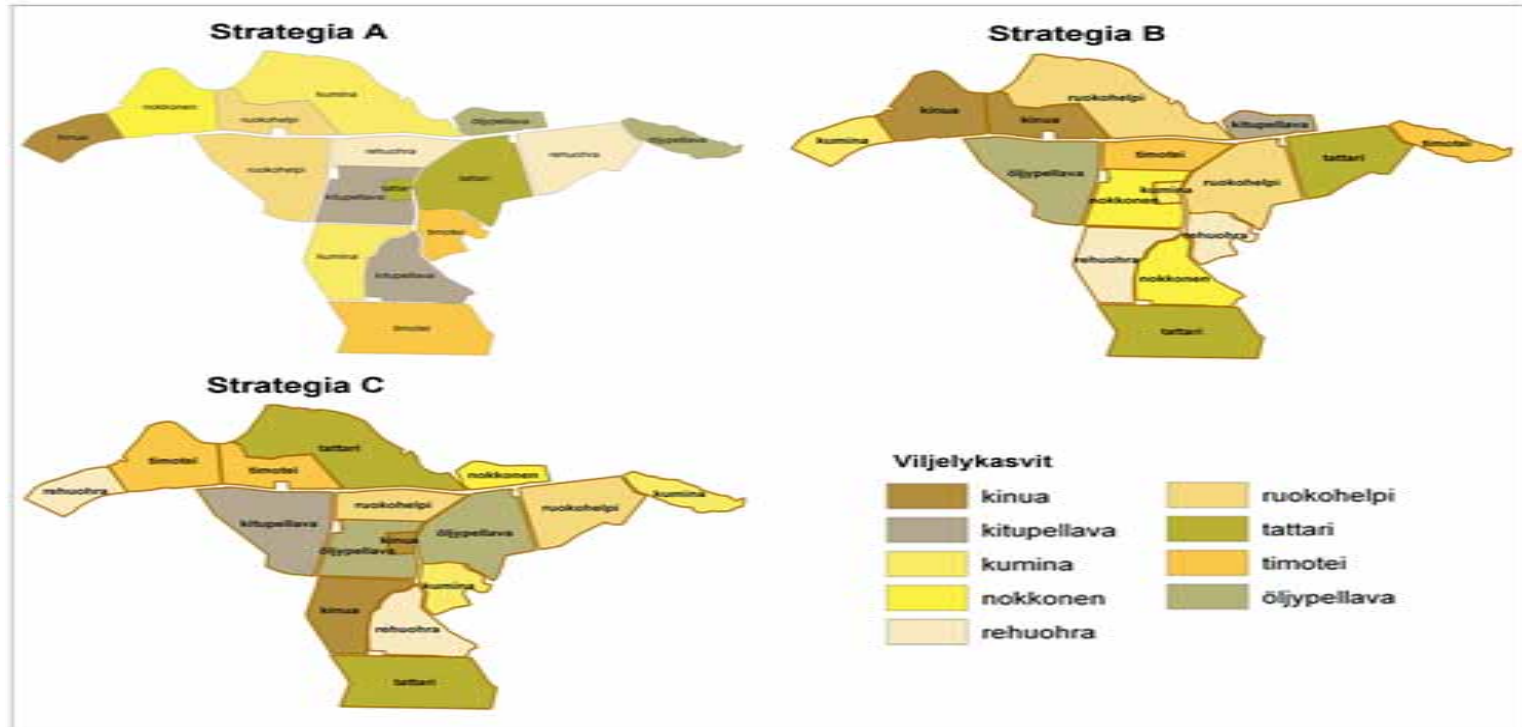
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tarkasteltujen yhdeksän kasvilajin arvioitu fosforikuormituksen estovaikutus ja monimuotoisuusvaikutus eivät korreloineet merkitsevästi (Spearman – korrelaatio: $R = -0.350$, $P > 0.350$, $N = 9$). Vain tattari oli melko tehokas sekä fosforikuormituksen estäjänä että monimuotoisuuden lisääjänä käytetyillä indekseillä mitattuna. On kuitenkin huomattava, että kasvilajien karkea indeksointi fosforikuormituksen ja monimuotoisuuden suhteen perustui vain muutaman muuttujaan, ja monien epävarmuustekijöiden takia tulokset ovat vain suuntaa antavia, eikä niitä voi tässä vaiheessa soveltaa käytäntöön.

Strategioiden A ja B mukaiset viljelysuositukset olivatkin hyvin erilaiset (Kuva 3). Yhdellekään lohkolle ei strategioiden A ja B mukaisissa viljelysuosituksissa esitetty samaa kasvilajia. Öljypellavan ja rehuohran arvioitu fosforikuormituksen estovaikutus oli tutkituista kasvilajeista suurin, joten ne sijoittuivat strategiassa A peltoalueen itäosan lohkoille, joilla fosforikuormitusriskin ennustettiin olevan suuri. Nokkosen ja kinuan fosforikuormituksen estovaikutus arvioitiin pieneksi, koska juuristobiomassan maata sitova vaikutus ja siementen mukana poistuvan fosforin määrä olivat pieniä. Ne sijoittuivat siten viljeltäviksi läntisimmillä lohkoilla, joilla on Uusitalon ym. (2001) mallin mukaan vähäinen fosforikuormitusriski. Peltolohkon fosforikuormituksen mallintamista voidaan jatkossa tarkentaa mm. lisäämällä siihen tiedot lannoitushistoriasta ja salaojaverkostosta (Gburek ym. 2000, Uusitalo ym. 2001, Djodjic ym. 2002) sekä kehittämällä kasvinlajien indeksointia.

Tattarin, ruokohelven ja timotein arvioidut monimuotoisuusvaikutukset olivat suuret, mutta öljy- ja kitupellavan sekä rehuohran vaikutukset maaperämikrobeiden ja pölyttäjähönteisten runsauksiin olivat vähäisiä. Strategian B mukaisessa viljelysuosituksessa tattari, ruokohelpi ja timotei sijoittuivatkin yksipuolisen viljelyhistorian omaaville lohkoille. Pellavalajit ja rehuohra sijoittuivat strategiassa B viljelyhistorialtaan monipuolisille lohkoille.

Kasvilajien indeksointi monimuotoisuuden näkökulmasta on haastavaa. Tietyn kasvilajin monimuotoisuusvaikutukset voivat olla keskenään vastakkaiset eri eliöryhmissä, jolloin yhden eliöryhmän monimuotoisuutta lisäävä viljelykasvi voi samalla vähentää toisen eliöryhmän lajirunsautta (Keskitalo 2005). Toisaalta viljelykasvin vaikutus tietyn eliöryhmän monimuotoisuuteen voi peittyä rikkakasviston vaikutuksen alle (Huusela-Veistola ym. 2004).



Kuva 3. Eri valintastrategioiden mukaiset viljelysuositukset Lintupajun alueelle (vrt. Kuva 1). Strategia A pyrkii minimoimaan fosforikuormitusriskin pelloilta vesistöihin ja strategia B lisäämään peltoalueen monimuotoisuutta maaperän mikrobien ja pölyttäjähönteisten runsauksilla mitattuna. Strategia C on yhdistetty kaksi edellä mainittu strategiaa.

Yhdistelmästrategiassa C ehdotettiin tattaria, ruokohelpeä ja kuminaa viljeltäväksi lohkoilla, joilla fosforikuormitusriski on suuri ja viljelyhistoria on melko yksipuolinen. Peltoalueen läntisten lohkojen viljelyhistoria oli yleisesti ottaen monipuolisempi ja fosforikuormituksen riski keskimäärin alhaisempi kuin alueen itäosassa. Itäisille lohkoille strategia C ehdotti viljeltäväksi timoteitä, kitupellavaa ja rehuohraa. Viljelysuositus riippui kuitenkin voimakkaasti siitä, millainen painoarvo annettiin fosforikuormituksen minimoimiselle ja toisaalta monimuotoisuuden lisäämiselle.

Keskeistä onkin miettiä minkälaisia muuttujia fosforikuormituspotentiaalın vähentämisen ja monimuotoisuuden lisäämisen laskemiseksi tarvitaan, ja millaiset painoarvot viljelysuositusten pohjana oleville tekijöille annetaan. Painoarvot voisivat jatkossa vaihdella myös alueellisesti mm. siten, että lähellä vesistöjä painotetaan enemmän fosforikuormitusriskin minimointia kuin monimuotoisuutta. Kun mallissa jatkossa huomioidaan useampia viljelyyn vaikuttavia tekijöitä, korostuu painoarvojen määrittäminen entisestään. Nyt saadut tulokset kasvien käytöstä peltoympäristön ongelmakohtien hallinnassa eivät ole vielä käytäntöön sovellettavissa. Jatkossa kasvilajien indeksointia on tarkoitus kehittää ottamaan huomioon entistä kattavammin monimuotoisuuteen ja ympäristökuormitukseen vaikuttavat tekijät.

Paikkatietopohjainen ratkaisu on tehokas työkalu alueellisen vaihtelun ja maa-alueiden sopivuuden mallintamiseen. Kartografisessa mallissa pystytään yhdistämään ja analysoimaan alueellista vaihtelua kuvaavaa tietoa, joka on peräisin monista eri lähteistä ja kerätty eri mittakaavoissa, sekä esittämään tulokset selkeästi karttapohjalla. Työssä käytetyssä kartografisessa mallissa käytettiin interpolointia, luokittelua ja matemaattisia operaatioita valitsemaan fosforikuormituksen vähentämisen ja monimuotoisuuden edistämisen näkökulmasta sopivimmat kasvilajit peltolohkoille.

Mallin ennustavuutta ei ole tässä vaiheessa tutkittu. Se edellyttäisi mallin lohkokohtaisen fosforikuormitusennusteen ja valumavesien fosforipitoisuuksien vertaamista (Nyholm ym. 2003). Myös käytettyjen viljelyhistoriamuuttujien (reunojen osuus, viljelykasvilajiston monimuotoisuus lohkolla) ja eliöryhmien tai elinympäristöjen monimuotoisuuden välisen riippuvuuden selvittäminen on tarpeen mallin toimivuuden arvioimiseksi.

Kehitetty pilottiluonteinen malli on yksinkertainen ja jättää huomioimatta useita käytännön viljelyn näkökulmasta ensisijaisia tekijöitä, kuten sato- ja tuotto-odotukset sekä kasvilajien kasvupaikkavaatimukset. Myös kasvien indeksointimenetelmä vaatii tarkentamista, eikä tuloksia kasvien fosforikuormituspotentiaalın vähentämiseksi ja monimuotoisuuden lisäämiseksi voida soveltaa käytäntöön vielä tässä vaiheessa. Tarkoituksena on kuitenkin ollut luoda pilotti monimuotoisuuden ja ympäristötekijöiden huomioonottamiseksi viljelyn suunnittelussa, ja testata paikkatietopohjaista lähestymistä-

paa. Jatkossa menetelmää on tarkoitus monipuolistaa ja kehittää niin, että se huomioisi aiempaa monipuolisemmin kaikki viljelyyn keskeisesti vaikuttavat tekijät ja hyödyntäisi mahdollisimman pitkälle tilalla viljelijän toimesta kerätävää tietoa, jolloin siitä voisi muodostua myös käytännön työkalu tiloille.

Kirjallisuus

- Carsjens, G.J. & Knaap, W. van der. 2002. Strategic land-use allocation: dealing with special relationships and fragmentation of agriculture. *Landscape and Urban Planning* 58: 171-179.
- Djodjic, F., Montas, H., Shirmohammadi, A., Bergström, L. & Ulén, B. 2002. A decision support system for phosphorus management at a watershed scale. *Journal of Environmental Quality* 31: 937-945.
- Granlund, K., Rekolainen, S., Grönroos, J. Nikander, A. & Laine, Y. 2000. Estimation of the impact of fertilisation rate on nitrate leaching in Finland using a mathematical simulation model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80: 1-13.
- Gburek, W.J., Sharpley, A.N., Heathwaite, L. & Folmar, G.J. 2000. Phosphorus management at the watershed scale: A modification of the phosphorus index. *Journal of Environmental Quality* 29: 130-144.
- Hakala, K. & Keskitalo, M. 2006. Erikoiskasvien juuriston ja ravinteiden allokoinnin monimuotoisuus. Teoksessa: Hopponen, A. (toim.). *Maataloustieteen Päivät 2006, 11.-12.1.2006 Viikki, Helsinki* [esitelmät ja posterit]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 21: 5. <http://www.smts.fi/pos06/0205.pdf>. Julkaistu 9.1.2006.
- Huusela-Veistola, E., Helenius, J., Kinnunen, H., Tiainen, J. & Tiira, M. 2004. Viljelykasvustojen selkärangattomat eläimet. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita. s. 112-127.
- Hyvönen, T. & Salonen, J. 2004. Peltojen rikkakasvillisuus. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita. s. 84-97.
- Ikonen, A., Thessler, S. & Ruokokoski, P. 2005. Paperikartoista paikkatietoa-aineistoiksi: MTT:n maataloudelliset maaperäkartat mittakaavassa 1:20 000. *Positio* 3: 18-19.
- Keskitalo, M. 2005. Monikasvi-tutkimuksen viljelykasveihin liittyvä julkaisematon tulos.

- Keskitalo, M., Eriksson, C., Hakala, K., Ikonen, A., Kaipainen, S., Kurppa, S., Palojärvi, A., Soini, K., Turunen, H. & Vuorio, H. 2006. Kohti monimuotoista viljelyä erikoiskasvien avulla. Teoksessa: Hopponen, A. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2006, 11.-12.1.2006 Viikki, Helsinki [: esitelmät ja posterit]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 21: 8 s. (esitelmätiivistelmä). <http://www.smts.fi/esit06/2302.pdf>. Julkaistu 9.1.2006.
- Kuussaari, M., Hyvärinen, M. & Luoto, M. 2004. Ympäristön laatu ja populaatioiden elinvoimaisuus. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita. s. 234-247.
- Luoto, M., Kuussaari, M. & Toivonen, T. 2004. Maisemarakenteen merkitys luonnon monimuotoisuudelle. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita. s. 174-189.
- Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.). 2006. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2006. MTT Taloustutkimus, julkaisuja 106. 96 s.
- Nisar Ahamed, T.R., Gopal Rao, K. & Murthy, J.S.R. 2000. GIS-based fuzzy membership model for crop land suitability analysis. *Agricultural Systems* 63: 75-95.
- Nyholm, A-M., Jansson, H., Purunummi, N., Nyholm, R., Ala-Opas, P., Hakala, I., Huitu, E., Mäkelä, S., Tulonen, T. & Arvola, L. 2003. Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointia. *Maa- ja elintarviketalous* 38. 75 s.
(https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/MTT/JULKAISUT/MAA_JA_ELINTARVIKETAALOUS/VK_2003/met38.pdf)
- Närvänen, A., Purunummi, N. & Jansson, H. 2003. Vesistökuormituskartoitus Etelä-Pirkanmaan alueella. MTT:n selvityksiä 41. 29s.
(https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/MTT/JULKAISUT/MTT_SELVITYKSIÄ/VK_2003/MTTS41.PDF)
- Palojärvi A., Kaipainen, S. & Peura, S. 2007. Kasvien ritsosfäärimikrobiston monimuotoisuus ja sen hyödyntäminen. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. *Maa- ja elintarviketalous* 110. Jokioinen: MTT. s. 153-163.
- Tiainen, J., Holopainen, J., Seimola, T., Ekroos, J., Piha, M. & Vepsäläinen, V. 2004. Maatalousympäristön pesimälinnuston seuranta. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. *Suomen ympäristö* 709. s. 92-109.
- Tokola, T. & Kalliovirta, J. 2003. Paikkatietoanalyysi. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 34. 185 s.

Tomlin, D. 1990. Geographic information systems and cartographic modeling. Prentice Hall. 249 s.

Uusitalo, R., Tuhkanen, H-R. & Yli-Halla, M. 2001. Viljelijöille työkalu fosforikuormituksen hallintaan. Ympäristö ja terveys 32(5): 70-73.

Elintarvikkeiden kulutuksen ja maankäytön yhteydet monimuotoisuuteen

Sirpa Kurppa

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, 31600 Jokioinen, sirpa.kurppa@mtt.fi

Tiivistelmä

Kansainvälisesti maaseutualueiden monimuotoisuuteen vaikutetaan kaikkein eniten ruokahuollon rakenteellisen kehityksen ja ruokaraaka-ainevalintojen, eli viime kädessä dieetin diversiteetin, kautta. Monimuotoisuuden säilymisen kannalta paras valinta olisi paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneista lajeista ja lajikkeista koostuva kasvispainotteinen ja vuodenaikaisvaihteluihin mukautuva ruokavalio, jota täydennettäisiin laajaperäisesti tai luonnonmukaisesti tuotetuilla eläintuotteilla. Monimuotoisuuden lisäksi tällainen dieetti olisi todennäköisesti myös terveyden ja jopa sosioekonomisen monimuotoisuuden ja laajan tason yhteiskunnallisen kestävyuden kannalta paras valinta.

Biodiversiteettiä ja sosioekonomista monitoimisuutta tukevat perusrakenteet ovat keskus-reuna-alueajatteluineen, verkostolinkityksineen sekä erikoisasema- ja klusterirakenteineen yllättävät yhteneväiset. Luonnossa biodiversiteetti on uusien kombinaatioiden perusta, yhteiskunnallisessa kontekstissa puolestaan innovatiivisten ratkaisujen lähde ja vaihtoehtoisten raaka-aineiden niukkuustilanteessa jopa hintasuhteiden tasapainottaja.

Biodiversiteettiarvojen hyödyntämiseen tulisi pikaisesti löytää sopiva etene mismalli. Kokonaisvaltaiseen maaseutuelinkeinotoiminnan laatuarviointiin kehitetty just-in-space-käsite voisi tarjota mallille pohjan. Millennium-raportin ekosysteemitason toimintasuunnitelmavaihtoehto ”sopeutuva mosaikki” (adaptive mosaic) on yksi hyvä kuvaus monimuotoisuutta korostavasta toimintakehyksestä.

Avainsanat: monimuotoisuus, biodiversiteetti, niche, erikoistuote, sosioekonomia, verkosto, klusteri, paikallisuus, kestävyys, innovaatio, elintarvikkeet, terveellisyys, terveys, ympäristö

Interrelatedness of food consumption and agricultural land use and the impact on rural biodiversity

Sirpa Kurppa

MTT Agrifood Research Finland, Biotechnology and Food Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, sirpa.kurppa@mtt.fi

Abstract

Rural biodiversity is significantly affected worldwide by decisions concerning the structural development of global food services and the choices of raw material production for food by choice of diet. To enhance biodiversity and promote its value, optimal choices might be based on selecting diet according to available plant raw materials and supplementing it with animal-based products from extensive or organic production. This type of diet would benefit not only biodiversity but also social sustainability and human health. The basic theoretical structures underlying biodiversity and socio-economic sustainability are surprisingly analogical, including issues such as ecological and socio-economic edges, resilience, networking, niches and cluster theory. In nature biodiversity enhances new combinations; in society, diversity forms a base for initiation of new ideas and enhances innovations. In the context of an immediate need for alternative raw materials, diversity might even balance the increase in costs. The just-in-space approach has been shown to facilitate public action in support of social sustainability and environmental conservation. If carefully implemented, this approach could form a basis for linking biodiversity with commodity markets. The theme of adaptive mosaic in the Millennium ecology approach represents a good framework for supporting rural biodiversity.

Key words: biodiversity, diversity, niche, special product, socio-economy, networking, cluster, adaptive, locality, global, sustainable, innovation, food, rural, health, environment, just-in-space

Johdanto

Tämän artikkelin tarkoituksena on tarkastella peltokasvituotannon monimuotoisuuteen liittyviä näkökulmia kansainvälisessä viitekehyksessä ja suhteessa maankäytön sekä elintarvikekulutuksen kehitystrendeihin. Tarkastelussa on pyritty ottamaan huomioon nimenomaan kansainvälisesti kaikkein vaikuttavimmat kehitystrendit.

Aloitetaan tarkastelu ”ruohonjuuritasolta”, maataloudellisen tuotantoekosysteemin sisältä. Tuotantoekosysteemin sisäisen dynamiikan ja tasapainon on osoitettu itsestään selvästi riippuvan kyseisen kohteen eliölajiston monimuotoisuudesta. Myös erilaisten kasvintuotannon tuotantomuotojen ja monimuotoisuuden välinen yhteys sekä ekosysteemin monimuotoisuuden kohennuskeinot on tieteellisesti kuvattu (Altieri 1999). Tuotantosuunnan monimuotoisuuden ja tuotantoalueen maisemallisen ja habitaattitason monimuotoisuuden välinen yhteys on osoitettu toistuvasti varsinkin tavanomaisen ja luomuviljelyn välisten vertailujen yhteydessä (Mansvelt ym. 1998, Hansen 2001). Maankäytön ja monimuotoisuuden väliset kehityssuhteet on kartoitettu Euroopan tasolla neljän erilaisen skenaarion valossa, vuoteen 2030 (Reidsma ym. 2006). Tämän tarkastelun yleisenä johtopäätöksenä esitetään, että Euroopassa maatalousalueiden monimuotoisuutta voidaan paremmin lisätä viljelymenetelmiä ympäristömyötäistämällä kuin siirtämällä maata suojelukäyttöön ja samalla tehostamalla viljelyä pienemmillä viljelyaloilla. Johtopäätös on kuitenkin varsin voimakas yleistys; eri toteutusmuotojen monimuotoisuusvaikutukset ovat todennäköisimmin paikkakohtaisia.

Tuotannon ohella maatalous muodostaa elinympäristöjä sekä tuotannossa mukana oleville että tuotannon ulkopuolisille ihmisille. Katriina Soini (2007) on väitöskirjassaan kuvannut maaseudun asukkaiden suhdetta monimuotoisuuteen ja todennut, että ympäristöhuolet ja toimenpiteet kohdistuvat kuitenkin ensisijaisesti maataloustuotantoympäristön ulkopuolelle; metsiin, vesistöihin ja rakennettuun ympäristöön. Keith Halfacree (2006) on vienyt maatalouden tuotantoympäristön bioregionaaliseen - teollistieteelliseen vertailukenttään, jossa bioregionaalinen korostaa suojelua, omavaraisuutta, yhteistyötä, hajautettuja rakenteita ja täydentyvyyttä, monimuotoisuutta, symbioosia ja monipuolista tuotantorakennetta. Teollistieteellinen ote puolestaan korostaa luonnonvarojen hyödyntämistä, globaalia taloutta, kilpailua, keskitämistä, hierarkkisia rakenteita, polarisaatiota ja monokulttuuria. Esimerkkinä on brittiläinen maaseutu, johon Halfacree hahmottaa radikaalia muutosta, rakenteiden ja yhteiskunnallisten toimintojärjestelyjen kautta. Australiasta on julkaistu mielenkiintoinen maatalojen toiminta-ajatuksen mukainen jako tuotantoa, kuluttajaa ja luonnonsuojelua painottaviin kuuteen tilatyypin: 1) tuotantoon keskittyvät, 2) maaseudun tuotteistamiseen keskittyvät, 3) monitoimiset (edellisten yhdistelmä), 4) metropolialueiden rajapinnassa toimivat

intensiivisen kulutuksen palveluun keskittyvät, 5) marginalisoituvat tuotannon ja luonnonsuojelun integroimiseen keskittyvät ja 6) luonnonsuojeluun keskittyvät ja sisäisiä arvoja korostavat maatilat (Holmes 2006). Stankey ja Shindler (2006) ovat puolestaan pohtineet harvinaisten ja vähän tunnettujen eliölaajien yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä selvittelemällä suojelun yhteiskunnalliseen hyväksyttävyyteen liittyviä taustatekijöitä ja hyväksynnän pohjalle rakennettavia politiikkatoimia. He korostavat hyväksyttävyyden merkitystä biodiversiteetin säilyttämisessä.

Kanadassa, hyvin suomalaisiakin olosuhteita muistuttavilla alueilla Winnebegin järviolueella, Manitobassa ja Ontariossa sekä Brittiläisessä Kolumbiassa, monimuotoisen ympäristön merkitystä on tutkittu myös ihmisyhteisöjen elinvoiman ja kestävyyskannalta (Turner ym. 2003). Ekologisten ympäristötyyppien raja-alueilla olevilla yhteisöillä on ainakin teoreettisesti osoitettu olevan saavutettavissaan teknisesti, mutta myös taloudellisesti monipuolisemmin ja joustavammin hyödynnettäviä resursseja. Tällaisten yhteisöjen on osoitettu myös aktiivisesti ylläpitävän 'reuna-alueita', jotka tarjoavat heidän elämäänsä taloudellista ja henkistä joustoa ja palautuvuutta. Äärialueilla ja reunoilla elävät yhteisöt eivät siten välttämättä itsestään selvästi ole keskus-alueita heikommassa asemassa, eikä ydin- ja reuna-alueiden tasapäästämis-toimenpiteillä välttämättä saavuteta positiivisia tuloksia. Edellä kuvattu ilmiö voidaan viedä myös elintarvikkeiden tuotannon asiayhteyteen ja olettaa myös ruokakulttuurin tuollaisilla raja-alueilla olevan keskittymäalueita monimuotoisempaa.

Maatalouden monimuotoisuus liittyy myös perinteiden hyödyntämiskulttuuriin ja tälle pohjalle rakentuviin taloudellisiin toimintoihin. Tässä kontekstissa maataloudella on vahva alueellinen leima ja se integroituu vahvasti tuotantovirrassa ylöspäin (Courtney ym. 2006).

Biodiversiteetille löytyy analogia verkostotalouden näkökulmasta. Verkostotaloudessa on osoitettu heikkojen linkkien olevan laajan verkoston elinehto. Heikot linkit muodostuvat juuri keskittymien ulkolaidoille ja ylläpitävät verkoston monimuotoisuutta ja yhdistävät erilaisia osa-alueita toisiinsa (Csermely 2006). Myös yksilöiden tasolla ympäristön biodiversiteetti voidaan käsittää erilaisten habitaattien välisenä verkostona, joista muodostuu ympäristön kokonaiskuva (Soini 2007). Tästä näkökulmasta "heikot" linkit, kuten aikaisemmin kuvatut reuna-alueetkaan, eivät kokonaisuuden kannalta ole ollenkaan merkityksellisiä.

Biodiversiteettiin liittyvä taloudellinen ohjaus on osoittautunut varsin ongelmalliseksi ja toteutuvan vain monipuolisen ohjaus- ja tukiohjelman avulla (McNeely 2006). McNeely'n pääjohtopäätös on, että biodiversiteetin suojelu voi onnistua vain siten, että suojeluun liittyy taloudellinen kannattavuus. Hän nostaa myös vihreän biodiversiteettimarkkinoinnin yhdeksi mahdollisuudeksi. Tisdell ja Seidl (2004) kuvaavat paikallisen, alueiden välisen ja globaalien

markkinoiden diversiteetin dynamiikkaa ja arvioivat erikoistuote- (niche) markkinoiden asemaa ja merkitystä, vertaamalla samalla ekologista ja ekonominen diversiteettikäsitystä. Heidän käsityksensä mukaan niche – markkinoiden suuri merkitys on niiden innovatiivisuutta ruokkivassa luonteessa. Niche – markkinat hyödyntävät valinnaisia raaka-aineita innovatiivisella tavalla, tasoittavat tällä tavoin kilpailua raaka-aineiden saannin osalta, ja pääasiassa raaka-aineiden niukkuustilanteessa voivat jopa tasata pitkällä aikavälillä hintakilpailua. Niche – markkinat eivät toimi muutoin kuin kysyntälähtöisinä; kansainvälisessä kilpailussa monopoliasemaan päässeet tuotantoketjut sen sijaan muuttuvat tarjontalähtöisiksi ja samalla tuotediversiteetti supistuu.

Kansainväliset trendit

Vahva biodiversiteettiä uhkaava maankäyttöesimerkki on löydettävissä mm. nopeasti kehittyvillä alueilla, väkirikkaassa Intiassa ja Kiinassa. Siellä globalisaation on osoitettu aiheuttavan maanomistuksen keskittymistä pieniltä maataloilta suurien yritysten haltuun (Shiva 2004, Pingali 2006). Kansainväliset elintarvikeyritykset solmivat suoria sopimuksia paikallisten viljelijöiden kanssa ja samalla muuttavat sopimusviljelyn kautta viljelykulttuurin sekä viljeltävän tuotantokasvilajiston ja lajikkeiston mieleisempään. Sopimusviljelyllä haetaan ”hajautetun” suurtuotannon etuja ja keskitetyn kaupan palveluvalmiutta. Tämä on paikallista tuotantokasvibiodiversiteettiä kohtaan kasvava uhka, ja saman tien tämä kehitys uhkaa muuttaa, ruokaraaka-aineiden tuotantokulttuurin ja kaventuvan ruokatarjonnan kautta, myös ruokakulttuurin. Siitä, että ruokakulttuuri kansainvälisellä tasolla koko ajan kapenee, on olemassa jo hyvin selvää näyttöä (Deumling ym. 2003, Mendez & Popkin 2004).

Kansainvälinen elintarvikekulutus keskittyy voimakkaasti eläinperäisten tuotteiden käyttöön kasvipärisien tuotteiden sijasta (Schmidhuber 2004). Samalla ruokaraaka-aineiden tuotantoon liittyvä veden tarve moninkertaistuu, ja veden niukkuus edelleen ohjaa tuotantoa yksipuolisempaan, korkeamman tuottotavoitteen omaavien raaka-aineiden viljelyyn. Niukasti vettä omaavat alueet, myös kehitysmaat, siirtyvät entistä enemmän rehuraaka-aineiden tuottajiksi. Edellä kuvatun kehityksen yhteydessä kansainvälinen elintarvikekulutus ei suinkaan ole muuttumassa terveellisempään suuntaan, vaan kansainväliset, ruokaan liittyvät terveysongelmat kasvavat hämmästyttävää vauhtia. Muutamissa kehitysmaissa ollaan siirtymässä aliravitsemuksen ongelmasta kahtiajakoiseen tilanteeseen: yhtäällä aliravitsemuksen ja toisaalla liikalihavuuden ongelmaan, ja hyvinvointivaltioissa liikalihavuus yleisty kova vauhtia.

Suuria ihmismassoja palvelevat eläintuotteita tuottavat yksiköt pyritään keskittämään ihmisten läheisyyteen suuriksi yksiköiksi. Nämä taas tarvitsevat eläinten ruokintaan suuria kasvipärisiä rehumääriä. Rehu pyritään kehittä-

mään mahdollisimman tiivistettyyn muotoon ja hankkimaan sen raaka-aine tehokkaasti isoista kasvintuotantoyksiköistä. Tällainen suurtuotannon etuja hakeva menettely erottaa kotieläintuotannon ja kasvinviljelyn, ja muuttaa molemmat mahdollisimman yksipuolisiksi. Keskittyvä kasvintuotannon monokulttuuri vaikuttaa biodiversiteettiin peltokohtaisten maankäytön muutosten (Gerbens-Leenes & Nonhebel 2005) ohella myös välillisesti viljelyalueen ulkopuolella nimenomaan kuluttamalla niukat vesivarat taloudellisesti vähempiarvoisten kasvien käytöstä.

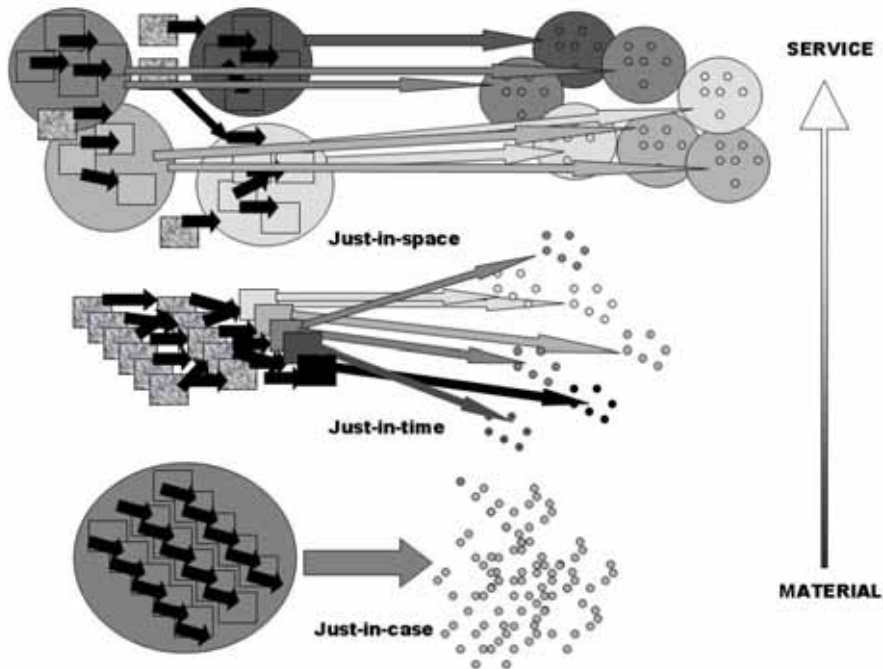
Energian niukkuuden kasvu ja peltobioenergian tuottaminen tulee vaikuttamaan pellon käyttöarvoon olennaisesti. Energiaomavaraisuuden lisääntyessä elintarvikeraaka-aineiden tuotanto ei ole kilpailemassa teollisuuden kanssa samoista energialähteistä. Kuitenkin pellon siirtyminen energiatuotantoon aiheuttaa välillisesti vähenevien peltohehtaarien tuottoarvotavoitteiden nousua ja sen myötä ohjaa ja yksipuolistaa maankäyttöä korkeatuottoisten kasvien ja lajikkeiden suuntaan. Tämä saattaa olla biodiversiteetin kannalta uhka, vaikka energiakasvit, varsinkin monivuotiset muodot, joissakin tapauksissa osaltaan lisäävät tuotantoalueen biodiversiteettiä.

Erikoiskasvien potentiaalinen merkitys

FAO on nostanut biodiversiteetin ja ravitsemuksen välisen yhteyden vahvasti esille ja ehdottaa jopa ruokavalmisteiden merkintää tavalla, joka muistuttaisi kuluttajia tuotantoeläinten ja kasvien monimuotoisuudesta (Toledo & Burlingame 2006). Myös IFPRI yrittää kehittää erikoiskasvien hyödyntämistä, varsinkin kehitysmaiden olosuhteissa (Gruère ym. 2006). Vastaava kehittämisote FAO:n piirissä on HVAT eli korkea-arvoiset maataloustuotteet (High value agricultural products) (Davis 2006). Suurimmiksi pullonkauloiksi edellä mainituissa yrityksissä on todettu markkinoiden identifiointiin liittyvät ongelmat ja markkinoiden hajanaisuus. Koska kyseessä on kansainvälinen ongelma, tässä saattaisi olla kansainvälisesti verkostoivan yhteistyön tarvetta. Kun materiaalmäärät ovat pieniä, jopa prosessointi voitaisiin tehdä eri tavoin erilaistettuna eri puolilla yhteistyöverkostoja. Lopputuotteena olisivat spesifiset erikoistuotteet, markkinoitavaksi asiakkaille eri puolilla verkostoa.

Mutersbaugh (2005) on esittänyt lähinnä tuotevastuun ja kokonaislaatuarvioinnin puolelta mielenkiintoisen käsitteen just-in-space. Käsite muodostaa tavallaan jatkumon massatuotantoidealle (just-in-case) ja asiakassuuntautuneelle ja kohdistetummalle just-in-time käsitteille. Just-in-space rakentuu nimenomaan työn tekemisen paikallisen laadukkaan sovelluksen ja paikallisesti määriteltujen laatukriteerien varaan. Tässä on väistämättä myös tuotantoympäristön laatu mukana. Just-in-space laatuarviointia ei tehdä yhtenäisesti sovittujen tai erilaisten minimikriteerien avulla vaan yksilöidyn laatukokonaisuuden kautta. Laatuarviointi on tietyllä tavalla ”puolijulkinen”. Tuotannon monimuotoisuuteen sitoutuvaa laatua on mahdoton arvioida minimikri-

teerein. Näinpä just-in-space voisi olla sovelluspohja, jonka avulla monimuotoisuusarvo voitaisiin esiintuoda markkinoille, yhtäläillä kuin edeltävien toiminnan laatua kuvaavien menetelmien markkinoille tuontia on toteutettu ensin just-in-case, sitten just-in-time ja viimeiseksi just-in-space mallin pohjalta. Mutersbaugh käytti jo omassa just-in-space työssään esimerkkinä Starbucksin kahvia (Mutersbaugh 2005).



Kuva 1. Just-in-case noudattaa massatuotannon etuja ja tuottaa vakiolaatuisia tuotteita tai palvelua suurelle keskimääräistä/yleisesti sovittoa vaatimustaso edustavalle asiakasjoukkoille, just-in-time järjestelmä tuottaa asiakkaalle vakiolaatuisia ja toimintadynamiikan kannalta oikea-aikaista tuotetta tai palvelua, just-in-space järjestelmä tuottaa erilaisille asiakasryhmille kokonaisuudeltaan sopimuksenmukaista erilaistettua tuotetta tai palvelua. Just-in-case toimintamalli on materiaalikeskeinen, just-in-time toimintamalli materiaali ja palveluaikakeskeinen ja just-in-space toimintamalli asiakaslähtöisesti erityislaatu-/kokonaispalvelukeskeinen. Just-in-space tuotantomalli saattaa olla mahdollisuus biodiversiteettiä erilaistettujen tuotteiden ja palvelujen markkinointiin. (Asian esitys perustuu Mutersbaugh'n 2005 esittämään teoriaan.)

Raportoitavana olevassa tutkimusosiossa ”Lisäarvoa monimuotoisesta kasvinviljelystä” erikoiskasviesimerkkeinä olivat yksivuotisista kasveista: kinua (*Chenopodium quinoa*), kitupellava eli ruistankio eli camelina (*Camelina sativa*), tattari (*Fagopyrum esculentum*), öljyhamppu (*Cannabis sativa*) ja öljypellava (*Linum usitatissimum*), ja kaksi- tai monivuotisista kasveista: kumina (*Carum carvi*), nokkonen (*Urtica dioica*), ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) ja värimorsinko (*Isatis tinctoria*). Näistä kinua mainitaan myös IFPRI:n esimerkkilajien joukossa (Gruère ym. 2006), ja muutkin esimerkkilajimme kuuluvat ilmiselvästi kansainvälisesti pienimerkityksisiin erikoiskasveihin ja potentiaalsiin lisäarvotuotteiden raaka-ainelähteisiin kansainvälisellä tasolla.

Diaz ja Cabido (2001) ovat nostaneet esille hyvin mielenkiintoisen vertailun monimuotoisuuden rakenteen merkityksestä ja osoittaneet että aggregaattirakenteiksi muotoutunut monimuotoisuus tuottaa kaikkein suurimman toiminnallisen (funktionaalisen) biodiversiteetin. Tämä on yllättävän analoginen sitten yhteiskunnalliselle havainnolle, jolla perustellaan nykyisiä yhteiskuntatalouden klusterirakenteita (omalla tavallaan aggregaatteja), joiden avulla pyritään monitoimisuuteen ja innovatiivisten toimintaympäristöjen luomiseen (D.E.L.O.S.). Tätä lähestymistapaa on sovellettu ainakin sardinialaista vuohituotantoa analysoitaessa osoittaen klusterinäkökulman avulla, mitä erilaisia talouden verkostoja Sardinialta löytyy. Kyseisen hankkeen loppupäätelmissä on korostettu strategian merkitystä luonnollisuuteen ja ekstensiivisyyteen liittyvän tuotannon lisäarvon realisoinnissa markkinoilla ja tuotannon kannattavuudessa (Usai ym. 2006).

Suomalaisen lähiruokatutkimuksen johtopäätöksissä todetaan: ”Lähiruoan edistämistä voidaan paikallisesti perustella sekä taloudellisilla että ympäristöhyödyillä. Muutokset ovat kuitenkin melko pieniä, jos ne suhteutetaan ihmillisen toiminnan kaikkiin ympäristövaikutuksiin alueella tai koko aluelouteen. Koska maatalousvaltaiset ja harvaan asutut alueet tuottavat suurelta osin ruoan myös kaupunkiväestölle, lähiruoan käytön lisääntyminen maaseudulla ei välttämättä merkittävästi vähennä ympäristökuormitusta” (Seppänen ym. 2006). Kyseisessä tutkimuksessa tarkasteltavina ympäristövaikutusluokkina olivat: vaikutus maisemaan, ravinnekuormituspotentiaaliin, kaasumaisiin päästöihin ja energiankäyttöön. Erityisesti biodiversiteettiä vaikutuksia ei arvioitu nimenomaan sen tähden, että näiden vaikutusten arviointiin ei ole olemassa yhteisesti sovittuja menetelmiä. Biodiversiteetin säilytystavoitteita ei voidakaan suoranaisesti käyttää lähiruoan suosimisen perusteena, mutta monipuolisesti raaka-aineresursseja hyödyntävää elintarvikehankintaa voidaan ilmiselvästi pitää biodiversiteettiä hyödyntävänä, myös kansainvälisesti vastuullisessa ruokataloudessa. Kaikkein käytännöllisin tapa korostaa luonnonvarojen monipuolista hyödyntämistä olisi tehdä se kulutuspaikan läheisyydessä, koska ruokaraaka-aineiden kuljettamisesta ei ainakaan mitään ympäristöllistä lisäarvoa tule.

Paikallisuuteen perustuvia, lähituotteisiin ja palveluihin pyrkiviä rakenteita ei kuitenkaan voida missään tapauksessa suoraviivaisesti pitää kestävinä. Kestävyystavoite saattaa hukkua, jos alueelliset toiminnot joudutaan toteuttamaan perinteisten voimakkaiden päätuotevirtojen ja markkinoijien ehdoilla (Ilbery & Maye 2005) tai alueellinen tuotantostrategia on ristiriidassa käytettävissä olevien luonnonvarojen kanssa. Suomalaisesta maataloustuotannosta on ylläpidetty itseoikeutettua poikkeuksellisen ympäristömyötäistä (ekologista) mielikuvaa perinteisen intensiivisen tuotannon viitekehityksessä, mutta eri maiden välisissä vertailuissa edellä kuvatulle mielikuvulle on tosiasiasa vaikea löytää perusteita ympäristökuormituksia tai energiataloutta vertaamalla. Biodiversiteettinäkökulma tulee avuksi positiivisen mielikuvan rakentamisessa suomalaisista/kotimaisista tuotteistamme, kunhan mittausmenetelmät saadaan kansainvälisesti sovittua. Biodiversiteetinkään kautta suomalainen tuotanto ei saa itseoikeutettua erityisasemaa, vaan biodiversiteettihyötyjen realisointi ja konkretisointi edellyttävät asiantuntevaa luonnonvarojemme monimuotoista hyödyntämistä meidän olosuhteisiimme räätälöidyin toimintamallein. Tutkimusosiossa vertailtavana olleista kasveista ainakin kumina ja kamelina ovat osoittautuneet lupaaviksi erikoiskasveiksi, vaikka niiden ympärille muodostettujen tuotteistamiskonseptien suunnittelussa ei vielä ole ylletty kokonaisvaltaisen, myös monimuotoisuusmerkityksiä huomioonottavan suunnitteluotteen tasolle.

Kirjallisuus

- Altieri, M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Courtney, P., Hill, G. & Roberts, D. 2006. The role of natural heritage in rural development: An analysis of economic linkages in Scotland. *Journal of Rural Studies* 22: 469-484.
- Csermely, P. 2006. Weak Links: Stabilizers of Complex Systems. From proteins to Social networks. Springer.
- Davis, J.R. 2006. How can the poor benefit from the growing markets for high value agricultural products? High Value Agricultural Products Workshop. Author revised pre-edition version. Saatavissa internetistä: www.nri.org.
- D.E.L.O.S. – Developing Learning Organisation models in SME clusters. Final Report. 124 s. Saatavissa internetistä: http://improvingser.jrc.it/default/show.gx?Object.object_id=TSER---0000000000005E0&_app.page=show-TSR.html.
- Deumling, D., Wackernagel, M. & Monfreda, C. 2003. Eating up earth: How sustainable food systems shrink our ecological footprint. Saatavissa internetistä: www.RedefiningProgress.org.

- Diaz, S. & Cabido, M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution* 16: 646-655.
- Gerbens-Leenes, W. & Nonhebel, S. 2005. Food and land use. The influence of consumption patterns on the use of agricultural resources. *Appetite* 45: 24-31.
- Gruère, G., Giuliani, A. & Smale, M. 2006. Marketing Underutilized Plant Species for the Benefit of the Poor: A Conceptual Framework. EPT Discussion Paper 154. (IFPRI International Food Policy Research Institute)
- Halfacree, K. 2005. Trial by space for a 'radical rural': Introducing alternative localities, representations and lives. *Journal of Rural Studies*. Painossa.
- Hansen, B., Alroe, H.F. & Kristensen E.S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Review. Agriculture, Ecosystems and Environment* 83: 11- 26.
- Holmes, J. 2006. Impulses towards a multifunctional transition in rural Australia: gaps in the research agenda. *Journal of Rural Studies* 22: 142-160.
- Ilbery, B. & Maye, D. 2005. Food supply chains and sustainability: evidence from specialist food producers in the Scottish/English borders. *Land Use Policy* 22: 331-344.
- Mansvelt, J.D. van, Stobbelaas, D.J. & Hendriks, K. 1998. Comparison of landscape features in organic and conventional farming systems.
- McNeely, J. 2006. Using economic instruments to overcome obstacles to in situ conservation of Biodiversity. *Review. Integrative Zoology* 1: 25-31.
- Mendez, M.S. & Popkin, B.M. 2004. Globalization, Urbanization and Nutritional Change in the Developing World. *Journal of Agricultural and Development Economics* 1: 220-241.
- Mutersbaugh, T. 2005. Just-in-space: Certified rural products, labor of quality, and regulatory spaces. *Journal of Rural Studies* 21: 389-402.
- Pingali, P. 2006. Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: Implications for research and policy. *Food policy*. Painossa. Saatavissa internetistä: www.sciencedirect.com.
- Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M. & Alkemade R. 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 80-102.
- Schmidhuber, J. 2004. The growing Global Obesity Problem: Some Policy Options to Address It. *Journal of Agricultural and development. Economics* 1: 272-290.

- Seppänen, L., Aro-Heinilä, E., Helenius, J., Hietala-Koivu, R., Ketomäki, H., Mikkola, M., Risku-Norja, H., Sinkkonen, M. & Virtanen, H. 2006. Paikallinen ruokajärjestelmä: ympäristö- ja talousvaikutuksia sekä oppimishaasteita Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti. Raportteja 9. 116 s.
- Shiva, V. 2004. The future of food: countering globalisation and recolonisation of Indian agriculture. *Futures* 36: 715-732.
- Soini, K. 2007. Beyond the ecological hot spots: Understanding local residents' perceptions of biodiversity of agricultural landscapes. *Annales Universitatis Turkuensis. Biologia-Geographica_Geologica – SER All TOM*. 206 s.
- Stankey, G.H. & Shindler, B. 2006. Formation of Social Acceptability Judgments and Their Implications for management of Rare and Little-Known Species. *Conservation Biology* 20: 28-37.
- Tisdell, C. & Seidl, I, 2004. Niches and economic competition: implications for economic efficiency, growth and diversity. *Structural Change and Economic Dynamics* 15: 119-135.
- Toledo, À. & Burlingame, B. 2006. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. *Commentary. Journal of Food Consumption and Analysis* 19: 477-483.
- Turner, N.J., Davidson-Hunt, I.J. & O'Flaherty, M. 2003. Living on the Edge: Ecological and Cultural Edges as Sources of Diversity for Social-Ecological Resilience. *Human Ecology* 31: 439-461.
- Usai, M.G., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S. & Carta, A. 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia.

3. Monimuotoisuusindikaattorit

Linnut maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorina

Juha Tiainen¹⁾, Jukka Rintala¹⁾, Jyrki Holopainen¹⁾, Markus Piha²⁾,
Tuomas Seimola¹⁾, Ville Vepsäläinen²⁾ ja Risto A. Väisänen²⁾

¹⁾Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, PL 2, 00791 Helsinki, juha.tiainen@rktl.fi,
jukka.rintala@rktl.fi, jyrki.holopainen@rktl.fi, tuomas.seimola@rktl.fi

²⁾Helsingin yliopisto, Luonnontieteellinen keskusmuseo, PL 26 (Teollisuuskatu 23), 00014
Helsingin yliopisto, markus.piha@helsinki.fi, ville.vepsalainen@helsinki.fi,
risto.vaisanen@helsinki.fi

Tiivistelmä

Artikkelissa esitetään alustava versio maatalousympäristön lintuindikaattorisista, joka perustuu laajoihin ja pitkäaikaisiin pesimälintulaskentoihin. Lintuihin pohjautuva luonnon monimuotoisuuden indikaattori koostuu useista osaindikaattoreista, jotka lasketaan lajikohtaisista kannanmuutosindekseistä ekologia ryhmittelyjä käyttäen. Ryhmittelyjä voidaan luoda sen mukaan, mihin indikaattoria tarvitaan. Se voi vastata esimerkiksi kysymyksiin maatalouden ympäristöohjelman toimenpiteistä tai muiden maatalous- tai ympäristöpoliittisten päätösten vaikutuksesta.

Ekologisen ryhmittelyn avulla arvioidaan eri ympäristötekijöiden osuutta monimuotoisuuden kehitykseen. Lintuindikaattori kuvaa aiemman kehityksen ja tiivistää monitahoisen seuranta-aineiston ”helposti” tulkittavaan muotoon. Tulkinnan vaivattomuus riippuu kuitenkin siitä, kuinka syvällisesti indikaattorin rakenne ja käyttäytyminen tunnetaan. Lintuindikaattorin avulla voidaan tunnistaa sellaisia ympäristön muutoksia, jotka vaikuttavat linnustoon tai yksittäisiin lajeihin ja siten luonnon monimuotoisuuteen. Valmis indikaattori ilmentää maatalouden vaiheita 1930-luvulta lähtien. Vuosittainen indikaattori taas heijastelee velvoitekesannoinnin ja kansallisten maatalouden ympäristöohjelmien vaikutuksia 1980-luvulta lähtien. Niitä analysoidaan hankkeen tulevissa julkaisuissa.

Indikaattorin avulla voidaan myös havaita ennestään tuntemattomia ympäristöuhkia. Lintuindikaattori on muiden indikaattorien tavoin hälytysjärjestelmä. Se osoittaa yksityiskohtaisten populaatioekologisten tutkimusten tarpeita. Indikaattorin käyttäytyminen muotoutuu siihen kuuluvien lajien kannanvaihteluiden mukaan. Muutoksista eivät kuitenkaan suoraan käy ilmi niiden syyt. Lukuisten eri tekijöiden ja niiden keskinäisten vuorovaikutusten mallintaminen on monitahoinen tehtävä. Kun erilaiset maisemarakennetekijät ja mahdolliset muut lintuyhteisön monimuotoisuutta ja koostumusta selittävät tekijät tunnetaan, lintuindikaattoria voidaan käyttää myös ennustamiseen.

Avainsanat: biodiversiteetti, linnut, pesimälinnusto, ympäristöohjelma, ympäristöpolitiikka, ympäristövaikutusten arviointi, aikasarjat, ennustaminen

Biodiversity indicators of Finnish agri-environments: a breeding bird indicator

Juha Tiainen¹, Jukka Rintala¹, Jyrki Holopainen¹, Markus Piha²,
Tuomas Seimola¹, Ville Vepsäläinen² and Risto A. Väisänen²

¹Finnish Game and Fisheries Research Institute, P. O. Box 2, FI-00791 Helsinki, Finland, juha.tiainen@rktl.fi, jukka.rintala@rktl.fi, jyrki.holopainen@rktl.fi, tuomas.seimola@rktl.fi

²Finnish Museum of Natural History, P. O. Box 26 (Teollisuuskatu 23), FI-00014 University of Helsinki, Finland, markus.piha@helsinki.fi, ville.vepsalainen@helsinki.fi, risto.vaisanen@helsinki.fi

Abstract

This paper presents a preliminary version of a bird indicator for biodiversity of agri-environments. It is based on extensive long-term censuses, and it is calculated from species specific change indices. It is composed of several subindicators which are based on ecological grouping of birds. Ecological groups can be created for particular needs, like for answering questions of impacts of agri-environmental schemes or other political issues. Grouping is aimed for enhancing the assessment of different factors on biodiversity development. The bird indicator describes historical development and summarizes the complexity of monitoring data in a comprehensive form. The "easiness" of interpretation of the indicator depends on the depth of understanding, its structure and behaviour. The bird indicator helps in recognizing environmental changes, which affect the breeding bird community and individual species or entire biodiversity. In its final form, the bird indicator reflects agricultural phases since the 1930s. The annual indicator reflects the impacts of the set-aside program in 1991–94 and national agri-environmental programs since 1995. A bird indicator can be used for recognising new threats for biodiversity; it is an alert signaling tool. It also indicates needs for more detailed population ecological studies. The behaviour of the indicator is composed of population changes of its individual species. Changes in the indicator does not explain the causes, which may be multiple. The recognition of several factors and their interactions can be made with a modelling approach. The bird indicator can be used for predictions. When the role of different factors of landscape structure and other environment explaining the composition and diversity of the bird community and the distribution and abundance of individual species are known, these can be predicted into the past (for testing the models) and future.

Key words: biodiversity, breeding birds, agri-environmental scheme, impact assessment, time series, predicting

Johdanto

Maatalouden kestävä käytön periaatteiden toteutumisen seuraamiseksi ja niiden yhteydessä mm. luonnon monimuotoisuuskehityksen kuvaamiseksi tarvitaan mittareita, joiden avulla seurataan erilaisten toimenpiteiden ympäristövaikutuksia. Maatalousympäristön monimuotoisuuden vaikutetaan keskeisesti maatalouspoliittisella päätöksenteolla (Aakkula ym. 2004a, b, Tiainen 2004). Meidän maatalousluontomme monimuotoisuuden säilyminen riippuu tällä hetkellä ennen muuta Euroopan unionin yhteisestä politiikasta ja sen ilmentymänä mm. maaseudun kehittämissuunnitelmista, joiden yhden osan muodostavat maatalouden ympäristöohjelmat. Maatalouden ympäristöohjelma, vaikka ei olekaan muotoiltu luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä silmällä pitäen kuin hyvin pieneltä osaltaan, on tärkein työkalu, jolla maatalousympäristön monimuotoisuuden vaikutetaan.

Maa- ja metsätalousministeriö otti käyttöönsä vuonna 2003 luonnonvaramittariston, jonka avulla se seuraa luonnonvarastrategiansa (Marttila ym. 2002) toteutumista. Maatalousympäristön kestävä kehityksen indikaattorijärjestelmä koostuu 13 teemasta (Yli-Viikari ym. 2002, 2007), joista yksi on luonnonvaraisten lajien monimuotoisuus. Se käsittää uhanalaiset lajit, pesimälinnut, päiväperhoset ja rikkakasvit.

Valittuihin ryhmiin kuuluvien eri lajien tilankäytön mittakaavat ja yksilöiden liikkuvuus ovat erilaisia (Taulukko 1). Siten ne heijastelevat toisiaan täydentäen eri tavoin ympäristönsä ominaisuuksia, ja niistä muodostettava indikaattorikokoelma on monipuolinen. Koska kussakin lajiryhmässä on suuri määrä lajeja, voidaan niitä jakaa pienempiin ryhmiin siten, että nämä ryhmät heijastelevat tarkemmin tietyissä osissa maatalousympäristöä tapahtuvaa kehitystä tai tiettyjen koko maatalousympäristöä koskevien maatalouspoliittisten päätösten tai ohjelmien vaikutuksia (Tiainen 2005). Tiainen & Pakkala (2000, 2001) kehittivät alustavan maatalousympäristön pesimälinnuston ekologiseen ryhmittelyyn perustuvan indikaattorin, jonka aineistona olivat valtakunnallisen maalinnuston seurannan tulokset (Väisänen ym. 1998). Sen mukaan varsinaiset peltolinnut (6 lajia), reuna- ja pensaikkolajit (7 lajia) ja maaseudun pihalajit (7 lajia) vähenivät vuosina 1981–95, kun taas pellon metsälajit (8 lajia) aluksi vähenivät ja sitten runsastuivat. Kuussaari ym. (2007) kehittivät vastaavan päiväperhosindikaattorin, joka perustuu Pitkäsén ym. (2001) ekologiseen luokitteluun, ja Hyvönen & Huusela-Veistola (2007) rikkakasviindikaattorin, joka perustuu rikkakasvien ja muiden maatalousympäristön eliöiden väliseen vuorovaikutukseen.

Taulukko 1. Rikkakasvien, piennarkasvien, perhosten ja lintujen ja niitä koskevien seuranta-aineistojen ominaisuuksia (Tiainen 2005).

Ominaisuus	Rikkakasvit	Piennarkasvit	Perhoset	Linnut
Aikasarjojen alku	1961–64	1995	1950-luku, 1999	1930-luku, 1984
Laskennat	Vuosikymmenittäin	Vuosikymmenittäin	Vuosikymmenittäin, vuosittain	Vuosikymmenittäin, vuosittain
Esiintymisalue	Kasvupaikka, elinympäristölaikku	Kasvupaikka, elinympäristölaikku	Elinympäristölaikku, maisema-alue	Maisema-alue
Liikkuvuus	Vähäistä	Vähäistä	Laikkujen välillä	Peltoaukeiden välillä

Osana maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelmaa toteutettiin vuosina 2003–06 *Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit* -hanke. Sen tavoitteena oli luoda valmis indikaattorijärjestelmä, joka kuvaa maatalousympäristön luonnon monimuotoisuuden tilaa ja kehitystä monipuolisesti ja tehokkaasti (Taulukko 2) ja joka perustuu pesimälinnuston, rikkakasvien ja päiväperhosten seuranta-aineistoihin. Kaikki ryhmät koostuvat suuresta joukosta lajeja, joiden ekologia vaihtelee paljon. Siten ne ovat ryhminä riittävän monimuotoisia kuvataksaan yleisemmin maatalousympäristön luonnon monimuotoisuuden tilaa. Koska lintujen, perhosten ja kasvien asema ekosysteemin toiminnallisessa hierarkiassa ja ravintoverkossa on erilainen ja niiden elinkierrot, runsaudet, elintavat ja alueellisen esiintymisen mittakaavat ovat erilaisia, ne kuvaavat toisiaan täydentäen hyvin monipuolisesti maatalousympäristön tilassa tapahtuvia muutoksia.

Tämän kirjoituksen tarkoitus on esitellä hankkeessa kehitettyä lintuindikaattoria ja sen ensimmäisiä tuloksia. Indikaattorin perusaineistona ovat kaikkia maatalousympäristön lajeja koskevat runsausaikasarjat. Lajit luokitellaan erilaisten ympäristötekijöiden perusteella kulloinkin tarvittavan kysymyksenasettelun mukaisesti ekologisiksi ryhmiksi, jotka yhdistävät keskenään samalla tavalla ympäristöä käyttäviä lajeja samaan kuvaajaan. Indikaattori koostuu siis useammasta kuvaajasta, joita on yhtä monta kuin ekologistia ryhmiä. Ekologisten ryhmien etuna on se, että ne eivät ole ylettömän herkkiä yksittäisille lajeille. Toisaalta ekologistia ryhmiä voidaan muodostaa eri perustein sen mukaan, minkä monimuotoisuutta määrittävien tekijöiden vaikutavuudesta halutaan tietoa. Yksittäiset lajit voidaan kuitenkin tarvittaessa irrottaa kokonaisuudesta eli indikaattorit voidaan palauttaa lajitasolle. Toisaalta myös ekologisten ryhmien indikaattorit voidaan yhdistää yhdeksi tai muutamaksi yleisindikaattoriksi.

Taulukko 2. Hyvän indikaattorin ominaisuuksia (Gregory ym. 2005).

Ominaisuus	Kuvaus
Tieteellisesti perusteltu	➤ Nojautuu ekologian teoriaan ja on tilastotieteellisesti ja matemaattisesti pätevä
Edustava	➤ Käsittää kaikki valitun ryhmän lajit tai sopivan lajiryhmän
Ajanmukainen	➤ Mahdollinen päivittää säännöllisesti, mielellään vuosittain
Yksinkertaistava	➤ Läpinäkyvä, helppo tulkita, monipuolinen sisältö helposti lähestyttävässä muodossa
Ymmärrettävä	➤ Viestin välityttävä muillekin kuin asiantuntijoille
Kvantitatiivinen	➤ Perustuu mittaukseen, sallii virhevaihtelun laskemisen, käsittää trendin, muutoksen suuruuden ja sen muutokset
Reagoi muutokseen	➤ Tunnistaa nopeastikin tapahtuvan ympäristömuutoksen
Ajankohtainen	➤ Mahdollistaa nopean trendien havaitsemisen
Analysoitavissa	➤ Indikaattorissa on rakennetta; osien keskinäisten yhteyksien analyysi voi paljastaa muutoksen syitä
Realistinen laatia	➤ Aineisto on olemassa tai saatavissa
Monimuotoisuuden tilaa mittaava	➤ Käsittää ekosysteemin tilaa kuvaavia muuttujia, muutakin kuin lajikohtaisia trendejä
Viranomaiskäyttöön	➤ Kehitetty käyttäjien tarpeista lähteväksi
Käyttökelpoinen	➤ Tietoa politiikan tekijöille arviointi- ja kehittämistarpeisiin
Käyttäytyy "nätisti"	➤ Herkkä ihmisen aikaansaamille muutoksille, mutta ei luontaisille vaihteluille

Lintuindikaattori

Maatalousympäristön lintuindikaattori perustuu kahden seurantahankkeen aineistoihin. Nämä ovat valtakunnallinen linja- ja pistelaskentoihin perustuva yleisseuranta, joka koskee kaikkia yleisiä maalintuja, sekä valtakunnallinen maatalousympäristön kartoituslaskentoihin perustuva erityisseuranta, joka koskee kaikkia maatalousympäristön lajeja. Indikaattorin aineistotyö on vielä kesken, ja esimerkiksi yleisseuranta- ja erityisseuranta-aineistojen yhteensovittamista ei ole vielä tehty.

Valmis lintuindikaattori perustuu pitkiin vuosittaisiin lajikohtaisiin aikasarjoihin sekä muihin aineistoihin (1930-luvulta lähtien) alueilta, joita on tutkittu uudelleen viime vuosikymmeninä. Siten se heijastelee niitä suuria maatalousympäristön muutoksia, joita maatalouspolitiikan vaiheet ovat vuosikymmenten kuluessa saaneet aikaan (Tiainen 2004). Lintuihin perustuva monimuotoisuuden indikaattori koostuu useista osaindikaattoreista, jotka lasketaan ekologisia ryhmittelyjä käyttäen lajikohtaisista kannanmuutosindekseistä. Lintuindikaattori on moniulotteinen:

- (1) Sen avulla kuvataan maatalousympäristön linnuston muutos pitkällä aikavälillä. Kuvaus perustuu yksittäisiin lajeihin ja niistä muodostettuihin ekologisiin ryhmiin, jotka kohdentavat ympäristön eri osissa tapahtuneiden muutosten vaikutuksia.
- (2) Siihen kuuluu mallintamista, jonka avulla tutkitaan, miten paikalliset, maisema-alueitasoiset ja laaja-alaiset ympäristökijät määrittävät lajien esiintymistä ja runsautta sekä lintuyhteisön koostumusta.
- (3) Se voi johtaa yksityiskohtaisiin populaatioekologisiin tutkimuksiin, lajikohtaisten ongelmien mekanismien selvittämiseksi.

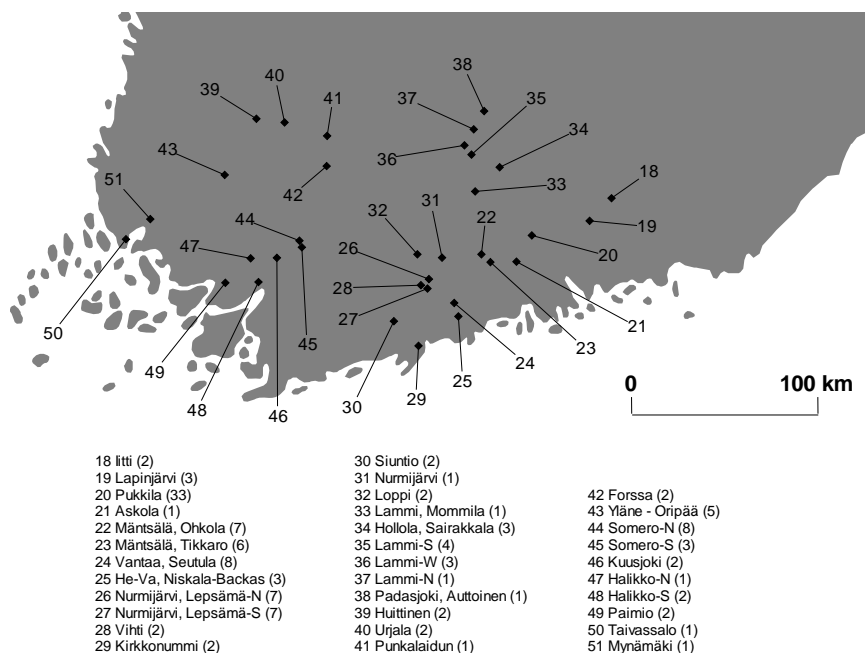
Lintuindikaattorin osia on myös taustatietämys. Siihen voidaan kytkeä muita aikasarjoja, kuten maatalousympäristön maankäyttö, ilmastoaineistot tai populaatioekologiset aineistot, joita on luotavissa Luonnontieteellisen keskusmuseon rengastus- ja pesäkorttiaineiston pohjalta. Osa lintuindikaattoria on siis tutkimus, joka kytkee lintuyhteisön prosessit ympäristökijöihin tai populaatioekologiaan.

Aineisto ja menetelmät

Käytämme tässä artikkelissa maatalouden ympäristöohjelman monimuotoisuusvaikutusten seurantahankkeen (mytvas, erityisseuranta) lintulaskenta-aineistoja vuosilta 2000–06 (Tiainen ym. 2007, 2008a) sekä valtakunnallisen yleisseurannan aineistoja vuosilta 1983–2005 (Väisänen 2006). Yleisseurantojen ja erityisseurantojen aineistoista laskettujen indikaattorien eriävyyksiä ja samankaltaisuuksia ei pohdita tässä raportissa. Kysymys on ajankohtainen, kun erityisseurantojen indikaattorisarja saadaan ulottumaan aineistojen aloitusvuoteen eli vuoteen 1984.

Mytvas-aineisto

Mytvas-laskentoja tehtiin 44 kunnassa (Kuva 1). Laskennan yksikkö on tässä raportissa yhtenäiskoordinaatiston neliökilometriruutu tai sitä lähellä oleva alue, joita oli yhteensä 153. Laskenta-alueista 56 oli valittu satunnaisotannalla mytvasen tarpeisiin. Loput ovat näiden mytvasen satunnaisruutujen lähi-



Kuva 1. Laskenta-alueiden sijainnit. Kunnan tai kylän alueella olevien laskenta-alueiden lukumäärä suluissa.

Taulukko 3. Vuosittain Etelä-Suomessa tutkittujen alueiden lukumäärät, pinta-alat (keskimäärin 72 ha peltoa ja 97 ha maatalousympäristöä) ja lintujen kokonaisparimäärät.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Yht.
Alueita	59	96	75	72	79	119	65	565
Peltoala	4664	6349	5626	5495	6062	8214	4078	40488
Koko ala	6346	8611	7541	7420	8229	11169	5427	54743
Parimäärä	8511	11538	10860	11894	13470	17421	9685	83379

ympäristöä tai jo aiemmin perustettuja vakiolaskenta-alueita. Vanhimmat pysyvät laskenta-alueet perustettiin Lammille 1984 (Tiainen & Pakkala 2000, 2001). Kaikkia alueita ei ole tutkittu joka vuosi, joten laskenta-alueiden kokonaisuus vaihteli vuodesta toiseen (Taulukko 3). Laskenta-alueista 17 sijaitsi Pohjanmaalla ja Pohjois-Karjalassa. Siellä aineisto on kuitenkin paljon Etelä-Suomea suppeampi, sillä siellä laskentoja tehtiin vain vuodesta 2001 alkaen ja Pohjois-Karjalassa vain vuosina 2001 ja 2005. Väli-Suomessa maatalousympäristön linnusto myös poikkeaa Etelä-Suomesta (Piironen ym. 1985, Piha ym. 2007b). Aineiston epätasaisen jakautumisen vuoksi käytimme tässä indikaattoriyössä ainoastaan Etelä-Suomen aineistoa.

Laskenta-alueet käsittivät peltojen ja niihin liittyvien reunavyöhykkeiden lisäksi maatilakeskukset, muut pihapiirit ja pienet kylät sekä erilaiset pienet saarekkeet ja vesistöt, jotka sijaitsivat peltoaukeilla. Ruutu- tai aluekohtaisesti laskettu ala oli Etelä-Suomessa keskimäärin 97 ha, mistä peltolohkokorekisterin mukaista peltoa (lisättyinä niityillä ja viljelemättömillä pelloilla) oli 72 ha (Taulukko 3).

Laskenta kohdistui maatalousympäristön pesimälintulajistoon (Tiainen & Pakkala 2000, 2001, Tiainen ym. 2004a, b). Lajistossa ovat mukana kaikki varsinaiset peltolajit (pesivät ja ruokailevat pelloilla), reuna- ja pensaikkolajit (pesivät pensaikoissa ja korkearuohoisissa ojanvarsissa, rakennusten ympärillä ja erilaisissa saarekkeissa sekä vastaavilla paikoilla peltoaukeiden reunoilla, ruokailevat pääasiassa samoilla paikoilla, mutta myös viereisellä pellolla), peltojen metsälajit (pesivät metsässä, mutta koko populaatio ruokailee pääasiassa maatalousympäristössä) sekä peltojen pihalajit (pesivät pihapiireissä, puutarhoissa ja maatalojen talouskeskuksissa, ruokailevat samoilla paikoilla ja maatalousympäristössä). Ensisijaisesti muiden ympäristöjen lajeista mukana ovat ne, jotka pesivät ja ruokailevat maatalousympäristössä, mutta eivät sellaiset, joilla vain aivan peltoon rajautuvilla reviiireillä pesivät parit saattavat käyttää varsinaisen pesimäympäristönsä lisäksi myös peltoja ravinnon hankintaan. Peltoalueilla pesivät vesilinnut on jätetty pois aineistosta.

Mytvas-laskennat

Laskennat tehtiin kartoittamalla. Kartoitusmenetelmä perustuu useaan pesimäaikaiseen käyntikertaan, joiden havainnot yhdistetään lajikohtaisille kartoille. Käyntikartoille merkitään kaikki reviirin olemassaoloon viittaavat havainnot. Erityisen huolella kerätään lajikohtaisia yhtäaikaishavaintoja samaa sukupuolta olevista yksilöistä. Havainnot siirretään myöhemmin lajikohtaisesti kartoille, joille kertyy havaintorykelmiä. Nämä ovat parhaassa tapauksessa yhtäaikaishavaintomerkintöjen erottamia kaikista naapurirykelmistä. Tällöin reviirien rajaaminen on helppoa. Yhtäaikaishavaintojen puuttuessa joudutaan tukeutumaan lisätietoon havaintojen sijoittumisesta maastoon ja etäisyyteen muista havaintorykelmistä. Laskentamenetelmä on kuvattu tarkemmin mytvas-väliraportissa (Tiainen ym. 2004a).

Käyntikertoja oli kaksi vuonna 2000, kaksi tai kolme vuonna 2001 ja kolme vuodesta 2002 lähtien (yksityiskohdat: Tiainen ym. 2004a, 2007a, b). Kolmannen käynnin lisäämisen tarkoituksena oli laskennan tehostaminen siten, että laskennassa olisi useimpien lajien kannalta ainakin kaksi hyvin ajoitettua käyntiä. Laskentakertojen määrä vaikuttaa laskennan tehokkuuteen (esim. Svensson 1978). Tiainen ym. (1985) vertasivat samasta Lammilla kootusta aineistosta toisistaan riippumattomasti tehtyjen yhden, kahden ja viiden käyntikerran peltolinnustolaskennan reviirimääriä toisiinsa. Yhden kerran tulkinaksi saatiin keskimäärin 61 % ja kahden kerran tulkinaksi 87 % viiden kerran reviireistä (38 lajia).

Kolmannen käynti on saattanut tehostaa laskentaa paitsi helpottamalla reviiritulkintaa myös lisäämällä reviirien määrää, mikä on otettava huomioon laskentatuloksia tulkittaessa, joskaan vaikutus ei liene suuri (Tiainen ym. 2008a). Lajien havaittavuudessa on eroja, minkä takia suoraviivaista korjausta ei voi tehdä. Reviirien määrittelyä helpotti se, että joidenkin lajien laskenta tehtiin käytännössä useamman kerran yhden käynnin aikana. Erityisesti hyvin runsaana esiintyvän kiurun reviiritulkinnan luotettavuutta lisäsi se, että aamunaikaista laskentaa toistettiin useamman kerran kiurujen intoutuessa yhteislauluihin.

Linjalaskenta-aineisto

Linja- ja pistelaskennat ovat kertalaskentoja, joissa linnut lasketaan kesäkuun alkupuolella aamun tunteina ennalta valitun reitin varrelta tai ennalta valituista pisteistä käsin (Koskimies & Väisänen 1991, ks. myös Väisänen ym. 1998, Väisänen 2006; pääosa laskennoista on linjalaskentoja, joten kutsumme aineistoa tästä eteenpäin linjalaskenta-aineistoksi). Linjalaskennassa merkitään muistiin kulkusuuntaan nähden edestä tai sivulta lintuhavainnot, joiden tulkiin merkitsevän reviiriä. Laskenta kohdistuu kaikkiin maalintulajeihin. Las-

kentareitit sijaitsevat kaikkialla Suomessa, ja ne muodostavat satunnaisotoksen kaikista elinympäristötyypeistä.

Linjalaskenta-aineistossa havaintoja ei ole luokiteltu elinympäristötyyppien mukaan. Siten linjalaskenta-aineistosta ei voi erikseen poimia vain maatalousympäristöstä tulleita havaintoja. Siksi tähän työhön on aineistosta poimittu ne lajit, joiden havainnoista pääosa on peräisin maatalousympäristöstä. Osa erityisseurannan lajeista jää pois, koska niiden linjalaskentahavainnoista suurin osa tulee muualta kuin maatalousympäristöstä. Lajimäärän jäädessä pienemmäksi kuin erityisseurannassa, lajeista muodostetaan vain kolme ekologista ryhmää yhdistämällä pihalajeja varsinaisiin peltolintuihin. Aineisto on rajattu yhtenäiskoordinaattiin 71 eli se käsittää suunnilleen Oulun läänin eteläpuoleisen osan Suomea.

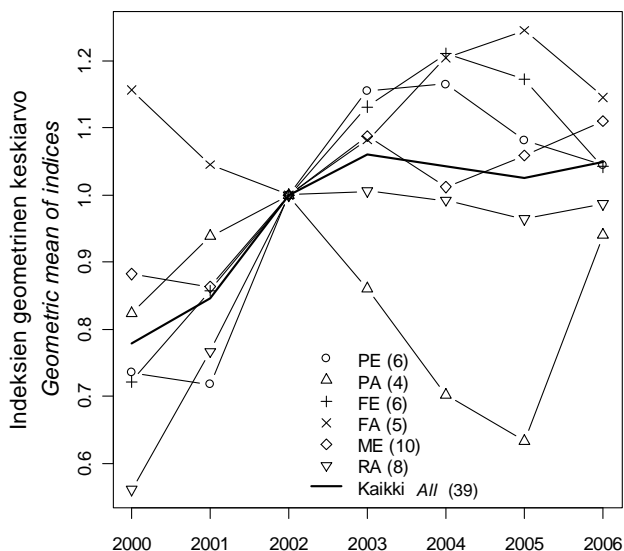
Aineiston käsittely

Lajikohtaiset muutosindeksit laskettiin log-lineaarista mallinnusta käyttäen (Pannekoek & van Strien 2003). Koska mytvas-laskentojen laskentateho oli vuosina 2000 ja 2001 mahdollisesti heikompi kuin myöhempinä vuosina, 2002 valittiin vertailuvuodeksi, jonka indeksiarvoksi asetettiin yksi. Tämä helpottaa kannanmuutosten lukemista varmuudella vertailukelpoisen aineiston vuosilta 2002–06. Lajikohtaisista muutosindekseistä laskettiin ryhmäkohtaiset indeksit geometrisina keskiarvoina. Linjalaskennoista laadittiin indikaattori vuosille 1983–2005 Väisänen (2006) lajikohtaisten kannanmuutosindeksien mediaanina. Vertailuvuodeksi (indeksi-arvo = 1) valittiin aloitusvuosi.

Tulokset

Etelä-Suomen maatalousympäristöjen mytvas-laskennoissa havaittiin yhteensä 50 lajia (Tiainen ym. 2007, 2008a). Niiden yhteisreviirimäärä vuosina 2000–06 oli 83 379 (Taulukko 3). Kannanmuutosindeksit laskettiin 40 runsaimmalle lajille (parimäärä > 40). Lajikohtaiset kannanmuutosindeksit on esitetty toisaalla (Tiainen ym. 2007, 2008a).

Lajit jaettiin edellä esitettyihin ekologisiin ryhmiin. Lisäksi ne ryhmiteltiin Euroopassa talvehtiviin ja Afrikassa (tai Etelä-Aasiassa) talvehtiviin. Yksikään pellon metsälaji ei talvehdi Afrikassa, ja Euroopassa talvehtivia reunalajeja on vain yksi, joten indikaattoria varten ryhmiä muodostui kuusi. Afrikassa talvehtivia pihalintuja lukuun ottamatta kaikkien ryhmien indeksi kasvoi vuosina 2000–02 (Kuva 2), mikä johtuu todennäköisesti ainakin osittain laskentatehon noususta. Afrikassa talvehtivien varsinaisten peltolajien indikaattoriarvo käy vuosina 2002–06 alhaalla (63 % vuoden 2002 vertailuarvosta), mutta muiden ryhmien vaihtelu pysyttelee alle 25 prosentissa.



Kuva 2. Etelä-Suomen maatalousympäristön pesimälinnuston ekologisiin ryhmiin (elinympäristö ja talvehtimisalue) perustuva lintuindikaattori. Eri ekologisisissa ryhmissä mukana olevat lajit ovat:

Euroopassa talvehtivat varsinaiset peltolinnut (PE): peltopyy, töyhtöhyppä, taivaanvuohi, isokuovi, kiuru, niittykirvinen.

Afrikassa talvehtivat varsinaiset peltolinnut (PA): ruisrääkkä, punajalkaviklo, keltävästäräkki, peltosirkku.

Euroopassa talvehtivat maaseudun pihalinnut (FE): kesykyyhky, kottarainen, varpunen, pikkuarpunen, tikli, hemppo.

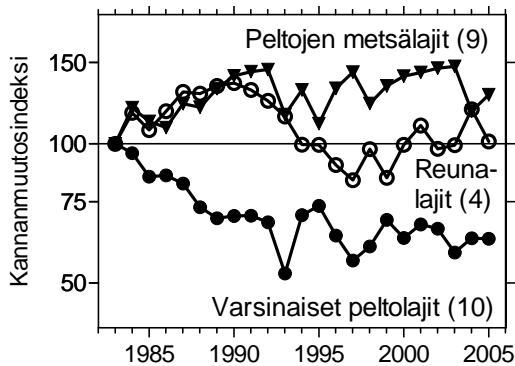
Afrikassa talvehtivat maaseudun pihalinnut (FA): tervapääsky, haarapääsky, räystäspääsky, västäräkki, kivitasku.

Euroopassa talvehtivat pellon metsälinnut (ME): tuulihaukka, fasaani, uuttukyyhky, sepelkyyhky, räkättirastas, harakka, naakka, varis, viherpeippo, keltasirkku.

Afrikassa (ja Aasiassa) talvehtivat reunalinnut (RA): pensastasku, pensas-sirkkalintu, ruokokerttunen, viitakerttunen, luhtakerttunen, pensaskerttu, pikkulepinkäinen, punavarpunen.

Lajistossa ei ole Afrikassa talvehtiviksi luokiteltavia pellon metsälajeja, ja Euroopassa talvehtiviksi luokiteltavia reunalajeja on ainoastaan pajusirkku.

Linjalaskenta-aineistosta lintuindikaattori laskettiin 23 lajin tulosten perusteella (Kuva 3). Sen mukaan peltojen metsälajien kokonaisvaihtelu on ollut melko vähäistä, mutta yleissuuntaus on lievästi nouseva. Reunalajien indeksi on vaihdellut hiukan enemmän, mutta yleissuuntausta ei ole havaittavissa. Varsinaisten peltolajien indeksi laski kolmanneksen 1980-luvun aikana, mutta on sen jälkeen vaihdellut jokseenkin pysyvällä tasolla.



Kuva 3. Maatalousympäristön pesimälinnuston kolmen ekologisen ryhmän kannanmuutosindeksit (lajikohtaisten indeksien mediaani) vuosien 1983–2005 maalinnuston yleisseurannan (linja- ja pistelaskentojen) perusteella (Väisänen 2006 ja julkaisematon).

Varsinaisia peltolajeja ovat (suluissa keskimääräinen vuosittainen havaintomäärä) töyhtöhyppä (189), isokuovi (221), kiuru (409), haarapääsky (195), räystäspääsky (182), niittykirvinen (79), västäräkki (253), kivitasku (30), kottarainen (130) ja peltosirkku (117).

Peltosten metsälajeja ovat fasaani (115), uuttukyyhky (39), sepelkyyhky (497), räkättirastas (859), harakka (241), naakka (122), varis (639), viherpeippo (187) ja keltasirkku (574).

Reunalajeja ovat pensastasku (135), pensaskerttu (308), pikkulepinkäinen (31) ja punavarpunen (305).

Tarkastelu

Mihin indikaattoreita tarvitaan? Lintuihin perustuva maatalousympäristön luonnon monimuotoisuuden indikaattori koostuu useista osaindikaattoreista, jotka lasketaan ekologisia ryhmittelyjä käyttäen lajikohtaisista kannanmuutosindekseistä. Ekologisia ryhmittelyjä voidaan luoda sen mukaan, millaisiin tarpeisiin indikaattoria tarvitaan. Se voi esimerkiksi vastata erilaisiin hallinnon tarpeisiin, jotka liittyvät esimerkiksi maatalouden ympäristöohjelman toimenpiteiden tai muiden maatalous- tai ympäristöpoliittisten päätösten vaikutusten sekä maatalousympäristön tilan arviointiin. Ekologisen ryhmittelyn avulla voidaan pyrkiä arvioimaan, mikä osuus kotimaan ja talvehtimisalueiden ympäristötekijöillä on monimuotoisuuden kehitykselle.

Lintuindikaattoria voidaan käyttää seuraavanlaisissa tilanteissa:

- (1) Lintuindikaattori tiivistää monitahoisen seuranta-aineiston "helposti" tulkittavaan muotoon. Tulkinnan "helppous" riippuu kuitenkin siitä, kuinka syvällisesti sen rakenne ja käyttäytyminen tunnetaan. Indikaattorien taustalla täytyy olla tutkimusta, joka lisää niiden syvyyttä. Indikaattoreihin tulee suhtautua kriittisesti ja jatkuvasti pyrkiä parantamaan niiden hyviä ominaisuuksia (Taulukko 2).
- (2) Lintuindikaattorin avulla voidaan tunnistaa ympäristön muutoksia, jotka vaikuttavat linnustoon tai yksittäisiin lajeihin sekä siten luonnon monimuotoisuuteen. Valmis lintuindikaattori tulee heijastelemaan kaikkia maatalouden vaiheita 1930-luvun pientilavaltaisen lypsykarjatalouden ajasta nykypäivään. Vuosittainen indikaattori heijastelee 1980-luvun jälkeen velvoitekesannoinnin, kansallisen maatalouden ympäristöohjelman sekä molempien EU-kauden ympäristöohjelmien vaikutuksia, joita hankkeen tulevissa julkaisuissa analysoidaan.
- (3) Lintuindikaattorin avulla saatetaan voida tunnistaa uusia, ennestään tuntemattomia ympäristöuhkia. Esimerkiksi maatalouskemikaalien ympäristöhaitat havaittiin aikoinaan ensimmäiseksi lintukuolemien ja lintujen populaatiomuutosten ansiosta. Lintuindikaattori on muiden indikaattorien tavoin hälytysjärjestelmä.
- (4) Lintuindikaattori osoittaa yksityiskohtaisten populaatioekologisten tutkimusten tarpeet. Indikaattorin käyttäytyminen koostuu siihen kuuluvien lajien kannanvaihteluista. Indikaattorin muutokset eivät paljasta muutosten syitä, joita voi olla useita. Esimerkiksi kiurun kannanmuutokset seuraavat melko tarkasti ruohopeitteisten peltojen (nurmet, laitumet, kesannot) määrän vaihteluita, mutta vuoden viiveellä (Piha ym. 2007a). Kiurun vuosien väliseen runsauden muutokseen vaikuttavat kesantojen ja nurmiviljelyyn liittyvien kasvustojen runsauden muutos sekä edellisen pesimäkauden (pesimäalueella) ja edellisen talven (talvehtimisalueella) sääolot (Piha ym. 2007a), mikä tuo ilmastonmuutoksen osaksi indikaattoreilla mitattavia kysymyksiä. Peltosirkun voimakas väheneminen korreloi maisemarakenteen pienipiirteisyyden häviämisen kanssa (Vepsäläinen ym. 2005a, 2007a). Kummankaan lajin syntyvyyttä tai kuolevuutta ei tunneta, mutta kiurun kohdalla on syytä olettaa ruohopeitteisten peltojen tarjoavan kevätiljapeltoja parempaa suojaa pesille ja siten parantavan pesintämenestystä. Peltosirkun kohdalla ei vastaavaa pesintämenestykseen vaikuttavaa tekijää tunneta. Kottaraisen kohdalla on ympäristömuutoksen populaatioekologinen vaikutusmekanismi voitu osoittaa hyvin yksityiskohtaisesti (Rintala 2007, Rintala & Tiainen 2007).

Pikkuvarpusen ilmiömäistä runsastumista ja leviämistä maaseudun kulttuuriympäristöihin ei voitu selittää maatalousympäristön maisemarakenteella (Vepsäläinen ym. 2005b). Indikaattorin tulkinta edellyttää sen osien tuntemusta. Pohjimmiltaan on kyse syntyvyyden ja kuolevuuden suhteesta ympäristön kantokyvyn määrittelemissä puitteissa. Syntyvyyttä säätelevät pesimäympäristön ominaisuudet, mutta kuolevuus jakautuu koko vuodelle. Pesimälintujemme elinalueet ovat pesimäaikana meillä, mutta talvella ja muuttokausien aikana ne voivat olla myös muualla. Lukuisten eri tekijöiden ja niiden keskinäisten vuorovaikutusten mallintaminen on monisyinen tehtävä.

(5) Lintuindikaattorin avulla voidaan ennustaa. Lintuyhteisön monimuotoisuutta ja lajien esiintymistä ja runsautta määrävien tekijöiden vaikutukset voidaan mitata mallinnustyön avulla (Piha 2007, Piha ym. 2007a, b, Vepsäläinen 2007). Maatalousympäristön maisemarakenteen lintuyhteisön koostumusta ja monimuotoisuutta sääteleviä tekijöitä ovat aukeus, peltolohkojen koko ja käyttö, ojen määrä, erilaiset pienipiirteisyyttä ja heterogeenisuutta lisäävät piirteet (Piha 2007, Vepsäläinen 2007, Vepsäläinen ym. 2007b). Viljelytapa (tavanomainen vs. luomu) vaikuttaa vähemmän kuin em. tekijät, luomu lisäsi vain kiurun ja työttöhyypän tiheyttä, minkä tulkittiin ainakin johtuvan paitsi maisemarakenteen tärkeämmyydestä, myös luomuun siirtymisen ekosysteemivaikutusten hitaasta kehittämisestä (Piha ym. 2007b, Tiainen ym. 2008b). Kun erilaiset maisemarakennetekijät ja mahdolliset muut selittäjät tunnetaan, voidaan luoda skenaarioita ja ennustaa lintuyhteisön tilaa. Mallien ennustuskykyä voidaan testata sellaisilla aineistoilla muualta tai muilta ajankohdilta, joita ei ole käytetty mallin rakentamiseen. Hallinnon tarpeisiin voidaan luoda skenaarioita, joita politiikkavaihtoehdot tuottavat ja siten ennakoida niiden vaikutuksia ja seuraamuksia. Lähestymistapa on sama kuin ilmastomuutosten vaikutusten ennakkoinnissa (Rinne 2007).

(6) Linjalaskentoihin perustuva indikaattori on jo osa EBCC:n (European Bird Census Council) yleiseurooppalaista maatalousympäristön lintuindikaattoria (www.ebcc.info), joka kuuluu Eurostatin rakenneindikaattoreihin.

Kiitokset

Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit -hanke oli yksi kymmenestä Monimuotoisuuden tutkimusohjelman (MOSSE, 2003–2006) maatalousaiheisten tutkimushankkeiden kokonaisuudesta ("LUMOTTU"). Hankkeen rahoittajana on ollut maa- ja metsätalousministeriö.

Kirjallisuus

- Aakkula, J., Jokinen, P. & Vihinen, H. 2004a. Maatalousympäristön muovaajat: maatalous-, maaseutu- ja ympäristöpolitiikka. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 43–52.
- Aakkula, J., Lankoski, J. & Miettinen, A. 2004b. Maatalouspolitiikan ja biodiversiteetin suhde. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 301–312.
- Gregory, R.D., van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B. & Gibbons, D.W. 2005. Developing indicators for European birds. *Proc. Trans. R. Soc. B* 360: 269–288.
- Hyvönen, T. & Huusela-Veistola, E. 2007. Rikkakasveihin perustuva lajiston monimuotoisuusindikaattori. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 233-245.
- Koskimies, P. & Väisänen, R.A. (toim.). 1991. Monitoring bird populations. A manual of methods applied in Finland. Zoological Museum, Finnish Museum of Natural History, Helsinki.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Pöyry, J. & Saarinen, K. 2007. Päiväperhosten kannankehitys maatalousluonnon monimuotoisuuden indikaattorina. Teoksessa: Salonen, J., Keskitalo, M. & Segerstedt, M. (toim.). Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110. Jokioinen: MTT. s. 246-265.
- Marttila, V., Granholm, H., Nikkola, E., Laanikari, J. & Vainio-Mattila, J. 2002. Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategia. Uusiutuvien Luonnonvarojen kestävä käyttö. MMM:n julkaisu 8/2001. 112 s.
- Pannekoek, J. & van Strien, A.J. 2003. Trim 3 manual (Trends and indices for monitoring data). Statistics Netherlands.
- Piha, M. 2007. Spatial and temporal determinants of Finnish farmland bird populations. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Piha, M., Lindén, A., Pakkala, T. & Tiainen, J. 2007a. Linking weather and human induced habitat changes to population dynamics of a farmland passerine bird. – *Annales Zoologici Fennici* 44: 20–34.

- Piha, M., Tiainen, J., Seimola, T. & Vepsäläinen, V. 2007b. Modelling diversity and abundance of Finnish farmland birds – landscape characteristics define the diversity and conservation hotspots. *Käsikirjoitus*.
- Piironen, J., Tiainen, J., Pakkala, T. & Ylimaunu, J. 1985. Suomen peltolinnut 1984 (The avifauna of Finnish farmland in 1984). *Lintumies* 20: 126–138. (Finnish with English summary.)
- Pitkänen, M., Kuussaari, M. & Pöyry, J. 2001. Butterflies. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. *BirdLife Finland Conservation Series* 3: 51–68.
- Rinne, J. 2007. Kuinka te saatoitte? *Tieteessä Tapahtuu* 25(4): 43–50.
- Rintala, J. 2007. Dynamics of Finnish starlings in 1951–2005: from monitoring to population modelling. *Väitöskirja*, Helsingin yliopisto.
- Rintala, J. & Tiainen, J. 2007. A model incorporating a reduction in carrying capacity translates brood size trends into a population decline: the case of the Finnish starlings, 1951–2005. *Oikos* (painossa). doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.16141.x
- Svensson, S. 1978. Census efficiency and number of visits to a study plot when estimating bird densities by the territory mapping method. *Journal of Applied Ecology* 16: 61–68.
- Tiainen, J. 2004. Maatalousympäristön historia. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa – Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing. s. 26–40.
- Tiainen, J. 2005: Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit – miksi monimuotoisuuden seuranta? Teoksessa: Otsamo, A. (toim.). *MOSSE puolimatassa – monimuotoisuuden tutkimusohjelman (2003–2006) välitulokset*. MMM:n julkaisu 14/2004: 41–52.
- Tiainen, J., Ekroos, J., Holopainen, J., Piha, M., Rintala, J., Seimola, T. & Vepsäläinen, V. 2008a. Maatalousympäristön linnuston muutos ympäristötukikaudella 2000–06. Teoksessa: Kuussaari, M., Heliölä, J., Tiainen, J. & Helenius, J. (toim.). *Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle*. MYTVAS loppuraportti 2000–2006. Suomen ympäristö (painossa).
- Tiainen, J., Ekroos, J., Piha, M., Rintala, J., Seimola, T. & Vepsäläinen, V. 2008b. Luomuviljelyn vaikutus maatalousympäristön luonnon monimuotoisuuteen. Teoksessa: Kuussaari, M., Heliölä, J., Tiainen, J. & Helenius, J. (toim.). *Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle*. MYTVAS loppuraportti 2000–2006. Suomen ympäristö (painossa).

- Tiainen, J., Holopainen, J., Seimola, T., Ekroos, J., Piha, M. & Vepsäläinen, V. 2004a. Maatalousympäristön pesimälinnuston seuranta. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seurantatutkimus 2000–2003. Suomen Ympäristö 709. s. 92–109.
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2000. Maatalousympäristön linnuston muutokset ja seuranta Suomessa (Population changes and monitoring of farmland birds in Finland). Linnut-vuosikirja 1999: 98–105. (Finnish with English summary.)
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2001. Birds. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. BirdLife Finland Conservation Series 3: 33–50.
- Tiainen, J., Pakkala, T., Piironen, J. & Ylimaunu, J. 1985. Suomen peltolin-
nuston muutokset ja tila: tutkimuksen tausta ja menetelmät (Changes and
status of avifauna of farmland in Finland: the background and general
methods of the study). Lintumies 20: 23–29. (Finnish with English summa-
ry.)
- Tiainen, J., Piha, M., Piironen, J., Rintala, J. & Vepsäläinen, V. 2004b. Maa-
talousympäristön pesimälinnusto. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M.,
Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa – Suomen maatalo-
usympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 147–163.
- Tiainen, J., Rintala, J., Ekroos, J., Holopainen, J., Piha, M., Seimola, T. &
Vepsäläinen, V. 2007a. Suomen maatalousympäristön linnuston muutos
2000-luvulla. Linnut-vuosikirja 2006: 100–108. (Finnish with English sum-
mary.)
- Vepsäläinen, V. 2007. Farmland birds and habitat heterogeneity in intensively
cultivated boreal agricultural landscapes. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2005a. Population crash
of the Ortolan Bunting *Emberiza hortulana* in an agricultural landscape of
southern Finland. Annales Zoologici Fennici 42: 91–107.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T., Piha, M. & Tiainen, J. 2007a. Importance of
breeding-groups on territory occupancy in a declining population of a
farmland passerine bird. Annales Zoologici Fennici 44: 8–19.
- Vepsäläinen, V., Pakkala, T. & Tiainen, J. 2005b. Population dynamics and
colonisation characteristics of the Tree Sparrow in the agricultural land-
scapes of southern Finland. Ornis Fennica 82: 117–128.
- Vepsäläinen, V., Tiainen, J., Holopainen, J., Piha, M. & Seimola, T. 2007b.
Habitat heterogeneity and diverse cultivation benefit farmland birds in bo-
real cereal dominated agricultural landscapes. Käsikirjoitus.

- Väisänen, R.A. 2006. Maalinnuston kannanvaihtelut Etelä- ja Pohjois-Suomessa 1983–2005 (Monitoring population changes of 86 land bird species breeding in Finland in 1983–2005). *Linnut-vuosikirja 2005*: 83–98. (Finnish with English summary.)
- Väisänen, R.A., Lammi, E. & Koskimies, E. 1998. *Muuttuva pesimälinnusto*. Helsinki: Otava. (Finnish with English summary.)
- Yli-Viikari, A., Hietala-Koivu, R., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Perälä, P. & Turtola, E. 2007. Evaluating agri-environmental indicators (AEIs) – use and limitations of international indicators at national level. *Ecol. Indicators* 7: 150–163.
- Yli-Viikari, A., Risku, H., Nuutinen, V., Heinonen, E., Hietala-Koivu, R., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Kantanen, J., Raussi, S., Rikkonen, P., Seppälä, A. & Vehmasto, E. 2002. Agri-environmental and rural development indicators: a proposal. *Agrifood Research Reports* 5: 1–102.

Rikkakasveihin perustuva lajiston monimuotoisuusindikaattori

Terho Hyvönen ja Erja Huusela-Veistola

MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, terho.hyvonen@mtt.fi, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Tiivistelmä

Maatalousympäristöä elinympäristönään käyttävien eliöiden runsauden muutosten seuranta tarjoaa tietoa viljelymenetelmien muutoksista ja kestävyyydestä. Tässä tutkimuksessa kehitettiin viljelytoimenpiteiden kestävyyttä kuvaava rikkakasvi-indikaattori, joka perustuu rikkakasvien ja muiden maatalousympäristön eliöiden väliseen vuorovaikutukseen.

Indikaattorin kehittäminen aloitettiin tekemällä kirjallisuuskatsaus 25 yleisen rikkakasvilajin merkityksestä siemeniä ravintonaan käyttäville peltolinnuille, mesipistiäisille, kasvinsyöjähyönteisille ja tuhohyönteisille. Rikkakasvien ja muiden eliöryhmien välisten vuorovaikutuslinkkien määrän perusteella laskettiin suhteelliset painoarvot kullekin rikkakasvilajille. Näiden painoarvojen avulla laskettiin indeksiarvot 25 lajin rikkakasviyhteisölle eri vuosikymmeninä. Indeksien avulla tutkittiin rikkakasvien runsauden pitkäaikaismuutosten merkitystä eri eliöryhmille. Aineistona käytettiin kevätiljapeltojen rikkakasvikartoitusaineistoja vuosilta 1961–1964, 1982–1984 ja 1997–1999. Laskelmissa otettiin huomioon torjunta-aineilla käsiteltyjen, käsittelemättömien ja luomuviljeltyjen lohkojen suhteellinen peltoala eri vuosikymmeninä.

Kirjallisuuskatsaus osoitti rikkakasvilajien suhteellisen merkityksen vaihtelevan huomattavasti eri eliöryhmien välillä. Eri eliöryhmien indeksiarvojen vaihtelu vuosikymmenten välillä oli samankaltainen: voimakas lasku 1960- ja 1980-lukujen välillä ja hienoinen nousu 1980- ja 1990-lukujen välillä. Voimakkain muutos oli molempina ajanjaksoina lintuindeksissä, mikä johtui joidenkin linnuille tärkeiden ravintokasvien, kuten jauhosavikan, huomattavista runsauden vaihteluista.

Indeksiarvojen muutokset osoittivat, että maatalouden tehostuminen 1960- ja 1980-lukujen välillä on ollut haitallista eri eliöryhmille. 1990-luvulla luomuviljely on edistänyt lajiston monimuotoisuutta. Luomun suhteellinen osuus peltoalasta on kuitenkin pieni, minkä vuoksi merkitys on jäänyt vähäiseksi. Lajienvälisiin vuorovaikutussuhteisiin perustuva rikkakasvi-indikaattori helpottaa rikkakasvien pitkäaikaismuutosten ekologisen merkityksen tulkintaa.

Avainsanat: biodiversiteetti, hyönteiset, linnut, indikaattori, rikkakasvit

Application of arable weeds as an indicator for sustainable agriculture

Terho Hyvönen and Erja Huusela-Veistola

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, terho.hyvonen@mtt.fi, erja.huusela-veistola@mtt.fi

Abstract

Monitoring of the populations of organisms associated with farmland provide information on the sustainability of cropping measures. This study aimed at to develop an indicator based on the interactions between arable weeds and animals associated with weeds for the sustainability of cropping measures.

The relative importance of 25 common weed species for farmland birds, pollinators (wild bees), phytophagous insects and pests was explored by recording the number of linkages between weed species and each animal group found from the literature. The weed species were ranked by weighting them by the relative number of above weed-animal linkages. The application of these weights for the exploration of the importance of the long-term changes in weed populations for each animal group in focus was demonstrated. The data of three weed surveys of Finnish spring cereal fields, those conducted in 1961-1964, in 1982-1984 and in 1997-1999, were used for this purpose. The relative area of the herbicide-treated and organically cropped fields in each survey were involved in the calculations.

The literature review showed the relative importance of weed species to vary between animal groups. The general pattern in the changes of the values of indices between decades was similar: a tremendous decline in the values between the 1960s and the 1980s, and a slight increase between the 1980s and the 1990s. The changes in the values of the index of farmland birds were more pronounced between decades compared to other indices, which was due to tremendous changes in the density of some important seed-food plants for farmland birds (e.g. *Chenopodium album*). The changes in the weed density and in the values of pest index followed the same trend as the values of indices of the animal groups. The results showed all indices to react to the intensification of agriculture between the 1960s and the 1980s. In the 1990s, increase in the area of organic farming has been positive for agro-biodiversity. However, its significance remained minor due to small acreage. Indicator based on these differences proved to be applicable in the assessment of the long-term changes in weed populations, enabling the interpretation of the ecological importance of the changes.

Key words: arable weeds, biodiversity, farmland birds, indicator, insects

Johdanto

Maatalouden tehostumisesta johtuva lajiston monimuotoisuuden köyhtyminen on lisännyt tarvetta seurata viljelytoimenpiteiden kestävyyttä. Maatalousympäristöä elinympäristönään käyttävien eliöiden runsauden muutosten seuranta tarjoaa tietoa viljelymenetelmien muutoksista ja niiden kestävyydestä. Koska kaikkien eliöryhmien seuranta on liian työlästä, käytetään indikaattoreina tiettyjä lajeja tai lajiryhmiä (Büchs 2003, EEA 2005).

Peltojen rikkakasvit on yksi ryhmä, jota voidaan käyttää indikaattoriryhmänä (Albrecht 2003). Rikkakasveilla on keskeinen rooli vuorovaikutusten kautta muun peltoeliöstön monimuotoisuuteen (Marshall ym. 2003, Norris & Kogan 2005). Suoraan rikkakasvit vaikuttavat tarjoamalla ruokaa kasvinsyöjille ja epäsuorasti tukemalla ylempien trofiatasojen saaliseläinten populaatioita. Lisäksi rikkakasvit voivat myös muuttaa niveljalkaisten elinympäristön pienilmastoa ja tarjota suojaa sekä lisääntymispaikkoja. Näiden vuorovaikutuksen sisällyttäminen seurantaindikaattoriin mahdollistaisi rikkakasvien runsauden muutosten ekologisten vaikutusten syvemmän tulkinnan.

Maatalousmenetelmien kestävyyttä indikoivan eliöryhmän on reagoitava viljelymenetelmien muutoksiin. Rikkakasvien pitkäaikaisuutosten tutkimukset ovat osoittaneet rikkakasvien täyttävän tämän vaatimuksen. Keskeisiä rikkakasvien runsautteen vaikuttavia tekijöitä ovat valikoivien torjunta-aineiden käyttö (Salonen 1993, Albrecht 1995, Andreassen ym. 1996, Robinson & Sutherland 2002), typpilannoitus (Erviö & Salonen 1987, Mahn 1988), viljelykierto (Haas & Streibig 1982, Erviö & Salonen 1987) ja muokausmenetelmät (Vanhala & Pitkänen 1998).

Maatalouden tehostumisen myötä viljelymenetelmissä tapahtuneet muutokset ovat aiheuttaneet rikkakasvipopulaatioiden jyrkän vähenemisen useassa maassa, kuten Suomessa (Erviö & Salonen 1987), Saksassa (Albrecht 1995), Tanskassa (Andreassen ym. 1996) ja Iso-Britanniassa (Sutcliffe & Kay 2000, Robinson & Sutherland 2002). Samanaikainen romahdus rikkakasvien ja muiden maatalousympäristön eliöiden populaatioissa (Robinson & Sutherland 2002) nostaa esiin kysymyksen vuorovaikutusten merkityksestä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää biodiversiteetti-indikaattori, joka kuvaisi rikkakasvien ja muiden pellon eliöiden välisiä vuorovaikutuksia sekä soveltaa kehitettyä indikaattoria Suomen kevätiljapeltojen rikkakasvien runsauden pitkäaikaisuutosten tutkimiseen. Tutkittaviksi ryhmiksi valittiin siemeniä ravintonaan käyttävät peltolinnut, mesipistiäiset ja kasvinsyöjähyönteiset. Rikkakasvien kasvinviljelylle aiheuttamaa haittaa arvioitiin kehittämällä indeksi myös rikkakasveja ravintonaan käyttäville viljelykasvien tuhohyönteisille sekä tutkimalla rikkakasvien kokonaistiheyden pitkäaikaisuutoksia.

Aineisto ja menetelmät

Kirjallisuuskatsaus

Rikkakasvien lajilista sekä rikkakasviaineisto indeksien arvojen laskemiseen ovat peräisin kolmesta Suomen kevätiljapeltojen rikkakasvikartoituksesta, jotka tehtiin vuosina 1961-1964, 1982-1984 ja 1997-1999. Kartoitusten aineisto ja menetelmät on kuvattu yksityiskohtaisesti seuraavissa julkaisuissa: 1960-luku Mukula ym. (1969), 1980-luku Erviö & Salonen (1987) ja 1990-luku Salonen ym. (2001). Mukaan tutkimukseen otettiin kaikki rikkakasvilajit, joista oli yksilömääräaineistoa olemassa kaikilta kolmelta vuosikymmeneltä. Kortteet jätettiin kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle, koska ne eivät ole siemenkasveja. Lopullinen lajilista käsitti 25 lajia (Taulukko 1). Valitut lajit kattoivat suurimman osan rikkakasvien kokonaismäärästä eri vuosikymmeninä.

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olleet rikkakasvilajit ja niiden ominaisuudet.

Kasvilaji	Tieteellinen nimi	Elinkierto ¹	Pölytystapa ²	Yleisyys ³
Kärsämöt	<i>Achillea</i> spp.	M	H	5
Lutukka	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Y	H	22
Jauhosavikka	<i>Chenopodium album</i>	Y	T	68
Pelto-ohdake	<i>Cirsium arvense</i>	M	H	22
Juolavehnä	<i>Elymus repens</i>	M	T	66
Peltokonnauris	<i>Erysimum cheiranthoides</i>	Y	H	47
Kiertotatar	<i>Fallopia convolvulus</i>	Y	I	52
Peltoemäkki	<i>Fumaria officinalis</i>	Y	H	40
Pillikkeet	<i>Galeopsis</i> spp.	Y	H/I	70
Matarat	<i>Galium</i> spp.	Y	H	41
Savijäkkärä	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	Y	H	34
Peipit	<i>Lamium</i> spp.	Y	H	30
Linnunkaali	<i>Lapsana communis</i>	Y	H	52
Peltolemmikki	<i>Myosotis arvensis</i>	Y	H	46
Ukontatar	<i>Persicaria lapathifolia</i>	Y	H	42
Pihatatar	<i>Polygonum aviculare</i>	Y	I	58
Rönsyleinikki	<i>Ranunculus repens</i>	M	H	19
Suolaheinät	<i>Rumex</i> spp.	M	T	6
Peltovalvatti	<i>Sonchus arvensis</i>	M	H	38
Peltohatikka	<i>Spergula arvensis</i>	Y	H	51
Peltopähkämö	<i>Stachys palustris</i>	M	H	<5
Pihatähtimö	<i>Stellaria media</i>	Y	H	76
Peltoaskuruoho	<i>Thlaspi arvense</i>	Y	H	10
Peltosaunio	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	Y	H	40
Pelto-orvokki	<i>Viola arvensis</i>	Y	H	84

¹Y = 1-vuotinen ja M = monivuotinen

²H=hyönteispölytteinen, T=tuulipölytteinen ja I=itsepölytteinen

³Esiintymisfrekvenssi (% tutkituista pelloista) viimeisimmässä kevätiljapeltojen rikkakasvikartoituksessa (Salonen ym. 2001)

Rikkakasvilajien (tai sukujen) merkitystä siemeniä ravintonaan käyttäville peltolinnuille, mesipistiäisille, kasvinsyöjähyönteisille ja viljelykasvien tuohyönteisille tutkittiin tekemällä kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuudesta löytyneet rikkakasvien ja muiden eliöryhmien väliset vuorovaikutukset (linkit) rekisteröitiin. Jos rikkakasvilajin mainittiin kuuluvan ravintolajeihin, se sai yhden pisteen riippumatta siitä, kuinka tärkeä se oli kyseisen lajin ravinnossa. Rikkakasvilajien painoarvot kullekin eliöryhmälle laskettiin jakamalla kunkin eliöryhmän kokonaispisteet rikkakasvilajikohtaisella pistemäärällä (Taulukko 2).

Maatalousympäristön lintuyhteisö määriteltiin Tiaisen & Pakkalan (2000) mukaan (51 lajia, joista 27 lajia käytti siemeniä ravintonaan). Rikkakasvilajien merkitystä maatalousympäristön lintujen ravinnossa selvitettiin The Birds of The Western Palearctic -kirjasarjaan (Cramp 1983, Cramp 1985, Cramp 1988, Cramp & Brooks 1992, Cramp & Perrins 1994, Cramp & Perrins 1996) ja Marshall ym. (2001) -kirjallisuuskatsaukseen perustuen. Lisätietoa saatiin seuraavista lähteistä: Potts (1970), Newton (1972) ja Pulliainen (1984). Rikkakasvien merkitystä pölyttäjille tutkittiin Elfvingin (1968) avulla (232 lajia, joista 74 lajilla oli kukkakäyntejä). Rikkakasvilajien merkitystä kasvinsyöjähyönteisille tutkittiin Phytophagous Insect Data Bank (PIDB)-tietokannan tietoihin perustuen (Ward 1988). Tietokannasta saatiin selville hyönteisten isäntäkasvit. Näistä havainnoista tutkittiin myös, kuinka moni löydetystä hyönteisistä voi olla viljelykasvin tuholainen Suomessa. Tuhohyönteisindeksissä huomioitiin lisäksi tuhohyönteisinä esiintyvien kirvojen mahdollisina isäntäkasveina toimivat rikkakasvit (kirvojen ravintokasvit: Heie (1995) ja levinneisyystietous Suomessa: Huldén & Heikinheimo (1984)). Lajien merkitys tuholaisena Suomessa perustui asiantuntija-arvioon.

Indeksien laskeminen

Aluksi laskettiin keskimääräinen rikkakasvitiheys erikseen torjunta-aineilla käsitellyille ja käsittelemättömille peltolohkoille (808 käsiteltyä ja 2158 käsittelemätöntä lohkoa 1960-luvulla, 260 käsiteltyä ja 260 käsittelemätöntä lohkoa 1980-luvulla, 457 käsiteltyä ja 68 käsittelemätöntä lohkoa 1990-luvulla) sekä luonnomukaisesti viljelyille peltolohkoille (165 lohkoa 1990-luvulla). Näiden keskiarvojen perusteella laskettiin rikkakasvien määrää koko Suomen kevätiljapeltoalalla kullakin vuosikymmenellä niin, että kunkin vuosikymmenen keskimääräinen rikkakasvitiheys jaettiin käsittelytyypin (käsittelemätön, käsitelty, luomu) pinta-alalla Suomessa kullakin vuosikymmenellä. Torjunta-aineilla käsitellyn ja käsittelemättömän pinta-ala otettiin torjunta-aineiden myyntitilastoista (Köppä 1963, 1964, 1965, Tiittanen & Blomqvist 1983, Vasarainen & Blomqvist 1984, Hynninen & Blomqvist 1985, 1998, 1999, Londesborough ym. 2000), joissa oli arvioitu pinta-ala, jonka käsittelyyn myyty torjunta-ainemäärä olisi riittänyt. Kun rikkakasvien kokonaismäärä eri käsittelytyypeillä oli arvioitu, luvut jaettiin Suomen ke-

vätviljapeltojen kokonaisalalla kullakin vuosikymmenellä. Näin tulokseksi saatiin keskimääräinen rikkakasvitiheys (kasviyksilöitä neliömetrillä) kullakin vuosikymmenellä painotettuna käsitellyn, käsittelemättömän ja luomuviljelyn pinta-alalla.

Lopullinen indeksi kullekin vuosikymmenelle laskettiin kertomalla yllä saadut tiheydet rikkakasvilajikohtaisilla painoarvoilla (Taulukko 2) ja laskemalla arvot yhteen eliöryhmäkohtaisesti. Juolavehna (*Elymus repens*) ei ollut mukana lintu-, mesipistiäis- eikä kasvinsyöjähyönteisindeksissä, mutta se oli mukana rikkakasvien kokonaistiheyden ja tuhohyönteisindexin laskemisessa (Kuva 1B).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lajien väliset vuorovaikutukset

Eri rikkakasveja ravintonaan käyttävien lajien määrä vaihteli eläinryhmien välillä (Taulukko 2). Erot vuorovaikutusten määrässä olivat riippuvaisia kyssä olevan eliöryhmän lajimäärästä. Esimerkiksi, kasvinsyöjähyönteisten osalta mukana olivat kaikki lajit, jotka löytyivät PIDB-tietokannasta eli kaikki Britanniassa julkaistut hyönteis-kasvi-vuorovaikutukset. Sen sijaan muissa eliöryhmissä tarkastelussa olleet lajit rajattiin Suomessa esiintyviin lajeihin, ja siten lajiryhmät olivat pienempiä. Lisäksi vain Suomessa tärkeät tuhohyönteiset olivat mukana tarkastelussa.

Kirjallisuuskatsaus osoitti rikkakasvilajien suhteellisen merkityksen vaihtelevan eri eliöryhmien välillä. Peltolinnuille tärkeimpiä olivat lajit, jotka pystyvät tuottamaan paljon siemeniä, kuten jauhosavikka ja pihatatar. Rikkakasvien merkitys siemensyöjälinnuille on tiedetty jo aiemmin (Potts 1970, Pulliainen 1984, Wilson ym. 1999). Mesipistiäisille tärkeimmät lajit olivat hyönteispölytteisiä lajeja, kuten kärsämöt, pelto-ohdake ja peltovalvatti. Kasvinsyöjähyönteisten kohdalla vaihtelu rikkakasvilajien välillä oli kaikkein suurinta. Jotkut muille eliöryhmille vähemmän tärkeät lajit (mm. juolavehna ja matarat) olivat tärkeitä kasvinsyöjähyönteisille. Rikkakasveja ravintonaan käyttävien tuhohyönteisten lajimäärät olivat alhaisia. Tuhohyönteisille tärkein rikkakasvilaji oli juolavehna.

Taulukko 2. Vuorovaikutusten lukumäärä rikkakasvilajien ja lintujen (L), me-
sipistiäisten (M), kasvinsyöjähyönteisten (KH) sekä tuhohyönteisten (TH)
välillä. Lajikohtaiset painoarvot perustuvat vuorovaikutusten lukumäärään.

Kasvilaji	Vuorovaikutusten lukumäärä				Painoarvo			
	L ¹	M ²	KH ³	TH ⁴	L	M	KH	TH
Kärsämöt	2	27	110	2	0,013	0,171	0,152	0,036
Lutukka	4	2	13	5	0,026	0,013	0,018	0,089
Jauhosavikka	17	0	31	3	0,111	0,000	0,043	0,054
Pelto-ohdake	6	23	50	3	0,039	0,146	0,069	0,054
Juolavehnä ⁵	2	0	71	10	0,013	0,000	0,098	0,179
Peltoukonnauris	1	4	8	1	0,007	0,025	0,011	0,018
Kiertotatar	2	0	6	2 ^{**}	0,013	0,000	0,008	0,036
Peltoemäksi	6	0	3	2	0,039	0,000	0,004	0,036
Pillikkeet	7	12	16	0	0,046	0,076	0,022	0,000
Matarat	8	0	40	3	0,052	0,000	0,055	0,054
Savijäkkärä	0	0	1	0	0,000	0,000	0,001	0,000
Peipit	1	14	18	0	0,007	0,089	0,025	0,000
Linnunkaali	2	12	8	1	0,013	0,076	0,011	0,018
Peltolemmikki	6	3	3	1	0,039	0,019	0,004	0,018
Ukontatar	4	6	10	2 ^{**}	0,026	0,038	0,014	0,036
Pihatatar	17	1	61	3 ^{**}	0,111	0,006	0,084	0,054
Rönsyleinikki	14	4	32	3	0,092	0,025	0,044	0,054
Suolaheinät	13	0	73	3	0,085	0,000	0,101	0,054
Peltovalvatti	6	18	30	1	0,039	0,114	0,042	0,018
Peltohatikka	8	2	8	1	0,052	0,013	0,011	0,018
Peltopähkämö	1	7	14	1	0,007	0,044	0,019	0,018
Pihataähtimö	11	3	71	2	0,072	0,019	0,098	0,036
Peltotaskuruoho	4	0	12	3	0,026	0,000	0,017	0,054
Peltosaunio	1	17	31	2 [*]	0,007	0,108	0,043	0,036
Pelto-orvokki	10	3	2	2	0,065	0,019	0,003	0,036
Yhteensä	153	158	722	56	1.000	1.000	1.000	1.000

¹Lähde: *Birds of Western Palearctic-kirjasarja*

²Lähde: *Elfvig (1968)*

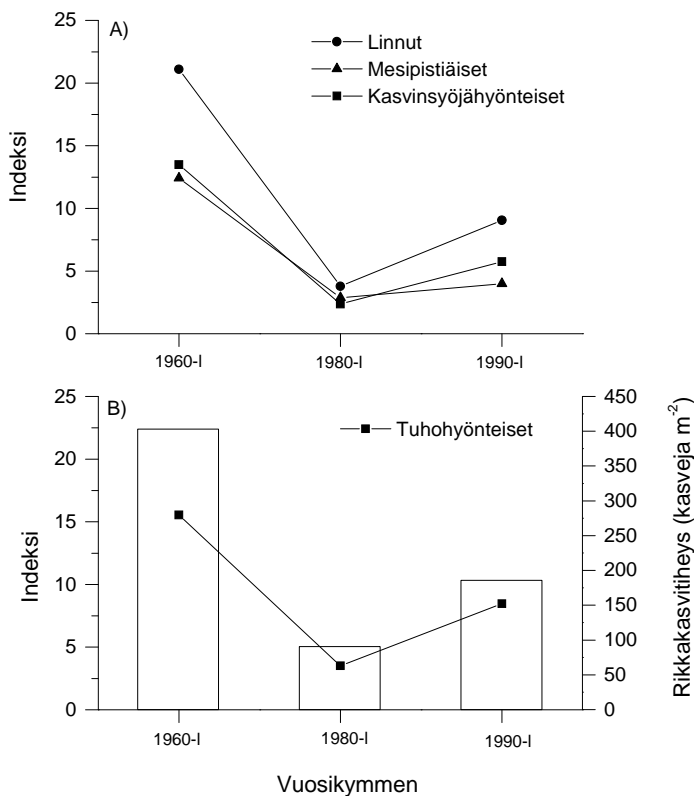
³Lähde: *Phytophagous Insect Data Base (PIDB)-tietokanta*

⁴Suomessa tärkeät tuhohyönteiset; perustuu asiantuntija-arvioon ja *Phytophagous Insect Data Base (PIDB)-tietokannasta koottuun tietoon sekä Heie (1995) kirvat kasvisuvuittain (paitsi ^{*}*Matricaria* & *Tripleurospermum*, ^{**}*Polygonum*) ja kirjojen levinneisyystietoihin (Huldén & Heikinheimo 1984)*

⁵Mukana ainoastaan tuhohyönteisindeksiarvojen laskelmissa

Vuosikymmenten väliset muutokset

Eri eliöryhmien indeksiarvojen vaihtelu vuosikymmenten välillä oli samankaltainen: voimakas lasku 1960- ja 1980-lukujen välillä ja hienoinen nousu 1980- ja 1990-lukujen välillä (Kuva 1A). Voimakkain muutos vuosikymmenten välillä oli lintuindeksissä, mikä johtui joidenkin linnuille tärkeiden ravintokasvien (mm. jauhosavikka) voimakkaista runsauden muutoksista. Rikkakasvien kokonaismäärän ja tuhohyönteisindeksin arvot vaihtelivat samalla tavoin kuin muiden eliöryhmien indeksit (Kuva 1B).



Kuva 1. Rikkakasvien lukumäärään perustuvat indeksiarvot. A) Lintu-, mesipistiäis- ja kasvinsyöjähyönteisindeksi. B) Tuhohyönteisindeksi (viiva) ja rikkakasvitiheys (pylväät).

Indeksiarvojen muutokset osoittivat, että maatalouden tehostuminen 1960- ja 1980-lukujen välillä on ollut haitallista eri eliöryhmille. Tulos ei ole yllättävä, sillä torjunta-aineilla käsiteltyjen peltolohkojen pinta-ala 1960-luvulla oli huomattavasti pienempi kuin muina vuosikymmeninä. 1990-luvulla torjunta-aineilla käsitellyn pellon ala pieneni maatalouden ympäristötuen, ja erityisesti luomuviljelyn alan kasvaessa. Vaikka luomuviljely on edistänyt lajiston monimuotoisuutta, sen suhteellinen osuus peltoalasta on kuitenkin pieni, minkä vuoksi sen merkitys on jäänyt vähäiseksi.

'Luomuviljelyn ala' on yksi EU:n biodiversiteetti-indikaattoreista IRENA-indikaattorikokoelmassa (EAA 2005). Tulokset osoittivat, että huolimatta luomuviljelyn positiivisista vaikutuksista lajiston monimuotoisuuteen (Hyvönen ym. 2003, Bengtsson ym. 2005), sen vaikutukset jäävät kansallisella tasolla vähäisiksi johtuen pienestä pinta-alasta. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet luomun edut suhteessa tavanomaiseen viljelyyn, mutta luomuvil-

jelyn merkitystä kansallisella tasolla ei ole aiemmin arvioitu. Suomessa luomuviljelyn ala kasvoi Suomen liittyttyä Euroopan Unionin jäseneksi. Luomuviljely ei kuitenkaan yksin riitä palauttamaan lajiston monimuotoisuutta pelloilla.

Kaikilla rikkakasvilajeilla, lukuun ottamatta peippejä, keskimääräinen tiheys oli alempi 1980- kuin 1960-luvulla (Taulukko 3). Suurimmat laskut keskimääräisessä tiheydessä vuosikymmenten välillä havaittiin peltohatikalla (vuosikymmenten välinen ero 58,8 kasviyksilöä m⁻²), pillikkeillä (55,2), pihatähtimöllä (52,1) ja pelto-orvokilla (33,8). 1980- ja 1990-lukujen väliset erot olivat enimmäkseen positiivisia (18 lajilla positiivinen muutos). Suurin kasvu 1980- ja 1990-lukujen välillä oli jauhosavikalla (19,3), pihatähtimöllä (17,2) ja juolavehnällä (13,6). Ainoat lajit, joiden keskiarvot ovat laskeneet 1960-luvulta lähtien, olivat linnunkaali, peltoemäkki ja suolaheinät.

Taulukko 3. Rikkakasvilajien keskimääräinen tiheys (kasveja m⁻²) eri vuosikymmenillä ja vuosikymmenten väliset erot. Rikkakasvitiheydet laskettiin painottamalla alkuperäisiä keskiarvoja torjunta-aineilla käsitellyn, käsittelemättömän ja luomuviljelyn pinta-alalla kullakin vuosikymmenellä.

	Tiheys (kasveja m ⁻²)			Ero	
	1960	1980	1990	1980-1960	1990-1980
Kärsämöt	6,3	0,2	0,2	-6,1	0
Lutukka	1,4	0,1	1,3	-1,3	1,2
Jauhosavikka	37,4	8,0	27,3	-29,4	19,3
Pelto-ohdake	1,0	0,1	0,7	-0,9	0,6
Juolavehnä	18,6	13,2	26,8	-5,4	13,6
Peltoukonnauris	13,8	1,7	5,2	-12,1	3,5
Kiertotatar	2,8	2,7	4,1	-0,1	1,4
Peltoemäkki	5,2	3,0	2,4	-2,2	-0,6
Pillikkeet	63,5	8,3	9,8	-55,2	1,5
Matarat	1,9	1,8	4,6	-0,1	2,8
Savijäkkärä	13,9	0,6	9,5	-13,3	8,9
Peipit	1,3	6,0	2,0	4,7	-4
Linnunkaali	15,0	10,6	6,2	-4,4	-4,4
Peltolemmikki	7,1	3,0	4,9	-4,1	1,9
Ukontatar	11,9	1,2	6,3	-10,7	5,1
Pihatatar	2,1	1,2	3,5	-0,9	2,3
Rönsyleinikki	8,7	0,3	1,6	-8,4	1,3
Suolaheinät	7,1	0,6	0,4	-6,5	-0,2
Peltovalvatti	5,5	0,9	3,2	-4,6	2,3
Peltohatikka	63,2	4,4	16,3	-58,8	11,9
Peltopähkämö	0,5	0,1	0,1	-0,4	0
Pihatähtimö	62,2	10,1	27,3	-52,1	17,2
Peltotaskuruoho	4,0	0,6	0,6	-3,4	0
Peltosaunio	4,2	1,3	4,8	-2,9	3,5
Pelto-orvokki	44,4	10,6	16,6	-33,8	6

Rikkakasvit indikaattorina

Hyvän maatalousympäristön indikaattorin pitäisi olla politiikan kannalta relevantti, analyttisesti luotettava, mitattavissa oleva ja helppo tulkita (OECD 1999). Tässä tutkimuksessa kehitetty rikkakasvi-indikaattori täyttää osittain nämä vaatimukset. Indikaattori on esimerkiksi relevantti maatalouspolitiikan kannalta, koska se reagoi maatalouden ympäristötuen mukanaan tuomiin muutoksiin. Tästä hyvänä esimerkkinä on luomuviljely, joka on yksi maatalouden erityistuen toimenpiteistä. Maatalouden ympäristötukiohjelmat ovat tärkeä työkalu maatalouden biodiversiteetin hallinnassa Euroopan Unionissa.

Tässä tutkimuksessa kehitetyn indikaattorin vahvuus on lajienvälisten vuorovaikutusten sisällyttäminen indikaattoriin. Tulokset osoittivat, että rikkakasvit ovat tärkeä ravinnonlähde useille eliöryhmille. Vaikka eri rikkakasvilajit olivat tärkeitä eri lajeille, indeksien arvot muuttuivat samansuuntaisesti eri eliöryhmillä. Tämän voi tulkita siten, että rikkakasviyhteisön muutos on ollut haitallinen kaikille eliöryhmille. Kasvinsuojelun näkökulmasta on otettava huomioon myös rikkakasvien aiheuttama kilpailu viljelykasvien kanssa sekä rikkakasvien kyky ylläpitää tuhohyönteisten populaatioita. Nämä aspektit ovat myös sisällytetty indeksiin. Tosin painokertoimet perustuivat kirjallisuudesta löydettyjen vuorovaikutusten määrään ilman että niiden merkitystä pystyttiin arvioimaan. Niinpä kaksi rikkakasvilajia voi saada saman painoarvon, vaikka niiden merkitys lajin ravinnossa voi poiketa toisistaan. Painoarvojen arviointi olisi ollut mahdollista peltolintujen ravinnonkäytön osalta (Marshall ym. 2003), mutta muille ryhmille arvion tekeminen on vaikeampaa.

Tässä tutkimuksessa kehitetty indeksi ottaa huomioon koko rikkakasviyhteisön yksittäisten indikaattorilajien sijaan. Siten indeksin arvot eivät ole herkkiä satunnaisvaihtelulle, joka on tyypillistä yksittäisten lajien populaatioille.

Kaikki mukana olleet rikkakasvilajit ovat yleisiä ja laajalle levinneitä lajeja. Tämä yhdessä indeksin helpon sovellettavuuden - indeksin laskemiseksi tarvitaan vain keskimääräinen rikkakasvitiheys tai joku muu mitta rikkakasvien runsaudesta - kanssa mahdollistaa kansainvälisen vertailun. Kansainväliselle vertailulle olisi tarvetta, sillä rikkakasvien romahdusmainen väheneminen maatalouden tehostumisen myötä on osoitettu useassa maassa, mutta sen ekologista merkitystä ei ole pystytty luotettavasti arvioimaan.

Kirjallisuus

- Albrecht, H. 1995. Changes in arable weed flora of Germany during the last five decades. Teoksessa: Proceedings of the 9th EWRS Symposium, Budapest. s. 41-48.
- Albrecht, H. 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 201-211.
- Andreasen, C., Stryhn, H. & Streibig, J.C. 1996. Decline of the flora in Danish arable fields. *Journal of Applied Ecology* 33: 619-626.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. & Weibull, A.C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators – general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 35-78.
- Cramp, S. (toim.). 1983. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 3. Oxford: Oxford University Press. 913 s.
- Cramp, S. (toim.). 1985. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 4. Oxford: Oxford University Press. 970 s.
- Cramp, S. (toim.). 1988. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 5. Oxford: Oxford University Press. 1084 s.
- Cramp, S. & Brooks, D.J. (toim.). 1992. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 6. Oxford: Oxford University Press. 736 s.
- Cramp, S. & Perrins, C.M. (toim.). 1994. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 8. Oxford: Oxford University Press. 912 s.
- Cramp, S. & Perrins, C.M. (toim.). 1996. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 9. Oxford: Oxford University Press. 496 s.
- EEA 2005. *Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report*. Copenhagen: European Environment Agency. 125 s.
- Elfving, R. 1968. Die Bienen Finnlands. *Fauna Fennica* 21: 1-69.
- Ervö, L-R. & Salonen, J. 1987. Changes in the weed population of spring cereals in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 26: 210-226.

- Haas, H. & Streibig, J.C. 1982. Changing patterns of weed distribution as a result of herbicide use and other agronomic factors. Teoksessa: LeBaron, H.M. & Gressel, J. (toim.). *Herbicide Resistance in Plants*. USA: John Wiley & Sons. s. 57-79.
- Heie, O.E. 1995. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark, VI. (Host plant index). *Fauna Entomologica Scandinavica* 31: 189-206.
- Huldén, L. & Heikinheimo, O. 1984. Checklist of Finnish insects Hemipteroidea. *Notulae Entomologica* 64(3): 97-124.
- Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1985. Torjunta-aineiden myynti Suomessa 1984. *Kemia-Kemi* 12: 730-733.
- Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1998. Pesticide sales in Finland in 1997. *Kemia-Kemi* 25: 513-516.
- Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 1999. Pesticide sales in Finland in 1998. *Kemia-Kemi* 26: 498-500.
- Hyvönen, T., Ketoja, E., Salonen, J., Jalli, H. & Tiainen, J. 2003. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 97: 131-149.
- Köppä, P. 1963. The sales of plant protection chemicals in Finland 1962. *Teknillisen kemian aikakauslehti* 20: 446-451.
- Köppä, P. 1964. The sales of plant protection chemicals in Finland 1963. *Teknillisen kemian aikakauslehti* 21: 502-505.
- Köppä, P. 1965. The sales of pesticides in Finland 1964. *Kemian teollisuus* 8: 582-585.
- Londesborough, S., Hynninen, E-L. & Blomqvist, H. 2000. Pesticide sales in Finland in 1999. *Kemia-Kemi* 27: 492-494.
- Mahn, E.G. 1988. Changes in the structure of weed communities affected by agro-chemicals – what role does nitrogen play? *Ecological Bulletins* 39: 71-73.
- Marshall, E.J.P., Brown, V., Boatman, N., Lutman, P. & Squire, G. 2001. The impact of herbicides on weed abundance and biodiversity. PN0940. A report for the UK Pesticide Safety Directorate. UK: IACR-Long Ashton Research Station.
- Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R. & Ward, L.K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43: 77-89.

- Mukula, J., Raatikainen, M., Lallukka, R. & Raatikainen, T. 1969. Composition of weed flora in spring cereals in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 8: 59-109.
- Newton, I. 1972. *Finches*. London: Collins. 288 s.
- Norris, R.F. & Kogan, M. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. *Annual Review of Entomology* 50: 479-503.
- Pulliainen, E. 1984. Changes in the composition of the autumn food of *Perdix perdix* in west Finland over 20 years. *Journal of Applied Ecology* 21: 133-139.
- Potts, G.R. 1970. Studies on the changing role of weeds of the genus *Polygonum* in the diet of partridges. *Journal of Applied Ecology* 7: 567-576.
- Robinson, R.A. & Sutherland, W.J. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
- Salonen, J. 1993. Weed infestation and factors affecting weed incidence in spring cereals in Finland – a multivariate approach. *Agricultural Science in Finland* 2: 525-536.
- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2001. Weeds in spring cereal fields in Finland – a third survey. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 347-364.
- Sutcliffe, O.L. & Kay, Q.O.N. 2000. Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s. *Biological Conservation* 93: 1-8.
- Tiainen, J. & Pakkala, T. 2000. Maatalousympäristön linnuston muutokset ja seuranta Suomessa. *Linnut-vuosikirja 1999*: 98-105.
- Tiittanen, K. & Blomqvist, H. 1983. Torjunta-aineiden myynti Suomessa 1982. *Kemia-Kemi* 10: 759-762.
- Ward, L.K. 1988. The validity and interpretation of insect foodplant records. *British Journal of Entomology and Natural History* 1: 153-162.
- Wilson, J.D., Morris, A.J., Arroyo, B.E., Clark, S.C. & Bradbury, R.B. 1999. A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 75: 13-30.
- Vanhala, P. & Pitkänen, J. 1998. Long-term effects of primary tillage on above-ground weed flora and on the weed seedbank. *Aspects of Applied Biology* 51: 99-104.
- Vasarainen, A. & Blomqvist, H. 1984. Torjunta-aineiden myynti Suomessa 1983. *Kemia-Kemi* 11: 663-666.

Päiväperhosten kannankehitys maatalousluonnon monimuotoisuuden indikaattorina

Mikko Kuussaari¹⁾, Janne Heliölä¹⁾, Juha Pöyry¹⁾ ja Kimmo Saarinen²⁾

¹⁾Suomen ympäristökeskus, Luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelma, PL 140, 00251 Helsinki, mikko.kuussaari@ymparisto.fi, janne.heliola@ymparisto.fi, juha.poyry@ymparisto.fi

²⁾Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinstituutti, Lääkäritie 15, 55330 Tiuruniemi, all.env@inst.inet.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksessa parannettiin päiväperhosseuranta-aineistojen käyttökelpoisuutta ympäristö- ja maatalouspolitiikan vaikutusten tarkkailussa. Työ tehtiin tiivistämällä olemassa oleva tieto maatalousympäristön päiväperhoslajien kannankehityksestä kolmen ekologisen lajiryhmän kannankehitykseen. Perhoset jaoteltiin lajien pääasiallisen elinympäristön mukaan kolmeen ryhmään: pellonpientareiden ja joutomaiden (7), niittyjen ja metsänreunojen (35) ja metsäaukioiden (32) lajit.

Lajien pitkäaikaista kannankehitystä Suomessa tarkasteltiin Suomen suurperhosatlaksen ja valtakunnallisen päiväperhosseurannan aineistojen perusteella. Viimeisen 50 vuoden aikana havaitun kannankehityksen perusteella maatalousympäristön lajit jaoteltiin neljään ryhmään: taantuneet (23), vakaat (17), runsastuneet (27) ja vaihtelevakantaiset lajit (7). Jopa 60 prosenttia niittyjen lajeista oli taantunut, kun taas pellonpientareiden lajeista 86 prosenttia oli yleistynyt. Yleistymisen oli vallitseva suuntaus myös metsänreunojen lajeilla.

Maatalousympäristön päiväperhosindikaattori luotiin käyttäen pohjana lajien elinympäristöluokittelua ja maatalousympäristön päiväperhosseurannan linjalaskenta-aineistoja vuosilta 1999–2006. Kolmen ekologisen lajiryhmän kannat olivat viimeisen kahdeksan vuoden aikana vaihdelleet pääosin samansuuntaisesti. Indikaattorin kehitys raportoidaan vuosittain maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuosiraportissa, joka julkaistaan Suomen Perhostutkijain Seuran Baptria-lehdessä ja seurannan omilla internetsivuilla.

Avainsanat: elinympäristöt, indikaattorit, kannankehitys, linjalaskenta, perhoset, päiväperhoset, populaatiot, seuranta

Population trends of butterflies as a farmland biodiversity indicator

Mikko Kuussaari¹⁾, Janne Heliölä¹⁾, Juha Pöyry¹⁾ and Kimmo Saarinen²⁾

¹⁾Finnish Environment Institute, Research Programme for Biodiversity, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, mikko.kuussaari@ymparisto.fi, janne.heliola@ymparisto.fi, juha.poyry@ymparisto.fi

²⁾South Karelia Allergy and Environment Institute, Lääkärintie 15, FI-55330 Tiuruniemi, Finland, all.env@inst.inet.fi

Abstract

Applicability of butterfly data for the monitoring of the effectiveness of environmental and agricultural policy was improved by condensing information on the population trends of various butterfly species into an indicator describing the average trends in three ecological species groups. Farmland butterflies were classified into three groups based on their principal habitats: (i) arable field margins (7 species), (ii) semi-natural grasslands (35) and (iii) forest edges (32).

Using extensive atlas data from four time periods during the last 50 years in Finland, trends in the occupancy of the species in 10 km grid squares were quantified, and the species were classified into four trend classes: declining (23), stable (17), increasing (27) and fluctuating (7) species. Trends among the species favouring three habitats were different: 60 % of the species of semi-natural grasslands had declined, whereas 86 % of the species typical of open field margins had increased. An increase also predominated in species associated with forest edges.

Farmland butterfly indicator was constructed based on the ecological classification of species and the butterfly transect monitoring data from agricultural landscapes during 1999-2006. Trends in the ecological species groups were rather similar during the last eight years. The development of the farmland biodiversity indicator is reported annually in *Baptria*, the journal of the Finnish Lepidopterological Society, and in the www-pages of the monitoring scheme (<http://www.environment.fi/butterflymonitoring>).

Key words: habitats, indicators, population trend, transect count, butterflies, monitoring

Johdanto

Katsauksessaan biodiversiteetin seurantaan ja indikaattoreihin Auvinen & Toivonen (2006) totesivat, että luonnon monimuotoisuuden seuranta on Suomessa monipuolista ja kattavaa, mutta seurantojen tuottamien tulosten hyödyntämisessä on ollut ongelmia. Suomen biodiversiteetin tilaa ja biodiversiteettipolitiikan vaikuttavuutta koskeneessa arvioinnissa (Hildén ym. 2005) tuli esiin erityisesti käyttökelpoisten lajistollisen monimuotoisuuden kehitystä kuvastavien seurantaindikaattoreiden puute. Ympäristöpolitiikan vaikuttavuuden seurantaan tarvitaan nykyistä enemmän seurantatuloksia havainnollisesti kiteyttäviä mittareita eli indikaattoreita, joiden tietoja voidaan päivittää vuosittain.

Päiväperhoset indikaattoreina

Päiväperhoset ovat esiintymiseltään ja ekologiaaltaan parhaiten tunnettu hyönteisryhmä, ja päiväperhosia on usein käytetty luonnon monimuotoisuuden indikaattoreina (Thomas 2005). Päiväperhoset soveltuvat indikaattoriryhmäksi useastakin syystä (Brereton 2007):

- Ne elävät monenlaisissa elinympäristöissä ja reagoivat nopeasti ympäristömuutoksiin.
- Ne edustavat hyönteisiä, joita on yli puolet maapallon lajeista.
- Ne ovat herkkiä monenlaisille muutoksille elinympäristön laadussa, kuten ympäristön hoidolle, pirstoutumiselle ja ilmaston muutokselle.
- Niiden systematiikka tunnetaan hyvin ja lajit on helppo havaita sekä tunnistaa maastossa.
- Niiden esiintymisestä on poikkeuksellisen hyvin seurantatietoa saatavilla.
- Seurantatiedon kerääminen päiväperhosista on kustannustehokasta.
- Päiväperhoset koetaan myönteiseksi luonnon monimuotoisuuden osaksi ja niiden hyvinvointi kiinnostaa ihmisiä laajasti.

Päiväperhosten seuranta Suomessa

Perhosharrastuksella on Suomessa pitkät perinteet ja sen ansiosta päiväperhosten esiintymisessä tapahtuneista muutoksista on tietoa suhteellisen pitkältä ajalta. Vuonna 2001 ilmestyneessä suurperhosatlaaksessa on koottu levinneisyyskartoille tiedot päiväperhosten esiintymisestä 10 km x 10 km ruuduisa erikseen ennen vuotta 1988 ja vuosina 1988-1997 (Huldén ym. 2000).

Systemaattisten seurantojen ansiosta viimeiseltä 16 vuoden ajanjaksolta päiväperhosten esiintymisestä on saatavilla huomattavasti aiempaa tarkempaa tietoa. Vuonna 1991 käynnistyi Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinsti-

tuutin koordinoima valtakunnallinen päiväperhosten seuranta, jossa kerätään vuosittain tietoa kaikkien päiväperhoslajien esiintymisestä ja runsaudesta 10 km x 10 km ruuduissa (Marttila ym. 2001, Saarinen ym. 2003). Vuonna 1999 käynnistyneessä maatalousympäristön päiväperhosseurannassa puolestaan kerätään vakioireiteiltä vielä tarkempaa tietoa linjalaskentamenetelmällä (Kuussaari ym. 2000, Heliölä & Kuussaari 2005). Linjalaskentaseuranta tuottaa vuosien välillä vertailukelpoista runsaustietoa päiväperhosten esiintymisestä maatalousympäristöissä elinympäristölaikun tasolla noin 50 seuranta-alueelta Etelä-Suomesta. Valtakunnallinen seuranta tuottaa karkeampaa lajien esiintymistietoa vuosittain yli 500:sta kymmenen kilometrin ruudusta koko Suomen alueelta.

Päiväperhoset sopivat hyvin maatalousluonnon monimuotoisuuden indikaattoreiksi, sillä Suomessa vakituisesti tavattavista reilusta 100 päiväperhoslajista 74 lajia esiintyy maatalousympäristössä (Pitkänen ym. 2001). Lähinnä perhosharrastajien vapaaehtoiseen työpanokseen pohjautuvan maatalousympäristön päiväperhosseurannan ohella linjalaskentamenetelmää on käytetty maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden Mytvas-seurannassa (Kuussaari & Heliölä 2004, Kuussaari ym. 2007a). Mytvas-seurantaa on tehty 58 eteläsuomalaisella maatalousalueella. Nämä neliökilometrin kokoiset seuranta-alueet muodostavat edustavan otoksen suomalaisista maatalousympäristöistä, sillä ne valittiin ositetulla satunnaisotannalla Etelä-Suomen maatalousalueilta. Perhosia on laskettu vuosittain 2001-2006 yhteensä 12 Mytvas-alueella. Muilla alueilla seurantalaskentoja on tehty vuosina 2001 ja 2005.

Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen pyrkimyksenä oli parantaa olemassa olevien päiväperhosseuranta-aineistojen käyttökelpoisuutta ympäristö- ja maatalouspolitiikan vaikutusten seurannassa. Tutkimus toteutettiin MOSSE-tutkimusohjelman maatalousosion (LUMOTTU; Otsamo 2005) hankkeen "Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit" osana. Osahankkeen tavoitteena oli kehittää maatalousympäristön päiväperhosille lajien elinympäristöihin ja kannankehitykseen pohjautuva indikaattori, joka tarjoaisi vuosittain päivitetävää tietoa maatalousympäristön lajien kannankehityksestä. Työ jakautui kolmeen vaiheeseen:

- Maatalousympäristön lajien määrittely ja ekologinen luokittelu eri elinympäristöjen lajeihin.
- Lajien kannankehityksen tarkastelu viimeisten 50 vuoden aikana ja jaottelu taantuneisiin, vakaisiin, runsastuneisiin ja vaihtelevakantaisiin lajeihin.
- Vuosittain päivitettävän indikaattorin laatiminen eri elinympäristöjen lajeille maatalousympäristön linjalaskentaseurantojen aineistoja käyttäen.

Perustelut maatalousympäristön lajien ekologiselle luokittelulle on julkaistu jo aiemmin (Pitkänen ym. 2001, Kuussaari & Heliölä 2004, Kuussaari ym. 2007b). Tässä raportissa keskitymme lajien kannankehitykseen viimeisten 50 vuoden aikana ja esittelemme vuosittain päivitettävän, maatalousympäristön eri elinympäristöjen lajien kannankehitystä seuraavan päiväperhosindikaattorin.

Aineisto ja menetelmät

Ekologinen luokittelu

Päiväperhoslajien ekologisen luokittelun pohjana käytettiin Pitkäsen ym. (2001) esittämää maatalousympäristön 74 lajin jaottelua kolmeen ryhmään niiden pääasiallisen elinympäristön perusteella: (i) pellonpientareiden ja joutomaiden, (ii) niittyjen ja (iii) metsänreunojen ja metsäaukioiden lajit. Pitkänen ym. (2001) tekivät luokittelunsa kirjallisuuden ja asiantuntija-arvioiden perusteella, mutta myöhemmin empiiriset päiväperhosten tutkimusaineistot ovat tukeneet heidän luokitustaan.

Mytvas-tutkimuksen linjalaskentamenetelmällä vuosina 2000-2003 kerätyssä aineistossa päiväperhoslajien esiintymistiheydet eri elinympäristöissä vaihtelivat joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta Pitkäsen ym. (2001) esittämän lajien elinympäristöluokituksen mukaisesti (Kuussaari & Heliölä 2004). Kaikki Mytvas-aineistossa indikaattorilajianalyysin (Dufréne & Legendre 1997) mukaan niityille painottuneet päiväperhoslajit oli luokiteltu niitylajeiksi myös Pitkäsen ym. (2001) luokituksessa, ja metsänreunoihin painottuneista lajeista neitoperhonen oli ainoa, jota Pitkänen ym. (2001) eivät luokitelleet metsäympäristön lajiksi.

Peltoympäristöön luokitelluista lajeista useat esiintyivät Mytvas-aineistossa runsaina myös metsänreunoissa ja niityillä. Niiden osuus pellonpientareiden päiväperhosten kokonaisuusilömäärästä oli kuitenkin korkea, toisin kuin selkeästi muihin elinympäristöihin painottuvilla lajeilla. Näillä lajeilla, kuten lanttu-, kaali- ja neitoperhosella sekä amiraalilla, mielekäs luokitusperuste peltoympäristöön on se, että ne tulevat toimeen pellonpientareilla suurin piirtein yhtä runsaina kuin niityillä ja metsänreunoissa, toisin kuin valtaosa maatalousympäristön päiväperhosista.

Tutkimuksessaan maatalousympäristön päiväperhosten kannankehityksestä Suomessa Kuussaari ym. (2007b) tekivät yhden muutoksen Pitkäsen ym. (2001) esittämään luokitukseen siirtämällä isokultasiiven pellonpientareet ja joutomaat –luokasta niittyjen lajiksi. Perusteena oli se, että vaikka isokultasiipeä on viime aikoina havaittu myös joutomailla, kuten vanhoilla kaato- paikka-alueilla, on se maatalousympäristöissä tyypillisesti kosteiden ran-

taniittyjen laji (Haahtela ym. 2006). Tässä raportissa käytämme Kuussaaren ym. (2007b) mukaista päiväperhosten ekologista luokittelua.

Kannankehitys viimeisten 50 vuoden aikana

Lajien kannankehitystä Suomessa tutkittiin käyttäen 10 km x 10 km ruuduista saatavilla olevia, ennen vuotta 2004 kerättyjä päiväperhosten esiintymisaineistoja. Havainnot jaettiin neljään ajanjaksoon: ennen vuotta 1960, 1960-1990, 1991-1998 ja 1999-2003. Jako tehtiin siten, että kaikille ajanjaksoille saatiin suhteellisen suuri ja tasaisesti jakautunut määrä havaintoja (Taulukko 1). Muutoksia mitattiin laskemalla jokaiselle maatalousympäristön 74 lajille sen asuttamien ruutujen osuus kullakin jaksolla.

Käytetty perhosten esiintymisaineisto oli peräisin kahdesta lähteestä. Havainnot ennen vuotta 1991 saatiin Luonnontieteellisen keskusmuseon havaintotietokannasta, johon on kerätty laajasti tietoja perhosten esiintymisestä Suomessa eri ajanjaksoilla. Tietokannan havainnot julkaistiin Suomen suurperhosatlas –kirjana vuonna 2001 (Huldén ym. 2000). Vuosien 1991-2003 havainnot saatiin Valtakunnallisesta päiväperhosseurannasta (Saarinen ym. 2003). Tutkimuksen tulokset on julkaistu tieteellisenä artikkelina (Kuussaari ym. 2007b), jossa on kuvattu käytetyt aineistot ja menetelmät yksityiskohtaisemmin kuin tässä raportissa.

Aineiston laatu ja tutkimusruutujen valinta. Mahdollisia eroja aineiston laadussa eri tarkasteluajanjaksojen välillä tutkittiin vertaamalla yleisten ja harvinaisten lajien havaintomääriä eri ajanjaksoilla. Lajien yleisyyttä mitattiin kuusiportaisella luokittelulla pohjautuen samoilta ajanjaksoilta käytettävissä oleviin käsikirjoihin Suomen perhosista. Havainnointiaktiivisuuden vaikutusta lajien kannankehitystuloksiin tutkittiin tarkastelemalla kannankehitystä erikseen eri aktiivisuudella tutkituissa ruuduissa, joista oli ≥ 1 , ≥ 10 , ≥ 40 ja ≥ 100 havaintoa tarkastelujaksolta.

Koska havainnointiaktiivisuudella todettiin olevan suuri vaikutus kannankehitystuloksiin, rajattiin kannankehitystarkastelut vain parhaiten tutkittuihin ruutuihin. Analyyseihin otettiin mukaan kaikki ne ruudut, joilta oli ≥ 40 havaintoa ennen vuotta 1960 ja samat ruudut myöhemmiltä ajanjaksoilta, mikäli myös niiltä oli ≥ 40 havaintoa. Lisäksi mukaan otettiin ne ruudut, joilta oli ≥ 40 havaintoa kaikilta kolmelta viimeiseltä tarkastelujaksolta. Näin jokaiselta tarkastelujaksolta saatiin analyyseihin mukaan 90-100 hyvin tutkittua 10 km ruutua (Taulukko 1).

Taulukko 1. Yhteenvedo pitkäaikaisen kannankehityksen tarkastelussa käytetystä havaintoaineistosta 10 km x 10 km yhtenäiskoordinaattiruuduissa. *Mediaanihavaintovuoden laskelmissa yli vuoden pituisen aikajakson havainnoista käytettiin havaintovuotena jakson viimeistä vuotta.

	Tarkastelujakso			
	<1960	1960-1990	1991-98	1999-2003
Mediaani havaintovuosi*	1955	1985	1995	2001
Havaintojen määrä				
koko aineisto	15222	38225	51990	51559
ruudut, joista ≥ 40 havaintoa	9753	29778	44568	43161
Tutkimusruutujen määrä, joista				
≥ 1 havaintoa	727	1244	1044	1053
≥ 10 havaintoa	294	552	626	682
≥ 40 havaintoa	90	251	346	349
≥ 100 havaintoa	33	92	153	157
Valitut hyvin tutkitut ruudut (n=141)	90	97	95	100
havaintojen määrä	9753	14434	18111	16922
osuus (%) jakson kaikista havainnoista	64,1	37,8	34,8	32,8
keskimääräinen havaintojen määrä/ruutu	108,4	148,8	190,6	169,2
keskimääräinen lajien määrä/ruutu	42,1	38,3	37,5	39,7

Kannankehitystrendit eri elinympäristöissä. Kunkin lajin kannankehitystä analysoitiin sovittamalla sen esiintymisaineistoon yleistetty lineaarinen sekamalli (generalized linear mixed model). Epälineaaristen kehitystrendien havaitsemiseksi tarkasteltiin myös toisen ja kolmannen asteen termien merkitsevyyttä tavanomaisen ensimmäisen asteen termin lisäksi. Mallinnustulosten perusteella lajit jaoteltiin kannankehityksen suhteen neljään luokkaan: taantuneisiin, vakaisiin, yleistyneisiin ja kannaltaan vaihteleviin lajeihin. Epäselvissä tapauksissa luokittelun apuna käytettiin lisäksi havaintoja lajien esiintymistaajuuden muutoksista 210:ssä hyvin tutkitussa ruudussa kahden viimeisen tarkastelujakson aikana.

Lajin suosiman elinympäristön ja kannankehitysluokan välistä suhdetta tarkasteltiin ei-parametrisellä Kruskal-Wallis testillä vertaamalla, poikkesiko lajien keskimääräinen kannankehitys merkitsevästi eri elinympäristöjen välillä. Tarkastelua varten eri kannankehitysluokille annettiin seuraavat arvot: taantunut = -1, vakaa = 0 ja yleistynyt = 1. Vaihtelevakantaiset lajit jätettiin analyysin ulkopuolelle.

Vuosittain päivitettävä päiväperhosindikaattori

Maatalousympäristön päiväperhosten elinympäristö- ja kannankehitysluokitte-
lut yhdessä linjalaskentaan pohjautuvan maatalousympäristön päiväperhos-
seurannan kanssa muodostavat hyvän pohjan vuosittain päivitettävälle päivä-
perhosindikaattorille. Perhosten indikaattoriaikasarjoja julkaistiin ensimmäi-
sen kerran maatalousympäristön päiväperhosseurannan kesän 2004 vuosi-
raportissa (Heliölä ym. 2005). Nykyisenlaista lajien elinympäristöluokitukseen
pohjautuvaa aikasarjaa on julkaistu kesän 2005 vuosi-
raportista lähtien (He-
liölä ym. 2006). Seuraavassa on kuvattu periaatteet, joilla päiväperhosindi-
kaattori muodostettiin.

Jotta eri paikkojen ja vuosien perhoslaskennat saatiin keskenään vertailukel-
poisiksi, oli seurantaindeksin laadinnassa otettava huomioon laskentalinjojen
välinen vaihtelu linjan pituudessa ja laskentakertojen määrässä. Linjan pituu-
den osalta vertailukelpoisuus saavutettiin laskemalla kullekin lajille kullakin
linjalla keskimääräinen perhostiheys (yksilöä kilometrillä/vakiomäärä lasken-
toja). Lajin lopullinen vuosi-indeksi muodostettiin keskiarvona kaikkien ky-
seisenä vuonna laskettujen linjojen yksilötiheyksistä. Kunkin lajin osalta
indeksiin sisällytettiin vain sellaiset linjat, joilla laji oli havaittu ainakin ker-
ran jonakin vuonna. Jättämällä "nollalinjat" pois indeksistä poistui ongelma
linjoista, jotka sijaitsevat tarkasteltavan lajin levinneisyysalueen ulkopuolella.

Laskentakertojen määrän vaihtelu poistettiin siten, että kultakin linjalta poi-
mittiin vakiomäärä laskentoja, seitsemän laskentaa kesässä, ja näiden havain-
not summattiin yhteen. Seitsemän laskentaa oli kompromissi, jolla saavuteti-
ttiin kohtuullisen hyvän kesän eri aikoina lentävien lajien kattavuus ilman, että
kovin monia liian harvoin laskettuja linjoja tarvitsi jättää indeksin ulkopuo-
lelle. Yhtenä perusteena oli myös se, että Mytvas-linjoilla on käytetty seitse-
män laskentakerran otosta.

Yksi vertailuja vaikeuttava virhelähde on lajien lentoajan vaihtelu vuosien
välillä (Kuussaari ym. 2002). Esimerkiksi kesällä 2004 monet lajit aloittivat
lentonsa 2-3 viikkoa myöhemmin kuin vaikkapa aikaisina vuosina 1999 ja
2000. Jos indeksiin poimittavat seitsemän laskentaa valitaan joka vuosi me-
kaanisesti samalta kalenteriviikolta, vuosien vertailtavuus kärsii. Tästä syystä
indeksiin otetut seitsemän laskentaa valittiin tasavälein, mutta käyttäen liu-
kumaa kunkin kesän olosuhteista riippuen. Periaatteena oli, että jokaisena
vuonna seitsemästä laskennasta keskimääräinen valittiin viikolta, jolla päivä-
perhosten kokonaislajimäärä oli huipussaan. Huippu ajoittuu vuodesta riippu-
en heinäkuun alun – puolivälin tienoilta. Loput laskennat valittiin sen jälkeen
tästä noin kahden viikon väliajoin, kolme aiemmin ja kolme myöhemmin.

Eri vuosina indeksiarvoon sisältyvä linjajoukko vaihtelee hieman, koska
melko harva linja on laskettu kaikkina vuosina 1999-2006. Mukaan indeksiin
otettiin ainoastaan ne linjat, joilta oli riittävä määrä laskentoja ainakin kah-

delta vuodelta. Vain satunnaisesti linjoilla tavattavien lajien osalta indeksiä ei ole mielekäästä laskea, sillä pienessä havaintojoukossa satunnaisvaihtelu on suurta. Havainnoita katsottiin olevan riittävästi yhteensä 52 päiväperhoslajista.

Viimeinen vaihe eri elinympäristöjen lajien aikasarjojen tuottamisessa oli yksittäisten lajien aikasarjojen yhdistäminen erikseen niittyjen, metsänreunojen ja peltoalueiden päiväperhoslajien osalta (Heliölä ym. 2006). Vertailukohdaksi otettiin lajien keskitiheydet vuonna 1999, joille annettiin arvo 100. Myöhempiä vuosia verrattiin tähän, ja saaduille prosenttiluvuille tehtiin logaritminmuunnos. Näin lajit saatiin paremmin keskenään vertailukelpoisiksi, sillä vähälukuisilla lajeilla havaintomäärien vuosivaihtelu on usein suhteetoman suurta. Lopuksi arvot skaalattiin takaisin asteikolle, jossa vuoden 1999 kanta on 100, ja kullekin lajiryhmälle laskettiin vuosikohtaiset keskiarvot.

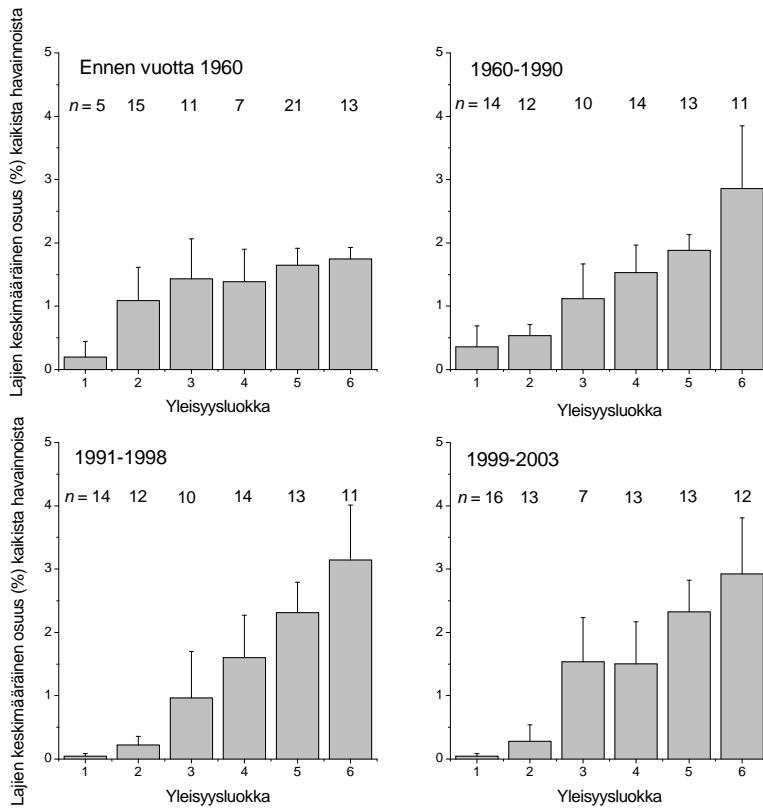
Tulokset

Ruutuhavaintojen laadun vaihtelu

Vertailu 10 km ruutujen perhoshavaintojen jakautumisesta lajien yleisyysluokkiin osoitti eroja havaintoaineiston laadussa neljän tarkastelujakson välillä (Kuva 1). Yleiset lajit olivat aliedustettuina ja harvinaiset lajit yliedustettuina vanhassa aineistossa. Esimerkiksi kahdella ensimmäisellä tarkastelujaksolla kaikkein harvinaisimman luokan lajit muodostivat keskimäärin 0,20-0,36 % kaikista jakson havainnoista, kun viimeisellä tarkastelujaksolla näiden lajien osuus oli keskimäärin vain 0,05 % jakson havainnoista. Kahdella viimeisellä jaksolla kahden yleisimmän luokan lajit muodostivat suhteellisesti suuremman osuuden kaikista havainnoista kuin aiemmillä jaksolla.

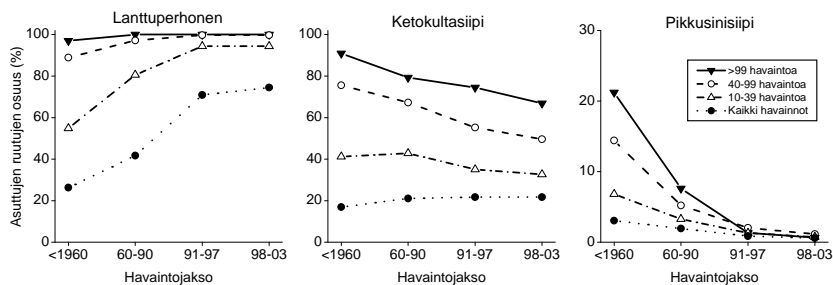
Havainnointiaktiivisuuden vaikutus kannankehitykseen

Tutkimusruutujen havainnointiaktiivisuudella oli huomattava vaikutus lajien kannankehitystrendeihin. Tämä selvisi, kun kannankehitystä tarkasteltiin erikseen käyttäen havainnointiaktiivisuuden mukaisesti neljällä eri tavalla rajattuja aineistoja. Kaikkien havaintojen pohjalta yleisillä lajeilla havaittiin tyypillisesti selvä asuttujen ruutujen osuuden kasvu neljän tarkastelujakson aikana. Yleensä nouseva trendi kuitenkin heikkeni, hävisi tai jopa kääntyi laskevaksi, kun kannankehitystä tarkasteltiin vain hyvin tutkittujen ruutujen perusteella.



Kuva 1. Atlas-ruutuhavaintojen laatuvahtelu Kuussaaren ym. (2007b) mukaan. Neljän tarkastelujakson perhoshavainnot maatalousympäristön 74 päiväperhoslajista on jaoteltu lajien yleisyyden mukaan kuuteen luokkaan. Jokaisessa yleisyysluokassa pylväs kuvaa kyseisen yleisyysluokan lajien keskimääräistä (+ keskihajonta) osuutta tarkastelujakson kaikista havainnoista. Pylväiden yläpuolella olevat luvut kertovat yleisyysluokan lajien määrän. Isokultasiipi ja karttaperhonen, jotka tavattiin Suomesta vasta vuoden 1960 jälkeen, puuttuvat ensimmäisen jakson tarkastelusta.

Kuvassa 2 on esitetty kolme edustavaa esimerkkiä eri tavoin rajattujen aineistojen perusteella lasketuista kehitystrendeistä erikseen hyvin yleiselle, yleiselle ja harvinaiselle lajille. Lantuperhosella, joka on Suomen yleisin päiväperhoslaji, havaittiin voimakkaasti yleistyvä suuntaus koko aineiston perusteella, mutta vakaa noin 100 % esiintymisfrekvenssi pelkästään hyvin tutkittujen ruutujen perusteella. Elinympäristöltään vaateliaammalla ketokultasiivellä havaittiin lievästi nouseva suuntaus koko aineiston perusteella, mutta lievästi laskeva suuntaus vain parhaiten tutkittujen ruutujen perusteella. Harvinaisella pikkusinisiiivellä kannan lasku oli lievin perustuen koko aineistoon ja jyrkin perustuen parhaiten tutkittuihin ruutuihin.



Kuva 2. Kolmen esimerkkilajin kannanvaihtelu perustuen havaintoaktiivisuuden mukaan eri tavoin rajattuihin aineistoihin (Kuussaari ym. 2007b).

Päiväperhosten kannankehitysluokittelu

Taulukoissa 2-4 on esitetty hyvin tutkittujen ruutujen perusteella havaittu kannankehitys erikseen pellonpientareiden, niittyjen ja metsänreunojen lajeille. Useimmilla lajeilla (86 %) havaittiin tilastollisesti merkitsevä kannankehitystrendi, kun aineistoon sovitettiin yleistetty lineaarinen sekamalli. Mallinustulosten perusteella lajit jaoteltiin neljään trendiluokkaan: taantuneet (23), vakaat (17), yleistyneet (27) ja kannoiltaan vaihtelevat (7) lajit. Vaihtelevakantaisten lajien luokka tarvittiin, koska seitsemällä lajilla (esimerkiksi pihlaja- ja haaperhosella sekä ruostenopsasiivellä) havaittiin samantyyppinen vaihteleva trendi: ensin selvä kannan lasku ja viime aikoina uudelleen selvä nousu (Taulukko 4).

Taulukko 2. Pellonpientareiden ja joutomaiden lajien kannankehitys 10 km x 10 km yhtenäiskoordinaattiruuduissa viimeisten 50 vuoden aikana (Kuussaari ym. 2007b). 0 = vakaa ja + = yleistynyt laji.

Laji	Asuttujen ruutujen osuus (%)				Kannankehitysluokka
	<1960 n=90	1960-90 n=97	1991-98 n=95	1999-2003 n=100	
Kaaliperhonen <i>Pieris brassicae</i>	82,2	79,4	80,0	83,0	0
Naurisperhonen <i>Pieris rapae</i>	71,1	66,0	65,3	88,0	+
Lanttuperhonen <i>Pieris napi</i>	88,9	94,8	100,0	100,0	+
Neitoperhonen <i>Nymphalis io</i>	35,6	77,3	82,1	93,0	+
Amiraali <i>Vanessa atalanta</i>	71,1	76,3	90,5	96,0	+
Ohdakeperhonen <i>Vanessa cardui</i>	75,6	78,4	92,6	86,0	+
Nokkosperhonen <i>Nymphalis urticae</i>	87,8	90,7	98,9	99,0	+

Taulukko 3. Niittyjen lajien kannankehitys 10 km x 10 km yhtenäiskoordinaattiruuduissa viimeisten 50 vuoden aikana (Kuussaari ym. 2007b). - = taantunut, 0 = vakaa ja + = yleistynyt laji.

Laji	Asuttujen ruutujen osuus (%)				Kannankehitysluokka
	<1960 n=90	1960-90 n=97	1991-98 n=95	1999-2003 n=100	
Mansikkakirjosiipi <i>Pyrgus malvae</i>	81.1	72.2	65.3	62.0	-
Tummakirjosiipi <i>Pyrgus alveus</i>	62.2	33.0	17.9	17.0	-
Lauhahiipijä <i>Thymelicus lineola</i>	61.1	84.5	96.8	98.0	+
Täpläpaksupää <i>Hesperia comma</i>	48.9	16.5	7.4	7.0	-
Apollo <i>Parnassius apollo</i>	33.3	7.2	5.3	7.0	-
Pikkuapollo <i>Parnassius mnemosyne</i>	24.4	13.4	6.3	9.0	-
Pikkukultasiipi <i>Lycaena phlaeas</i>	80.0	77.3	81.1	88.0	0
Luhtakultasiipi <i>Lycaena helle</i>	34.4	4.1	1.1	1.0	-
Isokultasiipi <i>Lycaena dispar</i>	0.0	3.1	2.1	4.0	+
Loistokultasiipi <i>Lycaena virgaureae</i>	88.9	81.4	95.8	97.0	+
Ketokultasiipi <i>Lycaena hippothoe</i>	75.6	69.1	60.0	65.0	-
Pikkusinisiipi <i>Cupido minimus</i>	14.4	7.2	3.2	2.0	-
Kalliosinisiipi <i>Scolitantides orion</i>	21.1	11.3	3.2	4.0	-
Virnasinisiipi <i>Glaucopsyche alexis</i>	46.7	42.3	13.7	14.0	-
Lehtosinisiipi <i>Aricia artaxerxes</i>	53.3	58.8	52.6	63.0	0
Huhtasinisiipi <i>Aricia nicias</i>	11.1	7.2	6.3	6.0	-
Ruskosinisiipi <i>Aricia eumedon</i>	56.7	47.4	47.4	48.0	0
Niittysinisiipi <i>Polyommatus semiargus</i>	78.9	81.4	88.4	93.0	+
Hopeasinisiipi <i>Polyommatus amandus</i>	78.9	86.6	89.5	95.0	+
Hohtosinisiipi <i>Polyommatus icarus</i>	75.6	74.2	81.1	88.0	+
Orvokihopeatäplä <i>Argynnis aglaja</i>	80.0	80.4	87.4	92.0	+
Rinnehopeatäplä <i>Argynnis niobe</i>	56.7	46.4	38.9	33.0	-
Ketohopeatäplä <i>Argynnis adippe</i>	74.4	81.4	83.2	86.0	+
Helmihopeatäplä <i>Issoria lathonia</i>	77.8	44.3	13.7	17.0	-
Angervohopeatäplä <i>Brenthis ino</i>	83.3	85.6	91.6	94.0	+
Niittyhopeatäplä <i>Boloria selene</i>	82.2	92.8	92.6	91.0	0
Täpläverkkoperhonen <i>Melitaea cinxia</i>	16.7	6.2	9.5	6.0	-
Tummaverkkoperhonen <i>Melitaea diamina</i>	18.9	4.1	1.1	2.0	-
Keltaverkkoperhonen <i>Euphydryas aurinia</i>	18.9	14.4	5.3	6.0	-
Tummahäränsilmä <i>Maniola jurtina</i>	77.8	35.1	12.6	17.0	-
Idänhäränsilmä <i>Hyponophele lycaon</i>	3.3	1.0	0.0	0.0	-
Tesmaperhonen <i>Aphantopus hyperantus</i>	85.6	89.7	93.7	98.0	+
Keltaniittyperhonen <i>Coenonympha pamphilus</i>	85.6	68.0	65.3	59.0	-
Idänniittyperhonen <i>Coenonympha glycerion</i>	66.7	70.1	53.7	58.0	-
Ruostepapurikko <i>Lasiommata megera</i>	2.2	0.0	0.0	0.0	-

Useat taantuneet lajit olivat hävinneet yli puolesta aiemmin asuttamistaan ruuduista. Kaksi lajia (idänhäränsilmä ja ruostepapurikko) oli hävinnyt kokonaan ja seitsemän muuta (esimerkiksi täpläpaksupää, luhtakultasiipi, lehtohopeatäplä ja tummaverkkoperhonen) yli 80 %:sta aiemmin asuttamistaan ruuduista. Kaikissa elinympäristöissä oli myös merkittävästi esiintymistaajuutta kasvattaneita lajeja, mutta useimmissa tapauksissa kyse oli ennestään yleisistä lajeista, jotka olivat yleistyneet vain lievästi (esimerkiksi sitruunaperhonen, angervohopeatäplä, tesmaperhonen ja tummapapurikko). Huomattavaa asuttujen ruutujen määrän kasvua ja levittäytymistä pohjoiseen havaittiin neito- ja karttaperhosella.

Taulukko 4. Metsänreunojen ja metsäaukioiden lajien kannankehitys 10 km x 10 km yhtenäiskoordinaattiruuduissa viimeisten 50 vuoden aikana (Kuussaari ym. 2007b). - = taantunut, 0 = vakaa, + = yleistynyt ja V = vaihtelevakantainen laji.

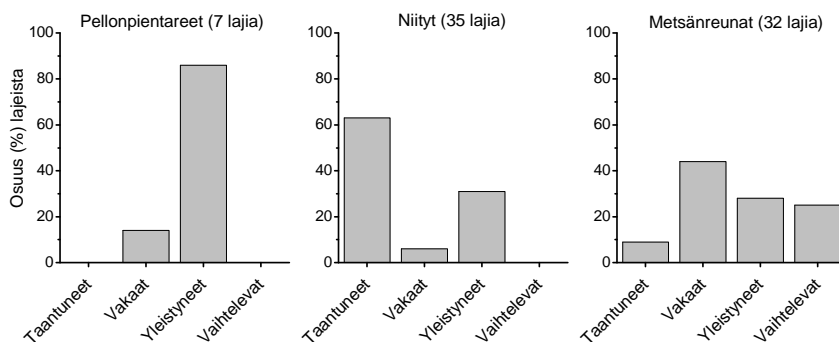
Laji	Asuttujen ruutujen osuus (%)				Kannankehitysluokka
	<1960 n=90	1960-90 n=97	1991-98 n=95	1999-2003 n=100	
Keltatäplähiipijä <i>Carterocephalus palaemon</i>	17,8	14,4	15,8	11,0	0
Mustatäplähiipijä <i>Carterocephalus silvicola</i>	61,1	64,9	58,9	64,0	0
Piippopaksupää <i>Ochlodes venatus</i>	85,6	84,5	95,8	96,0	+
Ritariperhonen <i>Papilio machaon</i>	84,4	69,1	69,5	67,0	0
Virnaperhonen <i>Leptidea sinapis</i>	83,3	84,5	78,9	92,0	V
Pihlajaperhonen <i>Aporia crataegi</i>	83,3	47,4	56,8	69,0	V
Auroraperhonen <i>Anthocaris cardamines</i>	80,0	85,6	87,4	92,0	+
Sitruunaperhonen <i>Gonepteryx rhamni</i>	86,7	85,6	95,8	98,0	+
Ruostenopsasiipi <i>Thecla betulae</i>	36,7	21,6	13,7	30,0	V
Tamminopsasiipi <i>Quercusia quercus</i>	11,1	20,6	17,9	19,0	0
Jalavanopsasiipi <i>Satyrium w-album</i>	0,0	4,1	3,2	5,0	+
Tuominopsasiipi <i>Fixsenia pruni</i>	32,2	30,9	21,1	32,0	V
Kangasperhonen <i>Callophrys rubi</i>	81,1	86,6	91,6	96,0	+
Paatsamasinisiipi <i>Celastrina argiolus</i>	73,3	84,5	84,2	83,0	0
Kangassinisiipi <i>Plebejus argus</i>	87,8	74,2	80,0	88,0	0
Ketosinisiipi <i>Plebejus idas</i>	71,1	74,2	80,0	74,0	0
Häiveperhonen <i>Apatura iris</i>	6,7	5,2	2,1	9,0	V
Haapaperhonen <i>Limenitis populi</i>	72,2	25,8	11,6	28,0	V
Suruvaippa <i>Nymphalis antiopa</i>	77,8	88,7	95,8	98,0	+
Liuskaperhonen <i>Polygonia c-album</i>	85,6	80,4	93,7	93,0	+
Karttaperhonen <i>Araschnia levana</i>	0,0	2,1	1,1	22,0	+
Keisarinviitta <i>Argynnis paphia</i>	62,2	30,9	23,2	35,0	V
Purohopeatäplä <i>Boloria thore</i>	1,1	3,1	2,1	2,0	0
Lehtohopeatäplä <i>Boloria titania</i>	41,1	11,3	3,2	2,0	-
Pursuhopeatäplä <i>Boloria euphrosyne</i>	78,9	80,4	84,2	86,0	+
Ratamoverkkoperhonen <i>Mellicta athalia</i>	81,1	73,2	72,6	80,0	0
Kirjoverkkoperhonen <i>Hypodryas maturna</i>	37,8	40,2	28,4	34,0	0
Metsänokiperhonen <i>Erebia ligea</i>	70,0	74,2	84,2	78,0	+
Täpläpaperikko <i>Pararge aegeria</i>	58,9	59,8	55,8	63,0	0
Tummapapurikko <i>Lasiommata maera</i>	78,9	74,2	87,4	91,0	+
Metsäpaperikko <i>Lasiommata petropolitana</i>	72,2	69,1	65,3	62,0	0
Kirjopapurikko <i>Lopinga achine</i>	37,8	16,5	2,1	3,0	-

Kannankehitys eri elinympäristöissä

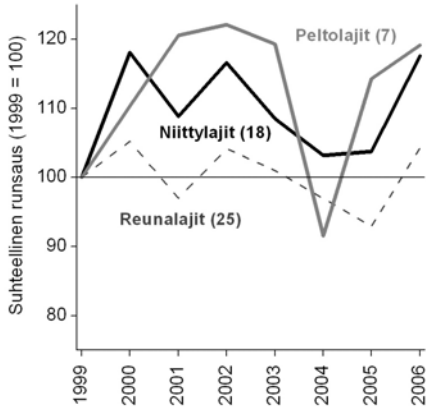
Keskimääräiset kannankehitystrendit erosivat selvästi eri elinympäristöjen lajien välillä (Kuva 3). Jopa 60 % niittyjen lajeista oli vähentynyt, kun taas muiden elinympäristöjen lajeilla runsastuminen oli vähenemistä yleisempi trendi. Pellonpientareiden lajeista yhtä lukuun ottamatta kaikki lajit olivat runsastuneet. Metsänreunalajeista 11 lajin esiintymistaajuus oli kasvanut ja kahden laskenut. Kun otetaan huomioon, että kaikki seitsemän vaihtelevakan-taista metsänreunalajia oli viime aikoina selvästi runsastunut, oli viime aikoi-na yleistyneiden lajien osuus kaikista metsänreunalajeista yli puolet (56 %).

Päiväperhosindikaattori

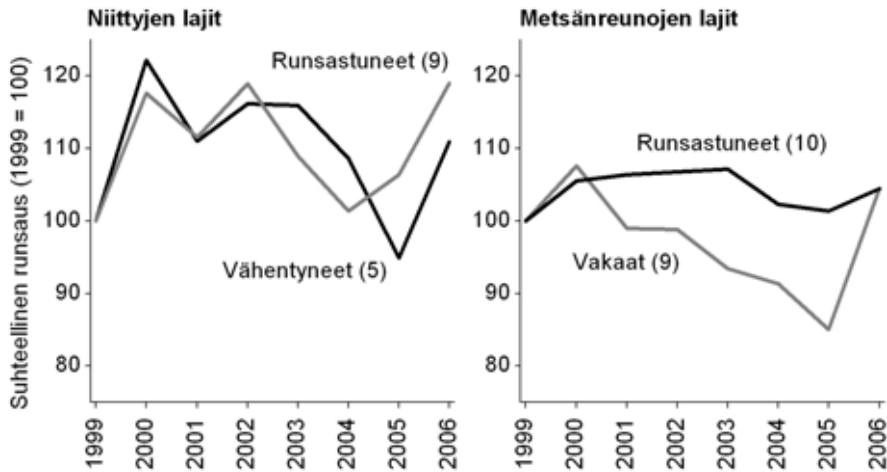
Kuvaan 4 on tiivistetty pellonpientareiden, niittyjen ja metsänreunojen päivä-perhoslajien keskimääräiset kannanvaihtelut vuosina 1999-2006 (Heliölä ym. 2007). Kolmen ekologisen lajiryhmän kannanvaihtelussa on erotettavissa sekä yhtäläisyyksiä että eroavuuksia. Esimerkiksi kesän 2006 päiväperhosille suotuisat aurinkoiset säät vaikuttivat kaikkiin kolmeen lajiryhmään samalla tavoin myönteisesti. Niinpä niiden kaikkien tiheydet olivat vuonna 2006 korkeammalla tasolla kuin seurannan aloitusvuonna 1999. Aiempina vuosina erityisesti peltolajien runsaudet ovat välillä muuttuneet eri suuntaan kuin niitty- ja reunalajien runsaus. Peltolajien muita suurempiin ja erisuuntaisiin kannanvaihteluihin on vaikuttanut erityisesti neljän vaeltajaperhoslajin kantojen riippuvuus vuosittain etelästä tulevista vaelluksista (Heliölä ym. 2006).



Kuva 3. Kannankehitys kolmessa ekologisessa lajiryhmässä viimeisten 50 vuoden aikana atlas-aineistojen perusteella (Kuussaari ym. 2007b).

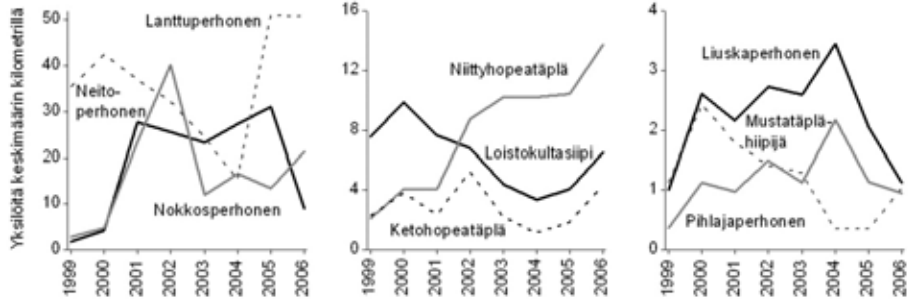


Kuva 4. Kannankehitys kolmessa ekologisessa lajiryhmässä viimeisten kahdeksan vuoden aikana linjalaskenta-aineistojen perusteella (Heliölä ym. 2007). Suluissa tarkastelussa mukana olevien lajien määrä.



Kuva 5. Pitkällä ajanjaksolla vähentyneiden, vakaiden ja runsastuneiden päiväperhoslajien kannankehitys erikseen niittyjen ja metsänreunojen lajien osalta viimeisten kahdeksan vuoden aikana linjalaskenta-aineistojen perusteella. Suluissa tarkastelussa mukana olevien lajien määrä.

Kuvassa 5 on tarkasteltu eri elinympäristöjen lajeista erikseen viimeisten 50 vuoden aikana vähentyneitä, runsastuneita ja vakaita lajeja. Lajiryhmien kannankehitys on ollut varsin samansuuntaista viimeisten kahdeksan vuoden aikana. Metsänreunojen lajeista vakaila lajeilla meni usean vuoden ajan huommin kuin runsastuneilla lajeilla, mutta aurinkoinen ja lämmin kesä 2006 nosti vakaiden lajien kannankehitysindeksin takaisin runsastuneiden lajien kanssa samalle tasolle.



Kuva 6. Valikoitujen esimerkkilajien kannankehitys viimeisten kahdeksan vuoden aikana linjalaskenta-aineistojen perusteella (Heliölä ym. 2007). Ensimmäisessä kuvapaneelissa pellonreunojen lajeja, toisessa niittyjen ja kolmannessa metsänreunojen lajeja.

Kokonaisten lajiryhmien kannankehitystä kuvaavien indeksien ohella voidaan tarkastella yksittäisten lajien kannankehitystä. Kuvan 6 tarkastelu osoittaa kuitenkin, että samankin ekologisen ryhmän lajeilla kannat saattavat välillä kehittyä päinvastaisiin suuntiin (Heliölä ym. 2007). Tämä on ymmärrettävää, koska samankin elinympäristötyypin eri lajien ekologiset vaatimukset voivat poiketa yksityiskohdissaan huomattavasti toisistaan esimerkiksi lajin lentoajan, talvehtimisasteen ja toukan käyttämän ravintokasvin osalta. Yksittäisten lajien poikkeavat kannanvaihtelut eivät yleensä näy kokonaisen ekologisen lajiryhmän kannankehityskäyrässä, joka antaa kokonaisvaltaisemman kuvan ekologiaaltaan samantyyppisten lajien kannankehityksestä ja hyvinvoinnista.

Tulosten tarkastelu

Niittyjen ja metsänreunojen lajien välillä havaitut erot keskimääräisessä kannankehityksessä sopivat hyvin yhteen viimeisten 50 vuoden aikana Suomessa tapahtuneiden maankäytön muutosten kanssa (Kuussaari ym. 2007b). Ei ole yllättävää, että yli puolet niittyjen lajeista oli vähentynyt, kun otetaan huomioon niittyjen pinta-alan jyrkkä väheneminen (Luoto ym. 2003, Alanen & Pykälä 2004) maatalouden tehostumisen myötä. Metsänreunalajien yleistyminen puolestaan sopii yhteen avointen metsänreunojen määrän kasvun (Punttila ym. 2005) kanssa. Tulokset viittaavat siihen, että maankäytön muutoksilla on suuri merkitys päiväperhosten kantojen kehitykselle ja että eri elinympäristöjen lajeja on syytä tarkastella erikseen.

Käytettävissä olevan vanhan päiväperhoshavaintoaineiston tarkastelu toi hyvin esiin systemaattisen seuranta-aineiston keräämisen tärkeyden. Se osoitti, että vanhasta havaintoaineistosta voidaan helposti saada harhaisia tuloksia lajien kannankehityksestä, ellei keskitytä vain hyvin tutkittuihin atlasruutuihin. Niitä on menneiltä vuosikymmeniltä tarjolla valitettavan pieni

määrä. Tuloksen taustalla on harvinaisten lajien yliedustus vanhoissa havainnoissa. Systemaattisen havaintojen keruun puuttuessa, havainnot ovat painotuneet harvinaisiin lajeihin ja havainnot yleisistä lajeista ovat jääneet kirjaimatta. Suomalaisessa päiväperhosseurannassa tämä ongelma poistui, kun valtakunnallinen päiväperhosseuranta käynnistyi vuonna 1991 (Marttila ym. 2001, Saarinen ym. 2003). Nykyisin valtakunnallinen seuranta tuottaa vuosittain havaintoja yli 500:sta sadan neliökilometrin ruudusta. Tämä mahdollistaa päiväperhoslajien esiintymisalueiden laajuuden ja yleisyyden seuraamisen erinomaisesti.

Maatalousympäristön päiväperhosseurannassa käytettävä linjalaskentamenetelmä mahdollistaa lajien runsauksien tarkemman seurannan. Linjalaskenta-aineistosta vuosille 1999-2006 lasketut kannanvaihtelukäyrät (Heliölä ym. 2007) osoittivat, että maatalousympäristön kolmen ekologisen lajiryhmän kannat ovat viimeisen kahdeksan vuoden aikana vaihdelleet pääosin samansuuntaisesti.

Huomionarvoista tuloksissa on se, että niittylajien pitkällä aikavälillä havaittu taantuminen ei lajien runsausaineiston perusteella näytä jatkuneen viimeisen kahdeksan vuoden aikana. Tulos eroaa myönteisellä tavalla koko Euroopan päiväperhosseurantojen pohjalta muodostetusta ruohostomaiden lajien kannankehityskäyrästä (van Swaay & van Strien 2005). Euroopan tason kannankehityskäyrä perustui yhdeksän maan (mukaan lukien Suomen) linjalaskentaseurantojen tuloksiin vuosilta 1990-2004. Ruohostomaiden päiväperhoslajien keskimääräinen runsaus oli pudonnut 15 vuoden aikana peräti 50 %. On kuitenkin huomattava, että Suomen myönteinen tulos vähentyneiden niittylajien viimeaikaisesta runsaudenkehityksestä perustuu vain viiteen runsaslukuisimpaan vähentyneeseen lajiin (Kuva 5), joista laskenta-aineistoa on riittävästi. Tämä on melko pieni osa (24 %) kaikista vähentyneistä niittylajeista. Tulos voisikin olla huomattavasti heikompi, jos runsausindeksiin saataisiin tieto kaikkien vähentyneiden lajien kehityksestä. Harvinaisten lajien osalta 10 km ruutuhavaintoihin perustuva valtakunnallinen päiväperhosseuranta tuottaa linjalaskentaseurantaa käyttökelpoisempaa tietoa.

Euroopan tason biodiversiteetti-indikaattoreiden kehittämiseksi on suuri tarve muun muassa siksi, että Euroopan Unioni on asettanut tavoitteekseen pysäyttää luonnon monimuotoisuuden vähenemisen vuoteen 2010 mennessä, ja tavoitteen saavuttamisen arvioimiseksi tarvitaan seurantatietoa Euroopan tasolla (Balmford ym. 2005, Gregory ym. 2005). Toistaiseksi käyttökelpoisia Euroopan tason indikaattoriaikasarjoja on tarjolla vain linnuista ja perhosista (van Swaay & van Strien 2005). Tulevaisuudessa tämäntyyppisen seurantatiedon tarve on edelleen kasvamassa, koska eurooppalaista ympäristö- ja maatalouspolitiikkaa säädellään enenevästi Euroopan Unionin tasolla.

Suomalaisen maatalousympäristön päiväperhosindikaattorin tilanne on hyvä, sillä maatalousympäristön päiväperhosseurannalla on vakiintuneet, kansain-

välisesti hyväksytyt menetelmät, riittävä vuosittain laskettavien linjojen määrä ja vakiintunut vuosittainen raportointikäytäntö Suomen Perhostutkijain Seuran Baptria-lehden (Heliölä ym. 2007) sekä seurannan omien www-sivujen (<http://www.ymparisto.fi/paivaperhosseuranta>) kautta. Seurantalinoilla harvinaisten lajien kehityksestä saadaan tietoa valtakunnallisesta päiväperhosseurannasta kymmenen kilometrin atlas-ruutujen tasolla.

Kirjallisuus

- Alanen, A. & Pykälä, J. 2004. Perinnebiotooppien hoito. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I.P. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa: Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita. s. 276-289.
- Auvinen, A. & Toivonen, H. 2006. Biodiversiteetin seuranta ja indikaattorit: katsaus kansainvälisiin hankkeisiin ja ehdotuksia Suomen biodiversiteetti-seurannan kehittämiseksi. Suomen ympäristö 33. 77 s.
- Balmford, A., Crane, P., Dobson, A.P., Green, R.E. & Mace, G.M. 2005. The 2010 challenge: data availability, information needs, and extraterrestrial insights. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 360: 221-228.
- Brereton, T. 2007. Butterflies point the way. *Butterfly* 94: 11-13.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Gregory, R.D., van Strien, A.J., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B. & Gibbons, D.W. 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 360: 269-288.
- Hahtela, T., Saarinen, K., Ojalainen, P. & Aarnio, H. 2006. Päiväperhoset. Suomi, Pohjola, Baltia. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Heliölä, J. & Kuussaari, M. 2005. Linjalaskenta perhosten tutkimusmenetelmänä. *Baptria* 30: 58-60.
- Heliölä, J. & Kuussaari, M. 2007. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2006 tulokset. *Baptria* 32: painossa.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2005. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2004 tulokset. *Baptria* 30: 52-57.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2006. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2005 tulokset. *Baptria* 31: 46-50.

- Hildén, M., Auvinen, A-P. & Primmer, E. (toim.). 2005. Suomen biodiversiiteettihojelman arviointi. Suomen ympäristö 770.
- Huldén, L., Albrecht, A., Itämies, J., Malinen, P. & Wettenhovi, J. 2000. Suomen suurperhosatlas (Atlas of Finnish Macrolepidoptera). Suomen Perhostutkijain Seura and Luonnontieteellinen keskusmuseo. Tampere: Vies-tipaino.
- Kuussaari, M. & Heliölä, J. 2004. Perhosten monimuotoisuus eteläsuomalaisilla maatalousalueilla. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seuranta-tutkimus 2000-2003. Suomen ympäristö 709. s. 44-81.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Luoto, M. & Pöyry, J. 2007a. Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2007.02.008.
- Kuussaari, M., Heliölä, J. & Niininen, I. 2002. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2001 tulokset. *Baptria* 27: 38-47.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Pöyry, J. & Saarinen, K. 2007b. Contrasting trends of butterflies preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe. *Journal of Insect Conservation*, doi.10.1007/s10841-006-9052-7.
- Kuussaari, M., Pöyry, J. & Lundsten, K.E. 2000. Maatalousympäristön päiväperhosseuranta: seurantamenetelmä ja ensimmäisen vuoden tulokset. *Baptria* 25: 44-56.
- Luoto, M., Rekolainen, S., Aakkula, J. & Pykälä, J. 2003. Loss of plant species richness and habitat connectivity of grasslands associated with agricultural change in Finland. *Ambio* 32: 447-452.
- Marttila, O., Saarinen, K. & Lahti, T. 2001. Valtakunnallinen päiväperhosseuranta: ensimmäisen 10-vuotisjakson (1991-2000) tulokset. *Baptria* 26: 29-65.
- Otsamo, A. (toim.). 2005. MOSSE puolimatassa – monimuotoisuuden tutkimusohjelman (2003-2006) välitulokset. MMM:n julkaisusarja 14/2004.
- Pitkänen, M., Kuussaari, M. & Pöyry, J. 2001. Butterflies. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). Biodiversity in agricultural landscapes in Finland. *BirdLife Finland Conservation Series no. 3*: 51-68.
- Punttila, P., Virkkala, R., Auvinen, A-P., Toivonen, H., Kaipainen, H., Söderman, G. & Mannerkoski, I. 2005. Metsät. Teoksessa: Hildén, M., Auvinen, A-P. & Primmer, E. (toim.). Suomen biodiversiteettihojelman arviointi. Suomen ympäristö 770. s. 37-51.

- Saarinen, K., Lahti, T. & Marttila, O. 2003. Population trends of Finnish butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) in 1991-2000. *Biodiversity and Conservation* 12: 2147-2159.
- Thomas, J.A. 2005. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 360: 339-357.
- van Swaay, C. & van Strien, A. 2005. Using butterfly monitoring data to develop a European grassland butterfly indicator. Teoksessa: Kuehn, E., Feldmann, R., Thomas, J.A. & Settele, J. (toim.). *Ecology and Conservation of Butterflies in Europe Vol. 1: General Concepts and Case Studies*. Sofia: Pensoft Publishers. s. 106-108.

Maatalousalueiden päiväaktiivisten suurperhoslajien ekologinen luokittelu ja kannankehitys

Janne Heliölä ja Mikko Kuussaari

Suomen ympäristökeskus, Luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelma, PL 140, 00251 Helsinki, janne.heliola@ymparisto.fi, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

Tiivistelmä

Päiväperhoset ovat perinteisesti tutkituin perhosryhmä, vaikka ne muodostavat vain murto-osan suurperhosista. Lajimääriltään selvästi runsaimmat suurperhosryhmät ovat mittarit ja yökköset. Useimmat näistä muista suurperhoslajeista ovat pääosin yöaktiivisia, minkä vuoksi niistä saadaan tietoa lähinnä erilaisten pyyntimenetelmien avulla. Osa lajeista on kuitenkin päiväaktiivisia, ja niitä voidaan havainnoida päiväperhosten ohessa niin sanotun linjalaskentamenetelmän avulla. Yksinomaan päiväaktiivisten lajien esiintymisestä ja ekologiasta ei juurikaan saada tietoa muilla menetelmillä.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin kirjallisuuden ja havaintoaineistojen pohjalta yhteensä 133 suurperhoslajin olevan riittävän päiväaktiivisia, jotta niitä voidaan luotettavasti havainnoida linjalaskennoilla Etelä-Suomen maatalousalueilla. Kaikkiaan 58 suurperhoslajia on tavattu linjalaskennoissa säännöllisesti vuosina 1999–2006. Nämä lajit luokiteltiin kolmeen ekologiseen pääryhmään sen mukaan, kuinka runsaasti niitä havaittiin eri elinympäristöissä. Niityille painottuneita lajeja oli aineistossa 27, metsänreunoja suosivia 24 ja avoimilla pellonpientareilla viihtyviä seitsemän. Kuivia niittyjä suosivien ja avoimia pientareita välttelevien lajien kannat ovat taantuneet keskimääräistä enemmän.

Päiväaktiivisten suurperhoslajien määrittely oli tarpeen, jotta seuranta- ja tutkimushankkeissa voidaan sulkea tarkasteluista sattumanvaraisesti tavatut yöaktiiviset lajit. Lajien runsauksien tarkastelu eri elinympäristöissä osoitti joukon niittyjä suosivia suurperhoslajeja, joista etenkin kuivien niittyjen lajien esiintymistä voidaan pitää luonnoltaan arvokkaan maatalousympäristön ilmentäjinä. Noin 30–40 suurperhoslajista saadaan linjalaskennoissa riittävästi havaintoja vuosittaisten kannanmuutosten arvioimiseksi.

Avainsanat: muut suurperhoset, perhoset, päiväaktiivisuus, elinympäristöt, kannankehitys, linjalaskenta, seuranta, indikaattorit

Ecological classification and population trends of day-active moths in agricultural areas

Janne Heliölä and Mikko Kuussaari

Finnish Environment Institute, Research Programme for Biodiversity, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, janne.heliola@ymparisto.fi, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

Abstract

Butterflies have traditionally been studied most intensively, although they comprise only a minority of the Macrolepidopteran species. Geometridae and Noctuidae are the most species-rich moth families. Most moth species are primarily night-active and can only be recorded using various trapping methods. Day-active moth species can also be recorded along with butterflies using transect counting method, which is often the only method to gather data on the exclusively day-active species.

In this study a total of 133 moth species were assessed to be day-active according to literature and observation data. These species can be reliably detected during day-time in farmland habitats of Southern Finland. Out of these, a group of 58 moth species were frequently observed in transect counts in 1999-2006. These species were classified into three ecological groups according to their observed abundances in different farmland habitats. A total of 27 species occurred most numerous in patches of semi-natural grasslands, while 24 species favoured edges between forest and field. Seven species were most abundant on open field margins. Species which preferred dry grasslands or avoided open field margins had declined more than average species in their occupancy of 10 km squares in Finland during the last ca 50 years.

The pool of day-active moth species needed to be defined in order to be able to exclude the occasionally observed night-active species from the analysis in future studies. Examination of moth abundances in different habitats revealed a group of day-active grassland species, which can be used as indicators of biologically rich farmland. Annual population trends of 30-40 most numerous observed day-active moth species can be estimated from transect data.

Key words: moths, day-active, habitats, population trend, transect counting, monitoring, indicators

Johdanto

Maamme vakituiset noin 100 päiväperhoslajia muodostavat melko pienen ryhmän ns. suurperhosista, joita tunnetaan yhteensä lähes tuhat lajia (Kullberg ym. 2001, Saarinen & Jantunen 2003). Mittarit (Geometridae) ja yökköset (Noctuidae) ovat selvästi lajirikkaimmat suurperhosryhmät. Niiden ohella ryhmään kuuluu monia pienempiä heimoja, kuten siilikkäät (Arctiidae), kiitäjät (Sphingidae) ja villakkaat (Lymantriidae). Punatäpläperhoset (Zygaenidae) luetaan yleisesti samaan ryhmään, vaikka ne kuuluvatkin systemaattisesti ns. pikkuperhosiin (Microlepidoptera).

Kattavin tietolähde suurperhosten esiintymisestä ja levinneisyyden muutoksista maassamme on Huldénin ym. (2000) suurperhosatlas. Siihen on koottu kaikkien lajien osalta tiedot sekä aiemmasta että viimeaikaisesta esiintymisalueesta, ja arvioitu sen laajuuden muutosta. Tietoa maamme lajistosta, sen ekologiasta ja tilasta on siinä määrin paljon, että myös lajien uhanalaisuutta on pystytty arvioimaan kattavasti (Rassi ym. 2001).

Valtaosa muista suurperhoslajeista on selkeästi yöaktiivisia, ja päiväsaikaan ne pysyttelevät yleensä piilossa kasvillisuuden tai rakennusten suojissa. Tämän vuoksi yöaktiivisten lajien havainnointi perustuukin lähinnä erilaisiin pyyntimenetelmiin. Yleisin menetelmä on valorysä, jota käytetään myös valtakunnallisessa yöperhosseurannassa (Söderman ym. 1999). Yöperhosseuranta on tuottanut vuodesta 1993 lähtien tietoa lajiston runsauksissa ja esiintymisalueissa tapahtuneista muutoksista.

Muita suurperhosia voidaan havainnoida myös päiväperhosten seurantaan kehitetyllä linjalaskentamenetelmällä (Pollard & Yates 1993, Kuussaari ym. 2000), koska osa lajeista on joko enimmäkseen tai tyystin päiväaktiivisia (Saarinen & Jantunen 2003). Näiden lajien esiintymisestä tai elintavoista ei juurikaan saada tietoa valorysillä tai muilla pyyntimenetelmillä. Lisäksi jotkin päiväaktiivisista lajeista ovat elinympäristönsä suhteen vaateliaita ja erikoistuneet harvinaistuneisiin habitaatteihin, kuten luonnonniityille (Pöyry ym. 2005). Monet näistä lajeista ovat taantuneita, joten niiden esiintymistä voidaan käyttää yhtenä esiintymispaikkansa luonnonsuojelullisen arvon mittarina. Muiden päiväaktiivisten suurperhosten sisällyttäminen päiväperhoslaskentoihin ei myöskään merkittävästi lisää havainnoinnin työmäärää, joten se parantaa työn kustannustehokkuutta.

SYKE on vuosien 1999-2006 aikana kerännyt linjalaskennoilla suuren määrän havaintoaineistoa muista suurperhosista. Yhtä laajaa linjalaskentaaineistoa ei ole aiemmin ollut käytettävissä Suomessa tai muuallakaan Euroopassa. Pääosa tiedoista on kerätty maatalousympäristön päiväperhosseurannassa (Kuussaari ym. 2000), jonka havainnointiohjeita ja periaatteita on käytetty kaikissa muissakin SYKEN perhostutkimuksissa. Linjalaskentamene-

telmä on alun perin kehitetty Englannissa päiväperhosten kannanvaihtelujen seurantaan varten (Pollard & Yates 1993). Sitä on kuitenkin sovellettu menestyksellä myös muiden päivällä liikkuvien suurperhoslajien havainnointiin monissa tutkimuksissa (Pöyry ym. 2004a, 2005, Saarinen ym. 2005, Kivinen ym. 2006, Kuussaari ym. 2007a, Balmer & Erhardt 2000, Clausen ym. 2001, Groenendijk & van der Meulen 2004). Valtaosa muista suurperhoslajeista on kuitenkin lähinnä tai yksinomaan yöaktiivisia, minkä vuoksi niitä havaitaan linjalaskennoissa vain satunnaisesti.

Linjalaskennoissa on havaittu muiden suurperhosten laji- ja yksilömäärien olevan niityillä tyypillisesti samaa luokkaa kuin päiväperhosten (Heliölä ym. 2004). Pientareilla muita suurperhosia tavataan kuitenkin suhteellisesti vähemmän kuin päiväperhosia. Etenkin avoimilla pellonpientareilla suurperhosten yksilömäärät jäävät usein vain 30-35 %:iin päiväperhosista. Lisäksi muut suurperhoset eroavat fenologialtaan päiväperhosista siten, että niiden laji- ja yksilömäärät ovat korkeimmillaan aiemmin kesällä, jo kesäkuun jälkipuoliskolla (Kuussaari ym. 2002). Aikaisin keväällä ja loppukesällä niiden laji- ja yksilömäärät ovat selvästi vähäisempiä kuin päiväperhosten.

Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimus sisältyi MOSSE-tutkimusohjelman maatalousosion (LUMOTTU; Otsamo 2005) hankkeeseen "Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit". Tälle osatutkimukselle asetettiin seuraavat tavoitteet:

1. Määritellä päiväaktiiviset, linjalaskennoilla havainnoitavissa olevat muut suurperhoslajit.
2. Laatia muiden päiväaktiivisten suurperhosten ekologinen luokittelu SYKEN seuranta-aineistojen pohjalta, periaatteena eritellä niittyjen, metsänreunojen ja avointen pellonpiennarten lajit kuten päiväperhosillakin.
3. Arvioida muiden päiväaktiivisten suurperhoslajien pitkän aikavälin kannankehitystä, sekä
4. Tuottaa SYKEN seuranta-aineistojen pohjalta tietoa muiden suurperhoslajien kannankehityksestä vuodesta 1999 alkaen.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen tärkeimmän aineiston muodostivat SYKEN keräämät laajat suurperhosten linjalaskenta-aineistot vuosilta 1999-2006. Aineisto koostuu useissa seuranta- ja tutkimushankkeissa kerätyistä havainnoista, jotka on koottu yhteen tietokantaan. Hankkeista tärkeimpiä ovat olleet maatalousympäristön päiväperhosseuranta (mm. Kuussaari ym. 2000, Heliölä ym. 2006), maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta –hanke (MYTVAS 2; Kuussaari & Heliölä 2004, Kuussaari ym. 2007a) sekä Ahvenanmaan maata-

louslajiston inventointihanke (Schulman ym. 2005). Tässä raportissa hyödynnettyjen aineistojen määrät ja lähteet on eritelty tarkemmin taulukossa 1.

Päiväperhosseurannan laskentalinjoista vain osalta on havainnoitu myös muita suurperhosia, ja monelta näistä vain osaa lajistosta (Taulukko 1; Heliölä ym. 2006). Kaikissa muissa SYKEN perhostutkimuksissa on aina kerätty päiväperhosten ohella havainnot kaikista suurperhosista ja punatäpläperhosista. Päiväperhosseurannan edelliskesän tulokset myös muiden suurperhosten osalta on raportoitu vuosittain Suomen Perhostutkijain Seuran Baptria-lehden toisessa numerossa.

SYKEN keräämiä linjalaskenta-aineistoja muista suurperhosista on kertynyt vuosina 1999-2006 kaikkiaan 128117 yksilöä 316 lajista (Taulukko 2). Aineiston ylivoimainen enemmistö koostuu kuitenkin varsin pienestä lajijoukosta. Vain 20 runsaimmasta lajista (6 % havaituista lajeista) on kertynyt havaintoja yli 1000 yksilöstä. Nämä lajit muodostavat silti yhteensä yli 90 % havaintojen kokonaismäärästä. Sitä vastoin 166 lajista (53 %) on tavattu seurannassa alle 10 yksilöä. Kaikista havaituista lajeista suurin osa on mittareita (Geometridae, 54 %) ja yökkösiä (Noctuidae, 33 %). Kaikki runsaimmat 20 lajia kuuluvat näihin ryhmiin. Siilikkäiden (Arctiidae) lajijoukko on jo selvästi pienempi, joskin muutamat siilikälajit ovat kohtalaisen runsaita. Muista suurperhosryhmistä havaintoja on kertynyt hyvin niukasti.

Taulukko 1. Muista suurperhosista linjalaskennoilla kerätyt havaintoaineistot vuosilta 1999-2006. Luvut ovat laskettujen linjojen lukumääriä. Tiedot on eritelty vuosittain kolmen tärkeimmän lähdeaineiston osalta.

Tutkimushanke	Vuosi								
	99	00	01	02	03	04	05	06	Yht
Päiväperhosseuranta									
- havainnoitu kattavasti	10	16	12	10	10	11	14	19	32
- vain osaa lajistosta	15	12	11	10	11	10	9	13	25
MYTVAS 2 –seuranta	-	-	58	12	12	12	54	12	58
Ahvenanmaa	-	-	-	10	-	-	-	-	10
Yhteensä	25	28	81	42	33	33	77	44	125

Taulukko 2. Linjalaskennoissa tavattujen muiden suurperhoslajien sekä punatäpläperhosten lajimäärät eriteltynä runsausluokittain. Mukana kaikki havainnot vuosilta 1999-2006.

Yksilöitä yhteensä	Lajeja		Yksilöitä		Lajimäärät heimoittain			
	lkm	%	lkm	%	Mittarit	Yökköset	Siilikkäät	Muut
>10 000	2	<1	44695	35	2	-	-	-
5000-9999	6	2	43453	34	4	2	-	-
1000-4999	12	4	26406	21	9	3	-	-
100-999	46	14	9944	8	23	5	4	4
50-99	23	7	1486	1	20	3	-	-
10-49	61	19	1632	1	42	14	6	9
3-9	69	22	363	<1	38	21	3	7
1-2	97	31	138	<1	32	55	5	5
Yhteensä	316	100	128117	100	170	103	18	25

Päiväaktiivisten lajien määrittely

Muiden suurperhoslajien sekä punatäpläperhosten jaottelu ainakin osittain päiväaktiivisiin sekä yöaktiivisiin lajeihin toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensin keräsimme koti- ja pohjoismaisesta määrityskirjallisuudesta olemassa olevat tiedot lajien aktiivisuudesta. Aineistona käytimme Saarisen & Jantusen (2003) yleisoppaan lisäksi tarkempia määritysoppaita mittareista (Mikkola ym. 1985, 1989), kiitäjistä ja kehrääjistä (Marttila ym. 1996), yökkösistä (Mikkola & Jalas 1977, 1979, Skou 1991) ja punatäpläperhosista (Väisänen & Somerma 1993; Taulukko 3). Kirjallisuuden pohjalta lajit jaoteltiin aluksi kolmeen luokkaan: 1) päiväaktiivinen, 2) lähtee päivällä herkästi lentoon häiritäessä ja 3) ei lennä päiväsaikaan. Luokittelu tehtiin kaikille SYKEN linjalaskennoissa tavatuille lajeille (n=316). On kuitenkin selvää, että moni aidosti harvinainen päiväaktiivinen laji on jäänyt vähälukuisuutensa vuoksi osumatta seurantalinoille. Tämän vuoksi kirjallisuudesta selvitetiin kaikki muutkin päiväaktiiviseksi katsotut lajit, jotka listattiin omana ryhmänä. Yksinomaan maamme pohjoisosissa esiintyvät lajit jätettiin kuitenkin tarkastelun ulkopuolelle.

Toisessa vaiheessa täydensimme kirjallisuustietoja SYKEN edellä kuvattujen linjalaskenta-aineistojen avulla. Linjalaskentojen perusteella riittävän päiväaktiiviseksi katsottiin myös lajit, joista on kertynyt vuosittain vähintään 10 havaintoa. Käytännössä osa näistä lajeista on päiväaktiivisia mutta harvinaisia, toiset taas enemmän yöaktiivisia mutta yleisinä usein päivälläkin vastaan tulevia. Muut linjalaskennoissa havaitut lajit suljettiin myöhemmistä tarkasteluista pois. Linjalaskennoissa yleisten lajien luokkaan sisältyi myös laskentojen kaikkein runsain muu suurperhonen, pihamittari *Scotopteryx chenopodiata* (yhteensä 31 447 yksilöä, Taulukko 4). Päiväaktiiviseksi arvioidut lajit jakautuivat siten lopulta kahteen luokkaan: 1 = kirjallisuuden mukaan päiväaktiiviset sekä 2 = linjalaskentojen mukaan päiväaktiiviset lajit.

Taulukko 3. Suurperhoslajien päiväaktiivisuuden arvioinnissa käytetty taustakirjallisuus. Lähteisiin viitataan numeroilla 1-8 taulukoissa 4-6.

Lähde	Viite
1	Marttila ym. 1996: Suomen kiitäjät ja kehrääjät.
2	Mikkola & Jalas 1977: Suomen Perhoset. Yökköset 1.
3	Mikkola & Jalas 1979: Suomen Perhoset. Yökköset 2.
4	Mikkola ym. 1985: Suomen Perhoset. Mittarit 1.
5	Mikkola ym. 1989: Suomen Perhoset. Mittarit 2.
6	Saarinen & Jantunen 2003: Päivällä lentävät yön perhoset.
7	Skou 1991: Nordes ugler.
8	Väisänen & Somerma 1993: Suomen punatäpläperhoset.

Päiväaktiivisten lajien ekologinen luokittelu

Tuloksia yksittäisten suurperhoslajien runsauksista eri elinympäristöissä ovat aiemmin raportoineet Kuussaari ym. (2002) ja Kuussaari & Heliölä (2004). Näissä tarkasteluissa havaintoaineisto ja lajijoukko oli kuitenkin tässä käsiteltävää selvästi pienempi, mikä heikensi myös tulosten yleistettävyyttä. Lajien ekologisessa luokittelussa käytettiin tässä tutkimuksessa pitkälti samoja periaatteita ja analyysejä kuin Kuussaari & Heliölä (2004) vastaavassa päiväperhosten tarkastelussa. Tutkimuksessa hyödynnettiin alla kuvattujen periaatteen mukaisesti kaikkia SYKEN linjalaskenta-aineistoja vuosilta 1999-2006.

SYKEN seuranta- ja tutkimushankkeissa perhosten laskentalinjat on jaoteltu erillisiin lohkoihin, joista kukin sisältää vain yhtä ympäristötyyppiä (Kuussaari ym. 2000). Tämän ansiosta kaikkiin havaintoihin on liitettävissä tieto havaintopaikan elinympäristötyypistä. Koska laskentalohkoista tiedetään myös niiden pituus, aineistosta voidaan laskea kunkin lajin keskitiheydet eri elinympäristöissä ja vertailla niitä keskenään. Lajien välillä vastaavat runsausvertailut eivät kuitenkaan ole mahdollisia, sillä havaitut runsauserot voivat johtua lajien erilaisesta havaittavuudesta (koko, värity, lentoaktiivisuus).

Tarkasteluja varten havaintoaineistoista poimittiin vain sellaiset laskentalinjat, joilta oli tehty kesän aikana vähintään seitsemän laskentaa (Taulukko 1). Mikäli laskentoja oli tehty enemmän, niistä poimittiin vain seitsemän laskentakerran otos maatalousympäristön päiväperhosseurannassa käytetyillä periaatteilla (Heliölä ym. 2005). Näin havaintoteho vakioitiin koko tutkimusaineistossa. Lajikohtaisissa tarkasteluissa huomioitiin edelleen kunkin lajin kohdalla vain linjat, joilla se oli ainakin kerran havaittu. Tällä tavoin rajatusta aineistosta poimittiin erikseen havainnot neljällä eri elinympäristötyypillä sijainneista tutkimuslohkoista: 1) erilaiset niityt, 2) pellon ja metsän väliset pientareet, 3) pellon keskellä kulkevan tien pientareet, sekä 4) pellon keskellä kulkevat ojanpientareet. Yksittäisten laskentalohkojen havainnot samalta elinympäristötyypiltä yhdistettiin kultakin linjalta, ja analyyseissa käytettiin näitä linjakohtaisia keskitiheyksiä kussakin elinympäristössä. Useampana vuonna havainnoituilta linjoilta otettiin lisäksi keskiarvo eri vuosien tiheyksistä. Tästä aineistosta laskettiin jokaiselle lajille keskitiheys kussakin elinympäristössä (yksilöä/kilometri laskentalinjaa, seitsemän laskentakerran otoksessa). Kunkin lajin esiintymisen painottumista tiettyyn elinympäristöön tarkasteltiin edelleen tilastollisesti ns. indikaattorilajianalyysin avulla (ISA; Dufréne & Legendre 1997). Vertailtavina olivat lajin keskitiheydet neljässä eri elinympäristössä, ja toistoina yksittäiset laskentalinjat.

Edellisessä tarkastelussa kaikenlaisia niittyjä käsiteltiin yhtenä ryhmänä. Aineiston kaikki niittylohkot olivat kuitenkin jaoteltavissa tarkemmin kolmeen kosteustasoltaan ja kasvillisuuden koostumukseltaan eroavaan niittytyyppiin. Tämän vuoksi vertailimme edelleen esiintymisessään niityille painottuneiden lajien runsautta 1) kuivien, 2) tuoreiden ja 3) kosteapohjaisten

niittyjen välillä. Raportoimme edellisessä tarkastelussa niityille tai avoimille pellonpientareille painottuneiden lajien osalta kunkin suhteelliset runsaudet eri niittytyypeillä verrattuna kaikkien niittyjen keskiarvoon.

Päiväaktiivisten lajien kannankehitys

Lajien pitkäaikaista kannankehitystä arvioitiin Huldenin ym. (2000) esittämien levinneisyysalueen absoluuttisten muutosarvioiden perusteella. Nämä arviot on esitetty kunkin lajin yhteydessä taulukoissa 4, 5 ja 6. Tietoja hyödynnettiin vertailemalla eri elinympäristöihin painottuneiden suurperhoslajien levinneisyysalueiden keskimääräisiä muutoksia. Näin pystyttiin karkeasti arvioimaan, ovatko tiettyä elinympäristöä suosivat lajit taantuneet muita enemmän.

Lajien viimeaikaisia kannanmuutoksia vuosina 1999-2006 tarkasteltiin hyödyntämällä maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuosiraportteja (mm. Kuussaari ym. 2000, Heliölä ym. 2006). Näissä on vuosittain raportoitu seurannan 40 yksilömääriltään runsainta suurperhoslajia. Kokosimme listan koko seurantajakson 50 runsaimmasta lajista, ja taulukoimme kunkin vuosittaiset sijaluvut (1-40) vuosiraporttien pohjalta. Tämä antaa yleiskuvan lajien suhteellisissa runsauksissa tapahtuneista muutoksista, ja kertoo karkeasti myös yksittäisten lajien runsauden vaihtelusta. Yleisimpien lajien osalta tarkensimme kannanmuutosten arviointia edellisestä. Tätä varten laskentatehotaan erilaiset linjat saatettiin ensin vertailukelpoisiksi poimimalla kultakin linjalta seitsemän laskentakerran otos, kuten päiväperhosilla on tehty maatalousympäristön päiväperhosseurannassa (Heliölä ym. 2005). Tämän jälkeen vuosittaiset kannanmuutokset laskettiin kullekin lajille alun perin lintujen kannanmuutosten seurantaan kehitetyn TRIM-ohjelmiston avulla (van Strien ym. 2004). Tulokset esitetään tässä vain 12 runsaimman lajin osalta, koska havaintomäärän laskiessa niiden luotettavuus heikkenee.

Tulokset

Päiväaktiiviset suurperhoslajit

Päiväaktiivisiksi arvioidut muut suurperhoslajit sekä punatäpläperhoset on lueteltu taulukoissa 4, 5 ja 6. Taulukossa 4 on lueteltu 58 linjalaskentojen runsainta päiväaktiivista suurperhoslajia. Näistä noin 30-40 runsaslukuisimman lajin osalta havaintoja kertyy siinä määrin paljon, että myös niiden vuosittaista kannanvaihtelua voidaan melko luotettavasti arvioida.

Taulukko 4. Linjalaskentojen yleisimmät muut suurperhoslajit ja keskitiheydet eri elinympäristöissä (yks./km). Tilastollisesti merkitsevästi ao. elinympäristöön painottuneet lajit alleviivattu. Pellpi, Tienpi: pellon- ja tienpienareet.

Laji	Luku- määrä	Aktiivisuus- luokka, lähde	Alueen muutos	Keskitiheys eri elinympäristöissä			
				Pellpi	Tienpi	Reuna	Niityt
Niityt							
<i>Scotopteryx chenopodiata</i>	31447	2 4,6	-20	34,4	39,0	55,8	<u>77,1</u>
<i>Chiasmia clathrata</i>	13248	1 5,6	-11	11,3	11,3	17,6	<u>30,9</u>
<i>Euclidia glyphica</i>	8274	1 3,6,7	-33	7,3	8,8	2,8	<u>13,8</u>
<i>Ematurga atomaria</i>	7994	1 5,6	-20	4,1	4,3	12,7	<u>14,4</u>
<i>Xanthorhoe montanata</i>	7174	2 4,6	-11	12,3	8,3	14,9	<u>18,7</u>
<i>Polypogon tentaculatus</i>	6095	1 3,6,7	-29	5,0	2,2	8,2	<u>16,5</u>
<i>Scopula immorata</i>	4025	1 4,6	-22	3,0	5,5	4,5	<u>10,7</u>
<i>Siona lineata</i>	2794	2 5,6	-14	2,3	3,9	3,2	<u>8,5</u>
<i>Cryptocala chardinyi</i>	2791	1 2,6,7	107	3,8	2,7	1,3	<u>8,8</u>
<i>Idaea serpentina</i>	2251	1 4,6	-41	1,3	1,1	1,8	<u>6,1</u>
<i>Epirrhoe alternata</i>	1302	2 4,6	-17	2,1	1,2	3,3	<u>5,0</u>
<i>Rivula sericealis</i>	1230	1 3,6,7	-13	1,4	0,3	3,9	<u>15,3</u>
<i>Idaea pallidata</i>	1158	1 4,6	-29	1,0	1,3	1,4	<u>4,5</u>
<i>Scopula immutata</i>	1025	2 4	-21	2,8	2,1	2,1	3,0
<i>Epirrhoe tristata</i>	886	1 4,6	-48	1,0	0,8	2,7	<u>3,8</u>
<i>Diacrisia sannio</i>	636	1 1,6	-26	0,5	0,3	1,1	<u>3,0</u>
<i>Zygaena viciae</i>	535	1 6,8	x	0,7	0,6	1,7	<u>4,7</u>
<i>Eilema lutarellum</i>	522	1 6	-26	0,6	0,2	1,6	<u>3,0</u>
<i>Callistege mi</i>	428	1 3,6,7	-50	1,0	0,4	0,3	<u>1,6</u>
<i>Campogramma bilineatum</i>	345	1 4,6	-35	1,4	2,7	3,4	<u>6,3</u>
<i>Timandra griseata</i>	298	1 4	-17	2,3	0,3	0,9	<u>2,9</u>
<i>Lythria cruentaria</i>	220	1 4,6	-51	0,5	0,8	0	0,9
<i>Cybosia mesomella</i>	220	1 1,6	-24	0,6	0,2	1,5	<u>1,8</u>
<i>Protodeltote pygarga</i>	186	2 7	-45	0,3	0,8	1,0	<u>4,2</u>
<i>Spargania luctuata</i>	144	2 4,6	-17	0,8	0,6	0,8	0,9
<i>Epirrhoe hastulata</i>	114	1 4,6	-57	0,1	0	0,3	0,4
<i>Adscita staites</i>	103	1 6,8	x	0,3	1,2	0	0,9
Metsänreunat							
<i>Rheumaptera hastata</i>	6976	1 4,6	-44	5,6	5,2	<u>51,1</u>	13,4
<i>Cabera pusaria</i>	3189	1 4,6	-14	1,3	1,4	<u>8,5</u>	6,0
<i>Lomaspilis marginata</i>	2832	1 5,6	-16	3,6	0,9	<u>15,4</u>	8,4
<i>Cabera exanthemata</i>	1153	2 4,6	-9	1,3	1,3	5,4	<u>7,8</u>
<i>Rheumaptera subhastata</i>	474	1 4,6	-44	1,3	5,0	6,9	3,4
<i>Xanthorhoe spadicearia</i>	367	1 4,6	-20	0,3	0,2	1,3	<u>1,6</u>
<i>Eulithis populata</i>	338	2 4,6	-10	<0,1	0,4	<u>3,6</u>	0,6
<i>Scopula ternata</i>	334	2 4,6	-14	0,4	0,4	<u>2,1</u>	1,7
<i>Jodis putata</i>	330	1 4,6	-21	0,1	0	<u>1,8</u>	0,4
<i>Scopula floslactata</i>	253	2 4	-11	0,1	0,1	<u>1,5</u>	1,2
<i>Macaria brunneata</i>	197	2 5,6	-14	0,4	0,7	<u>2,2</u>	0,4
<i>Parasemia plantaginis</i>	194	1 1,6	-47	0,1	0,3	<u>1,1</u>	0,9
<i>Hydrelia flammeolaria</i>	192	2 5,6	-16	0,4	<0,1	<u>1,6</u>	0,5
<i>Rheumaptera undulata</i>	189	1 4,6	-34	0,2	0,2	<u>2,3</u>	0,9
<i>Orgyia antiqua</i>	180	1 1,6	-40	1,2	0,7	2,0	2,2
<i>Aglia tau</i>	166	1 1,6	-31	0,5	0	<u>1,2</u>	0,3
<i>Eupithecia satyrata</i>	165	1 5	-30	0,5	0,7	1,0	0,8
<i>Eulithis prunata</i>	160	2 4	-17	0,2	0,5	0,4	0,1
<i>Polypogon strigilatus</i>	148	1 3,6,7	-24	0,8	0,9	2,1	2,0
<i>Macaria notata</i>	138	2 5,6	-21	<0,1	<0,1	0,8	<u>1,1</u>
<i>Euchoeca nebulata</i>	115	2 5,6	-21	0,1	0	<u>1,0</u>	0,7
<i>Dysstroma citratum</i>	114	2 4	-10	0,3	0,6	1,4	2,5
<i>Lomographa bimaculata</i>	100	2 5	8	0	0,1	<u>0,8</u>	0,1
<i>Bupalus piniarius</i>	92	1 5,6	-28	0,1	0	0,4	0,1
Avoimet pellonpienareet							
<i>Odezia atrata</i>	6940	1 5,6	-32	10,3	14,0	5,6	13,7
<i>Autographa gamma</i>	2656	1 3,6,7	-1	<u>3,9</u>	4,2	1,9	2,8
<i>Hypena proboscidalis</i>	714	2 3,6,7	-16	6,4	0,9	2,6	5,1
<i>Perizoma alchemillatum</i>	199	2 4	-18	2,6	1,1	1,8	1,0
<i>Chersotis cuprea</i>	133	1 2,6	-24	0,5	1,4	0,1	0,4
<i>Perizoma affinitatum</i>	107	2 4	16	0	6,8	2,4	1,9
<i>Amphipoea fucosa</i>	80	2 3	-20	<u>1,6</u>	1,0	0	0,6

Taulukossa 5 lueteltuja 43 lajia on tavattu laskentalinjoissa vain satunnaisesti. Monesti syynä voi olla lajin päiväperhosia heikompi havaittavuus pienen koon tai harmaan värityksen takia, kuten päiväpikkumittarilla *Eupithecia pygmaeata*. Eräät yleiset lajit taas ovat fenologialtaan joko niin aikaisia tai myöhäisiä, ettei niitä yleensä havaita lähinnä touko- ja elokuun välisenä aikana tehtävissä linjalaskennoissa (koivutyttöperhonen *Archiearis parthenias*; tunturimittari *Epirrita autumnata*).

Taulukko 5. Kirjallisuuden mukaan päiväaktiiviset, linjalaskennoissa vähälukuisina tavatut muut suurperhoslajit ja punatäpläperhoset (43 lajia). Lisäksi levinneisyysalueen absoluuttinen muutos Huldenin ym. (2000) mukaan sekä lähinnä soilla esiintyvät lajit (S) Pöyryn (2001) mukaan. X = taantunut.

Laji	Yksilöitä havaittu	Tietolähde	Alueen muutos, %
<i>Cerapteryx graminis</i>	74	2,6,7	-20
<i>Eupithecia pygmaeata</i>	71	4,6	-41
<i>Archiearis parthenias</i>	68	4,6	-34
<i>Angerona prunaria</i>	61	5,6	-35
<i>Autographa bractea</i>	60	3,6	-23
<i>Lasiocampa quercus</i> (S)	38	1,6	-41
<i>Hemaris tityus</i>	37	1,6	-73
<i>Epirrita autumnata</i>	36	4,6	-14
<i>Hyles gallii</i>	33	1,6	-32
<i>Zygaena filipendulae</i>	24	8	x
<i>Atolmis rubricollis</i>	20	1,6	-57
<i>Eupithecia subfuscata</i>	18	5	-24
<i>Diaphora mendica</i>	17	1,6	-20
<i>Phragmatobia fuliginosa</i>	16	1,6	-36
<i>Epirranthis diversata</i>	16	5,6	-15
<i>Rhagades pruni</i> (S)	15	8	x
<i>Hemaris fuciformis</i>	12	1,6	-59
<i>Timandra comai</i>	9	4	-8
<i>Eriopygodes imbecilla</i>	9	2,6,7	-49
<i>Endromis versicolora</i>	8	1,6	-23
<i>Pyrrhia umbra</i>	8	3,7	-22
<i>Epirrhoe pupillata</i>	7	4	-47
<i>Syngrapha interrogationis</i>	7	3,7	-24
<i>Idea humiliata</i>	7	4	-61
<i>Saturnia pavonia</i> (S)	5	1,6	-55
<i>Coscinia cribraria</i>	5	1	-33
<i>Setina irrorella</i>	4	1,6	-62
<i>Macaria carbonaria</i> (S)	4	5,6	-59
<i>Autographa macrogamma</i>	4	3,6	-43
<i>Zygaena lonicerae</i>	4	8	x
<i>Lomaspilis opis</i>	3	5	-51
<i>Macrothylacia rubi</i> (S)	3	1,6	-38
<i>Photedes captiuncula</i>	2	3,7	-17
<i>Perconia strigillaria</i> (S)	2	5	-51
<i>Anarta myrtilli</i> (S)	2	2,6,7	-57
<i>Hyphoraia aulica</i>	2	1,6	-87
<i>Panemeria tenebrata</i>	1	3,6,7	-39
<i>Lycophotia porphyrea</i>	1	2	-23
<i>Heliiothis viriplaca</i>	1	3,7	-64
<i>Archiearis notha</i>	1	4	-71
<i>Macroglossum stellatarum</i>	1	1,6	-30
<i>Celaena haworthii</i> (S)	1	3	-11
<i>Coranarta cordigera</i> (S)	1	2,7	-54

Myös pääasiassa soilla esiintyvät päiväaktiiviset lajit, kuten rämemittari *Macaria carbonaria* ja herttayökkönen *Coronarta cordigera* ovat aineistossa aliedustettuja, koska Suomen linjalaskentaseuranta keskittyy maatalousympäristöön ja maan eteläiseen puoliskoon. Tästä syystä joukosta puuttuvat myös pohjoiset, vain Lapissa tavattavat lajit. Useimmilla taulukon 5 lajeista havaintojen vähyys johtuu kuitenkin siitä, että ne ovat aidosti harvinaisia vaikkakin esiintyessään helposti havaittavia (punatäpläperhoset, päiväkiitäjät). Sama koskee taulukon 6 SYKEN linjalaskennoissa vielä havaitsematta jääneitä, osin huomattavan harvinaisia lajeja (n = 32). Koska näistä lajeista ei useinkaan ole mahdollista saada havaintoja yöperhosille tarkoitettujen pyydysten avulla, päiväsaikaan tapahtuva suora havainnointi on tärkein tapa saada tietoa niiden esiintymisestä.

Taulukko 6. Kirjallisuuden mukaan päiväaktiiviset muut suurperhoslajit (32 lajia), joita ei ole havaittu SYKEN linjalaskennoissa. Lisäksi levinneisyysalueen absoluuttinen muutos Huldenin ym. (2000) mukaan sekä lähinnä soilla esiintyvät lajit (S) Pöyryn (2001) mukaan.

Laji	Tietolähde	Alueen muutos, %
<i>Acontia lucida</i>	7	-100
<i>Aspitates gilvaria</i> (S)	5	-51
<i>Baptria tibiale</i>	4,6	-58
<i>Carsia sororiata</i> (S)	5,6	-33
<i>Chlorissa viridata</i> (S)	4,6	-40
<i>Earias clorana</i>	3	-81
<i>Eilema cereolum</i> (S)	1	-47
<i>Eremobia ochroleuca</i>	3,7	-100
<i>Gynaephora selenitica</i> (S)	1	-79
<i>Helicoverpa armigera</i>	3,7	525
<i>Heliothis maritima</i>	3,7	-40
<i>Heliothis nubigera</i>	3,7	100
<i>Heliothis peltigera</i>	3,7	80
<i>Hypoxystis pluviaria</i> (S)	5	-75
<i>Lamprotes c-aureum</i>	3	-47
<i>Lasiocampa trifolii</i>	1	-41
<i>Lemonia dumii</i>	1	-72
<i>Melipotis purpurina</i>	3,7	-67
<i>Narraga fasciolaria</i>	5	-100
<i>Orgyia antiquoides</i> (S)	1	-66
<i>Orgyia recens</i> (S)	1	-58
<i>Phytometra viridaria</i>	3	-48
<i>Schinia scutosa</i>	3,7	39
<i>Pseudopanthera macularia</i>	5,6	-22
<i>Scopula rubiginata</i>	4	-64
<i>Scopula virgulata</i> (S)	4	-32
<i>Selidosema brunnearium</i>	5	0
<i>Syngrapha microgamma</i> (S)	3,7	-58
<i>Thalera fimbrialis</i> (S)	4	-44
<i>Tyta luctuosa</i>	3,7	-75
<i>Tyria jacobaeae</i>	1	0
<i>Xanthorhoe biriviata</i>	4	-6

Lajien ekologinen luokittelu

Tulokset lajien suhteellisista runsauksista eri elinympäristöissä olivat pääsääntöisesti samansuuntaisia aiempien arvioiden kanssa (Kuussaari ym. 2002, Kuussaari & Heliölä 2004). Eroavuuksia oli lähinnä joidenkin metsänreunoilla ja niityillä jokseenkin yhtä runsaina esiintyneiden lajien kohdalla. Muutama näistä olivat tässä aineistossa merkitsevästi runsaampia niityillä, vaikka aiemmissa tarkasteluissa lajit olivat painottuneet metsänreunoille. Tällöin lopullisessa luokittelussa otettiin huomioon myös kirjallisuustiedot lajin elinympäristöistä ja ravintokasveista. Toukkana lehtipuita tai varpuja käyttävät epäselvät lajit luokiteltiin tämän perusteella metsänreunojen lajeiksi.

Tarkastelluista lajeista seitsemän (12 %) esiintyi runsaimmillaan avoimilla pellon- tai tienpientareilla (Taulukko 4). Yleisin näistä oli niityillä lähes yhtä runsas nokimittari *Odezia atrata*. Maahamme vuosittain vaeltava gammayökkönen *Autographa gamma* on ehkä tyypillisin pellonpiennarten laji. Vain näillä lajeilla ero runsaudessa verrattuna muihin elinympäristöihin oli tilastollisesti merkitsevä. Muut avoimiin piennarympäristöihin painottuneet lajit olivat isonokkayökkönen *Hypena proboscidalis*, mesimaayökkönen *Chersotis cuprea*, kalvassekoyökkönen *Amphipoea fucosa* sekä pillike- ja ailakkimittarit *Perizoma alchemillatum* ja *P. affinitatum*.

Metsänreunoille painottuneita lajeja oli aineistossa yhteensä 24 (41 %; Taulukko 4). Näistä etenkin keihäsmittari *Rheumaptera hastata*, reunustäplämittäri *Lomaspilis marginata* sekä leppä- ja pajuvalkomittarit *Cabera pusaria* ja *C. exanthemata* ovat yleisiä ja runsaslukuisia. Runsausero muihin elinympäristöihin verrattuna oli tilastollisesti merkitsevä 14 lajin osalta. Tämän ohella ISA-analyysi osoitti kolmen lajin olleen merkitsevästi runsain niityillä. Useimmat metsänreunojen lajeista syövät toukkana yleisiä lehtipuita tai varpuja, minkä johdosta niitä tavataankin yleisesti myös pensaikkoisilla niityillä ja avopientareilla. Niittytaikut ovat lisäksi usein pienialaisia ja metsän ympäröimiä, eli voimakkaasti reunavaikutuksen alaisia. Molemmat tekijät selittävät monien metsänreunojen lajien yleisyyttä niityilläkin, sekä tästä johtuvia ristiriitaisuuksia tilastollisissa merkitsevyyksissä. Pajuvalkomittari, kirjokenttämittari *Xanthorhoe spadicearia* ja ruskokaarimittari *Macaria notata* kuuluvat näistä syistä varsinaisesti metsänreunojen lajeihin, samoin kuin puistomittari *Eulithis prunata* ja syysvarpumittari *Dystroma citratum*. Myös aiemmat, osin eri aineistoilla tehdyt tarkastelut tukevat näitä tulkintoja (Kuussaari ym. 2002, Kuussaari & Heliölä 2004).

Tarkastelluista lajeista 27 (47 %) esiintyi runsaampina niityillä kuin muissa elinympäristöissä (Taulukko 4). 22 lajilla ero muihin elinympäristöihin verrattuna oli myös tilastollisesti merkitsevä. Seurannan kolme runsaslukuisinta lajia, pihamittari, ruutumittari *Chiasmia clathrata* ja niittyöykkönen *Euclidia glyphica* ovat tyypillisimpiä niittylajeja, mutta niitä tavataan usein pientareilakin. Muita tavanomaisimpia niittyjä suosivia lajeja ovat kasteyökkönen

Polypogon tentacularius, viirulehtimittari *Scopula immorata*, liitumittari *Siona lineata*, puroyökkönen *Rivula sericealis* ja serpentiini- sekä vaa-leakulumittarit *Idaea serpentata* ja *I. pallidata*. Toisin kuin metsänreunojen tyyppilajit, useimpien niittyjen suurperhoslajien toukat käyttävät ravintonaan erilaisia ruohovartisia niittykasveja. Niityille painottuneista lajeista etenkin metsämittari *Ematurga atomaria* ja mäkikenttämittari *Xanthorhoe montanata* ovat yleisiä muissakin elinympäristöissä, myös metsissä.

Taulukko 7. Niittyjen suurperhoslajien suhteellinen runsaus kuivilla, tuoreilla ja kosteilla niityillä verrattuna yleisrunsauteen niityillä. Kussakin ryhmässä lajit runsausjärjestyksessä. Mukaan on otettu joitain niityillä runsaita lajeja, joiden tiheydet olivat vielä korkeampia avopientareilla. Runsausluokat: +++ = >40 % runsaampi kuin niityillä keskimäärin, ++ = 15-40 % runsaampi, + = 5-15 % runsaampi, 0 = +5 % ... -5 % keskiarvosta. Luokat -, -- ja --- vastaavilla raja-arvoilla.

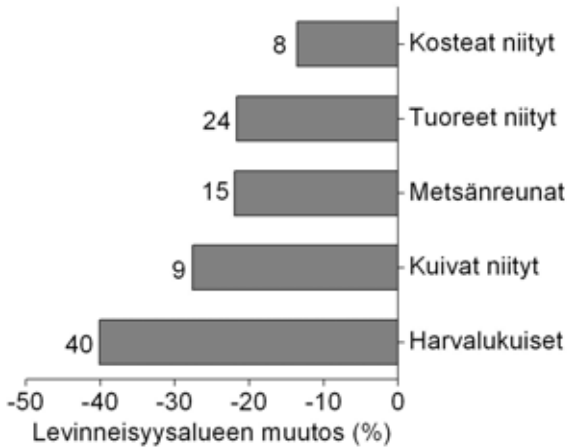
Laji	Suhteellinen runsaus niityillä		
	kuiva	tuore	kostea
Kuivat niityt			
<i>Scopula immorata</i>	++	+	---
<i>Siona lineata</i>	++	0	--
<i>Idaea serpentata</i>	++	+	---
<i>Epirrhoe alternata</i>	++	-	0
<i>Diacrisia sannio</i>	+++	-	--
<i>Zygaena viciae</i>	++	-	+
<i>Eilema lutarellum</i>	++	+	---
<i>Lythria cruentaria</i>	+++	---	---
<i>Chersotis cuprea</i>	+++	---	---
<i>Adscita statices</i>	++	+	---
Tuoreet niityt			
<i>Scotopteryx chenopodiata</i>	--	+	--
<i>Chiasmia clathrata</i>	---	++	0
<i>Euclidia glyphica</i>	-	+	--
<i>Ematurga atomaria</i>	0	-	0
<i>Xanthorhoe montanata</i>	--	+	0
<i>Polypogon tentacularius</i>	---	+	-
<i>Cryptocala chardinyi</i>	---	++	--
<i>Idaea pallidata</i>	--	++	---
<i>Scopula immutata</i>	---	++	-
<i>Epirrhoe tristata</i>	---	++	-
<i>Callistege mi</i>	-	0	0
<i>Camptogramma bilineatum</i>	--	++	---
<i>Protodeltote pygarga</i>	---	++	---
<i>Polypogon strigilatus</i>	0	+	---
<i>Epirrhoe hastulata</i>	---	++	--
Kosteat niityt			
<i>Odezia atrata</i>	---	+	++
<i>Autographa gamma</i>	0	-	+++
<i>Rivula sericealis</i>	---	+	+++
<i>Hypena proboscidalis</i>	---	-	+++
<i>Timandra griseata</i>	---	+	+++
<i>Cybosia mesomella</i>	---	+	++
<i>Perizoma alchemillatum</i>	--	-	++
<i>Spargania luctuata</i>	0	--	+++
<i>Perizoma affinitatum</i>	---	---	+++

Niityillä runsaina esiintyneiden lajien osalta tarkasteltiin erikseen niiden suhteellista runsautta kolmella pääniittytyypillä. Kuiville niityille painottuneita lajeja aineistossa oli yhdeksän, joista yleisimpiä olivat viirulehtimittari sekä liitu- ja serpentiinimittari (Taulukko 7). Kuivat niityt eli kedot ja kalliokedot sekä niille erikoistunut lajisto ovat käyneet hyvin harvinaisiksi (Pöyry ym. 2004b). Kuivilla niityillä keskimääräistä runsaampina esiintyviä perhoslajeja voidaan siten pitää esiintymispaikkansa laadullisina indikaattoreina. Vastavasti kosteilla niityillä tai pientareilla runsaimmillaan esiintyivät etenkin nokimittari sekä gamma- ja puroyökkönen (Taulukko 7). Nämä lajit puolestaan indikoivat rehevää, korkeaa ja usein heinävaltaista niittykasvillisuutta, joka monesti johtuu kohteen haitallisesta rehevöitymisestä tai umpeenkasvusta. Tässä mielessä ne voivat kertoa runsaina esiintyessään niittyalueen heikentyneestä laadusta. Osa näistä lajeista, kuten nokimittari ja gammayökkönen esiintyivät runsaimmillaan pellonpientareilla (Taulukko 4).

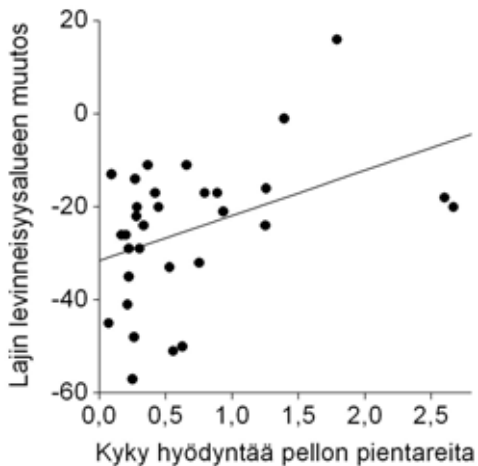
Lajien pitkäaikainen kannankehitys

Kuvassa 1 on esitetty levinneisyysalueen keskimääräinen muutos kuivien, tuoreiden ja kosteiden niittyjen sekä metsänreunojen ja laskentalinjoilla harvalukuisina havaittujen lajien osalta. Voimakkaimmin ovat keskimäärin taantuneet linjoilla vain niukkoina tavatut lajit, mikä onkin loogista. Näiden ohella kuivia niittyjä suosivat lajit ovat vähentyneet jossain määrin enemmän kuin muiden elinympäristöjen lajit. Vähiten ovat taantuneet kosteiden niittyjen lajit. Tähän saattaa vaikuttaa se, että tavanomaisessa maatalousmaisemassa jäljellä olevat niitymäiset elinympäristöt ovat paljolti ojien ja vesistöjen pientareita, jotka ovat pääsääntöisesti kosteahkoja sekä reheväkasvuisia. Näin ollen kosteita niittyjä suosivilla suurperhoslajeilla voi edelleen olla käytettävissään muita enemmän soveliaista elinympäristöä.

Kuva 1 ja sen lähtöaineistona käytetyt Huldenin ym. (2000) levinneisyysarviot antavat kuvan, että kaikki suurperhosten lajiryhmät ovat keskimäärin taantuneet. Tämä ei kuitenkaan pitäne paikkaansa, vaan taustalla on ainakin osin myös suurperhosten havainnointitapojen muutokset ajan myötä. Aiemmin havainnointia tehtiin paljon myös päiväsaikaan, mutta 1970-luvulta alkaen valorysäpyynti on yleistynyt voimakkaasti. Samalla havaintojen keruu päivällä, ja siten erityisesti päiväaktiivisista lajeista vähentyi selvästi, mikä on saattanut vääristää Huldenin ym. (2000) muutosarvioita näiden lajien osalta. Tämä ei kuitenkaan vaikuta kuvan 1 eri elinympäristötyyppien välisiin suhteellisiin eroihin. Nykyisin linjalaskennat tuottavat uudelleen havaintotietoa myös päiväaktiivisista lajeista.



Kuva 1. Neljän ekologisen lajiryhmän sekä linjalaskennoissa harvalukuisina tavattujen suurperhoslajien levinneisyysalueen keskimääräiset muutokset. Arviot levinneisyyden muutoksista Huldenin ym. (2000) mukaan. Lajiryhmät on kuvattu taulukoissa 4, 5 ja 7. Tarkastelussa mukana olevien lajien määrät on ilmoitettu kunkin pylvään päässä.



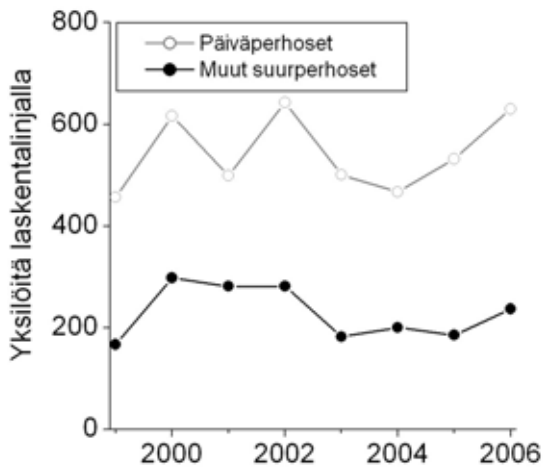
Kuva 2. Niittyjen ja avopiennarten suurperhoslajien taantuminen suhteessa lajin kykyyn hyödyntää pellon pientareita. Kyky hyödyntää pientareita on laskettu jakamalla lajin tiheys avopientareilla sen tiheydellä niityillä (ks. Taulukko 4). Huldenin ym. (2000) arvio levinneisyysalueen muutoksesta on esitetty samassa taulukossa. Kaunoyökkönen *C.chardinyi* ei sisälly kuvaajaan.

Aiemmin on havaittu päiväperhosilla, että pellonpientareilla runsaina esiintyvien niitylajien kannat ovat taantuneet vähemmän kuin niitylajit, joita ei juurikaan tavata pientareilla (Kuussaari ym. 2004). Ensin mainituilla lajeilla pientareet toimivat ainakin osittain korvaavina elinympäristöinä niityille, joiden määrät ovat vähentyneet murto-osaan (Pöyry ym. 2004b). Vastaava

yhteys levinneisyysalueen muutoksen ja pientareiden käytön suhteen oli suuntaa-antavasti havaittavissa myös muilla suurperhosilla (Kuva 2), kun tarkasteltiin niittyjä tai pellonpientareita suosivia lajeja (Taulukko 4).

Lajien kannankehitys 1999-2006

Päiväaktiivisten suurperhosten määrät ovat vaihdelleet vuosien välillä saman suuntaisesti kuin päiväperhosilla (Kuva 3). Muita suurperhosyksiöitä on havaittu linjalaskennoissa keskimäärin 35-55 % päiväperhosten määrästä. Kesän suursäätilan vaihtelut vaikuttavat ratkaisevasti etenkin päiväperhosten runsauteen yksittäisenä vuotena. Lämpimät ja aurinkoiset kesät 2000, 2002 ja 2006 ovat olleet päiväperhosille seurantajakson suotuisimpia (Heliölä ym. 2007), mikä ilmenee myös kuvassa 3. Muilla suurperhosilla vuosien välinen vaihtelu on ollut jossain määrin vähäisempää, mikä selittyy pitkälti perhosryhmien fysiologisilla eroilla. Auringon säteilyn ja lämmön määrät eivät ole yhtä tärkeitä esimerkiksi mittareille ja yökkösille, jotka pystyvät lentämään ja lisääntymään kolealla tai pilviselläkin säällä. Tästä huolimatta monilla yksittäisillä suurperhoslajeilla kannanvaihtelut voivat olla paljon äärevämpiä kuin päiväperhosilla. Tunturimittarin ajoittaisten massaesiintymien aiheuttamat tuhot Lapissa lienevät tästä tunnetuin esimerkki (Kallio & Lehtonen 1973, Haukioja ym. 1988).

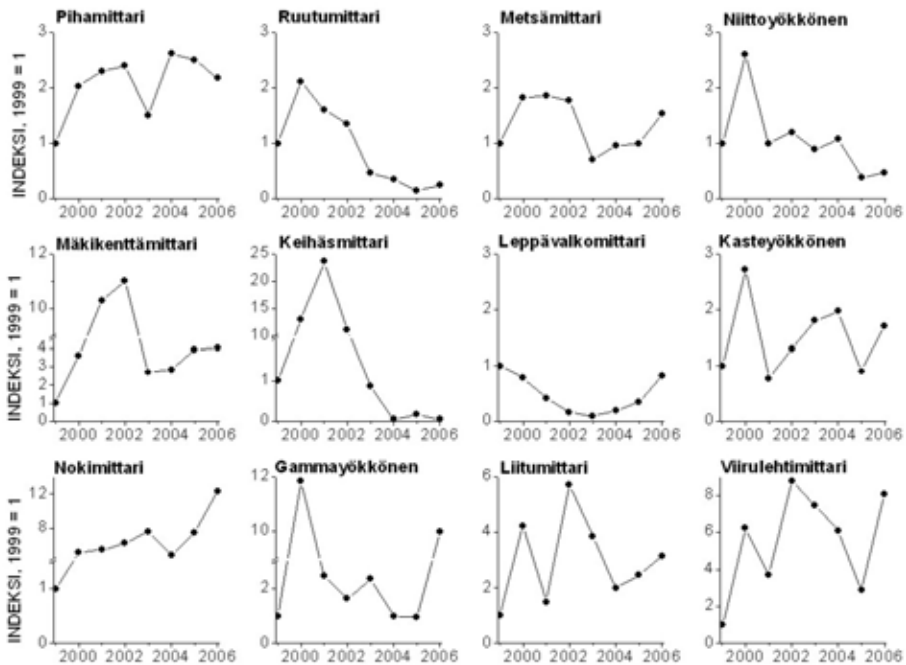


Kuva 3. Päiväperhosten ja muiden suurperhosten keskimääräiset havaintomäärät laskentalinjaa kohti vuosina 1999-2006. Aineistona 22 laskentalinjaa, joilta havainnoitu molemmat perhosryhmät. Keihäsmittarin *R. hastata* havainnot eivät sisälly kuvaajaan.

Taulukko 8. Seurantajakson 1999-2006 runsaimmat 50 muuta suurperhoslajia. Lajit järjestettynä kokonaishavaintomäärän mukaan. Kultakin vuodelta on ilmoitettu havaintojen yhteismäärään perustuva sijaluku aineistossa. Vain sijaluvut 1-40 on merkitty, ei heikompia (-).

Sija	Laji	99	00	01	02	03	04	05	06
1	Pihamittari (<i>Scotopteryx chenopodiata</i>)	2	2	3	1	1	1	1	1
2	Ruutumittari (<i>Chiasmia clathrata</i>)	1	1	2	2	4	5	12	11
3	Metsämittari (<i>Ematurga atomaria</i>)	5	5	5	4	7	3	2	2
4	Niittoyökkönen (<i>Euclidia glyphica</i>)	4	3	7	5	2	2	7	9
5	Mäkikenttämittari (<i>Xanthorhoe montanata</i>)	6	6	4	3	8	8	4	5
6	Keihäsmittari (<i>Rheumaptera hastata</i>)	7	4	1	6	18	-	33	-
7	Leppävalkomittari (<i>Cabera pusaria</i>)	3	7	8	18	15	14	11	4
8	Kasteyökkönen (<i>Polypogon tentacularius</i>)	9	9	16	9	3	4	6	6
9	Nokimittari (<i>Odezia atrata</i>)	13	11	10	11	6	9	5	3
10	Gammayökkönen (<i>Autographa gamma</i>)	8	8	13	24	17	22	25	13
11	Liitumittari (<i>Siona lineata</i>)	12	14	12	10	9	11	8	7
12	Viirulehtimittari (<i>Scopula immorata</i>)	17	10	11	7	5	7	13	10
13	Reunustäplämittari (<i>Lomaspilis marginata</i>)	9	13	9	8	11	12	9	8
14	Kaunoyökkönen (<i>Cryptocala chardinyi</i>)	14	21	31	13	12	6	3	14
15	Serpentiinimittari (<i>Idaea serpentata</i>)	28	16	13	15	10	10	14	15
16	Puroyökkönen (<i>Rivula sericealis</i>)	28	33	-	19	23	16	10	12
17	Pajuvalkomittari (<i>Cabera exanthemata</i>)	11	11	16	12	16	17	16	16
18	Vasamamittari (<i>Rheumaptera subhastata</i>)	-	31	6	20	-	-	-	-
19	Harmoraanumittari (<i>Epirrhoe alternata</i>)	20	15	18	17	25	20	18	17
20	Vaaleakulumittari (<i>Idaea pallidata</i>)	22	26	33	14	13	13	21	24
21	Karhuillikäs (<i>Diacrisia sannio</i>)	24	24	27	27	14	19	19	19
22	Synkkäraanumittari (<i>Epirrhoe tristata</i>)	27	22	20	21	21	25	26	23
23	Isonokkayökkönen (<i>Hypena proboscidalis</i>)	15	-	22	28	37	21	15	27
24	Virnapunatäplä (<i>Zygaena viciae</i>)	26	20	37	31	36	28	22	18
25	Luhtalehtimittari (<i>Scopula immutata</i>)	-	25	38	22	19	18	20	21
26	Mustikkalehtomittari (<i>Jodis putata</i>)	16	17	19	29	37	-	-	29
27	Mustikkamittari (<i>Eulithis populata</i>)	28	-	23	26	33	29	23	22
28	Kirjokenttämittari (<i>Xanthorhoe spadicearia</i>)	28	22	15	36	31	33	30	35
29	Mustikkalehtimittari (<i>Scopula ternata</i>)	37	30	21	24	20	26	30	31
30	Piirtoyökkönen (<i>Callistege mi</i>)	-	26	33	-	27	23	-	-
31	Vyökiiltoyökkönen (<i>Protodeltote pygarga</i>)	-	-	-	-	-	-	17	20
32	Maitolehtimittari (<i>Scopula floslactata</i>)	-	-	29	23	32	33	34	33
33	Täpläsillikäs (<i>Parasemia plantaginis</i>)	-	40	-	-	25	32	29	38
34	Viitamittari (<i>Macaria brunneata</i>)	18	28	26	-	-	38	-	29
35	Aitokeltasiipi (<i>Eilema lutarellum</i>)	-	-	-	-	22	15	27	-
36	Täplätupsukas (<i>Orgyia antiqua</i>)	18	17	-	-	-	-	-	28
37	Nastakehrääjä (<i>Aglia tau</i>)	-	-	-	40	28	24	37	-
38	Ruosteleppämittari (<i>Hydrelia flammeolaria</i>)	28	36	33	31	28	36	39	36
39	Aaltomittari (<i>Rheumaptera undulata</i>)	-	37	29	36	24	-	-	-
40	Surumittari (<i>Spargania luctuata</i>)	24	36	32	39	-	-	-	26
41	Hapsiyökkönen (<i>Polypogon strigilatus</i>)	-	-	-	-	33	27	32	25
42	Koisasiipi (<i>Cybosia mesomella</i>)	-	-	-	-	33	29	37	32
43	Ailakkimittari (<i>Perizoma affinitatum</i>)	22	31	-	15	-	-	-	-
44	Mesimaayökkönen (<i>Chersotis cuprea</i>)	33	29	24	40	40	33	-	-
45	Suolaheinämittari (<i>Timandra griseata</i>)	-	-	-	29	37	40	-	-
46	Pikkuraanumittari (<i>Epirrhoe hastulata</i>)	37	19	-	-	-	-	-	-
47	Ruskokaarimittari (<i>Macaria notata</i>)	-	-	27	33	-	-	-	-
48	Punemittari (<i>Lythria cruentaria</i>)	-	-	-	-	-	-	-	33
49	Syysvarpumittari (<i>Dysstroma citratum</i>)	37	-	25	-	-	-	-	-
50	Harmopikkumittari (<i>Eupithecia satyrata</i>)	-	33	36	35	-	-	-	-

Taulukossa 8 on esitetty seurannan 50 runsaimman suurperhoslajin osalta havaintojen kokonaismäärään perustuvat sijaluvut vuosittain 1999-2006. Vuosien välillä on eroja aineiston laajuudessa ja havaintopaikoissa, mutta sijaluvut antavat silti hyvän yleiskuvan lajiston runsaussuhteissa tapahtuneista muutoksista. Runsaimpana lajina on eri vuosina ollut kolme lajia: ruutumittari v.1999-2000, keihäsmittari v.2001 ja pihamittari vuodesta 2002 alkaen. Seurantajaksolla harvalukuisesta kohtalaisen runsaiksi ovat nousseet etenkin vyökiiltoyökkönen *Protodeltote pygarga*, hapsiyökkönen *Polygona strigilatus* ja koisasiipi *Cybosia mesomella*. Vastaavasti mustikkalehtomittarin *Jodis putata*, ailakkimittarin ja mesimaayökkösen havaintomäärät ovat laskeneet selvästi seurannan alkuvuosista.



Kuva 4. Seurannan 12 runsaimman mittari- ja yökköslajin kannankehitys vuosina 1999-2006. Lajin runsaus vuonna 1999 vastaa indeksiä 1. Huomaa, että y-akselin arvot vaihtelevat suuresti lajien välillä.

Aineiston runsaimpien 12 suurperhoslajin osalta vuosittaisia kannanmuutoksia pystyttiin arvioimaan edellistä tarkemmin. Kuvassa 4 on esitetty lajeittain arvio kunkin vuoden kannasta verrattuna vuoteen 1999. Kuvasarjasta on tärkeintä huomata, että useilla lajeilla kannanmuutokset ovat olleet hyvin voimakkaita. Etenkin keihäsmittarilla oli vuosina 2000-2002 poikkeuksellisen suuri massaesiintymä. Lajin kannat romahtivat kuitenkin pian takaisin normaalille tasolleen, ja kesällä 2005 keihäsmittarin runsaus oli alle sadasosan vuoden 2001 huipustaan. Myös ruutumittarin ja niittoyökkösen kannat olivat suuria vuonna 2001, mutta laskivat sitten selvästi. Seurantajakson lopulla etenkin nokimittarin kannat ovat nousseet vastaavasti (Kuva 4).

Joidenkin suurperhoslajien kannat ovat vaihdelleet hyvinkin saman suuntaisesti kuin päiväperhosilla. Selkeimmin tällaisia ovat olleet liitumittari, viiru-lehtimittari ja vaaleakulumittari (Kuva 4). Yleensä kannanvaihteluissa ei voitu havaita selkeitä säännönmukaisuuksia, sillä useimmista lajeista havain-toja oli liian vähän luotettavia analyyseja varten (ks. Taulukko 2). Perhosten vuosittaiset kannanvaihtelut ovat lisäksi luontaisesti niin suuria, ettei kahdeksan vuoden havaintojakso riitä paljastamaan pitkäaikaisia muutossuuntia.

Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa arvioitiin yhteensä 129 suurperhoslajia sekä neljä punatäpläperhosta siinä määrin päiväaktiivisiksi, että niitä voidaan luotettavasti havainnoida linjalaskentamenetelmällä. Näistä 58 lajia tavataan linjoilla säännöllisesti. Lisäksi satunnaisia havaintoja on kertynyt lähes 200 muusta lajista, jotka ovat tyystin tai pääosin yöaktiivisiä. Näistä lajeista linjalaskentamenetelmä ei tuota määrällisesti luotettavaa seurantatietoa, mutta riittää silti paljastamaan yksittäisten lajien poikkeukselliset massaesiintymät. Satunnaisesti laskennoissa havaittavat yöaktiiviset lajit voivat vääristää tuloksia etenkin vertailtaessa havaittuja lajimääriä eri elinympäristötyyppien tai koekäsittelyiden välillä. Jatkossa erilaisissa linjalaskentaan perustuvissa seuranta- ja tutkimushankkeissa olisikin perusteltua keskittyä vain tässä päiväaktiiviseksi määriteltujen lajien tarkasteluun.

Tarkastelluista suurperhoslajeista kaikkiaan 27 esiintyi runsaimmillaan erilaisilla niityillä (Taulukko 4). Näistä etenkin avoimilla pellonpientareilla niukkalukuisten, sekä kuivilla niityillä keskimääräistä runsaampien lajien (Taulukko 7) voidaan katsoa ilmentävän monimuotoista maatalousluontoa. Loimumittaria *Camptogramma bilineatum* voidaan pitää vaateliaana lajina myös siksi, että sen on todettu suosivan vanhoja luonnonlaitumia (Pöyry ym. 2005). Useimmat suurperhoslajit ovat kuitenkin runsaampia hylätyillä, umpeenkasvavilla niityillä ja kärsivät laidunnuksen vaikutuksesta. Laitumilla runsaampina tavattujen lajien on todettu yleisesti ottaen taantuneen Suomessa, kun taas hylättyjen niittyjen lajit ovat runsastuneet (Pöyry ym. 2005).

Muiden suurperhosten lajimäärien on havaittu olevan suurempia keskimäärin korkeammassa kasvillisuudessa kuin päiväperhosilla (Pöyry ym. 2006, Kuussaari ym. 2007a). Tällaisia elinympäristöjä ovat esimerkiksi hylätyt, kosteapohjaiset tai rehevöityneet niityt sekä pientareet. Korkeaa kasvillisuutta suosivia suurperhoslajeja voidaan siten pitää jossain määrin negatiivisina indikaattoreina niittyalueen laadulle. Vastaavasti voimakas laidunnus ja elinympäristön kasvava avoimuus vaikuttavat yleensä alentavasti suurperhosten lajimääriin. Pensaikon ja puustoisuuden lisääntyessä lajimäärät nousevat, mikä johtunee siitä että monet suurperhoslajit käyttävät ravintonaan lehtipuita (Kuussaari ym. 2007a). Tämä selittää myös sen, että maisematasolla metsän määrä korreloi maatalousalueilla positiivisesti suurperhosten lajimäärien kanssa (Kivinen ym. 2006).

Kuussaari ym. (2007b) ovat osoittaneet, että metsänreunoja suosivat päiväperhoslajit ovat viime vuosikymmeninä jopa runsastuneet Suomessa, samalla kun niittyjen lajit ovat vähentyneet. Tämän katsottiin olevan seurausta lähinnä metsätaloudesta, jonka luoma hakkuiden pirstoma metsämaisema sopii hyvin reunoilla viihtyville lajeille. Muista suurperhosista ja etenkin mittareista suuri osa on metsien lajeja, joiden toukat käyttävät ravintonaan puita tai metsävarpuja (Mikkola ym. 1985, 1989). Vaikka ne ovatkin päiväperhosia vähemmän riippuvaisia hakkuiden luomista lämpimistä metsänreunoista, voidaan epäillä että myös useimpien metsien ja metsänreunojen suurperhosten kannat ovat säilyneet varsin vakaina. Vastaavasti niittyjen suurperhoslajien voidaan olettaa pääsääntöisesti vähentyneen niittyjen päiväperhosten tavoin. Poikkeuksen saattavat muodostaa jotkin niittyjen umpeenkasvusta tai rehevöitymisestä hyötyvät lajit, jotka viihtyvät korkeassa ja heinävaltaisessa kasvillisuudessa.

Kaikkiaan noin 30-40 päiväaktiivisesta suurperhoslajista kertyy SYKEN linjalaskentaan perustuvissa seurannoissa riittävästi havaintoja, jotta niiden vuositaisista kannanvaihteluja voidaan kohtuudella arvioida (Heliölä & Kuussaari 2005). Näiden lajien osalta tuloksia raportoidaan varsin suppeasti maatalousympäristön päiväperhosseurannan tulosten yhteydessä (mm. Heliölä ym. 2006). Kattavampi raportointi voitaisiin järjestää esimerkiksi viiden vuoden välein erillisartikkelina Suomen Perhostutkijain Seuran *Baptria*-lehdessä.

Kirjallisuus

- Balmer, O. & Erhardt, A. 2000. Consequences of succession on extensively grazed grasslands for Central European butterfly conservation: rethinking conservation practices. *Conservation Biology* 14: 746-757.
- Clausen, H.D., Holbeck, H.B. & Reddersen, J.G. 2001. Factors influencing butterflies and burnet moths in the uncultivated habitats of an organic farm in Denmark. *Biological Conservation* 98: 167-178.

- Dufréne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Groenendijk, D. & van der Meulen, J. 2004. Conservation of moths in The Netherlands: population trends, distribution patterns and monitoring techniques of day-active moths. *Journal of Insect Conservation* 8: 109-118.
- Haukioja, E., Neuvonen, S., Hanhimäki, S. & Niemelä, P. 1988. The autumnal moth in Fennoscandia. Teoksessa: Berryman, A. (toim.). Dynamics of forest insect populations. Patterns, causes, implications. New York: Plenum Press. s. 164-178.
- Heliölä, J. & Kuussaari, M. 2005. How many counts are needed? Effect of sampling effort on observed species number of butterflies and moths in transect counts. Teoksessa: Kühn, E., Thomas, J., Feldmann, R. & Settele, J. (toim.). Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 1, General concepts and case studies. Sofia: Pensoft Publishers. s. 83-84.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2004. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2003 tulokset. *Baptria* 29(2): 44-48.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2005. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2004 tulokset. *Baptria* 30(2): 52-57.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2006. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2005 tulokset. *Baptria* 31(2): 46-51.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. 2007. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2006 tulokset. *Baptria* 32(2), painossa.
- Huldén, L., Albrecht, A., Itämies, J., Malinen, P. & Wettenhovi, J. 2000. Suomen suurperhosatlas. Suomen perhostutkijain seura & Luonnontieteellinen keskusmuseo. Tampere: Viestipaino.
- Kallio, P. & Lehtonen, J. 1973. Birch forest damage caused by *Oporina autumnata* (Bkh.) in 1965-66 in Utsjoki, N Finland. Reports of the Kevo Subarctic Research Station 10: 55-99.
- Kivinen, S., Luoto, M., Kuussaari, M. & Helenius, J. 2006. Multi-species richness of boreal agricultural landscapes: effects of climate, biotope, soil and geographical location. *Journal of Biogeography* 33: 862-875.
- Kullberg, J., Albrecht, A., Kaila, L. & Varis, V. 2001. Checklist of Finnish Lepidoptera – Suomen perhosten luettelo. *Sahlbergia* 6: 45-190.

- Kuussaari, M. & Heliölä, J. 2004. Perhosten monimuotoisuus eteläsuomalaisilla maatalousalueilla. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle: MYTVAS-seuranta-tutkimus 2000-2003. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 709. s. 44-81.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Luoto, M. & Pöyry, J. 2007a. Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (painossa).
- Kuussaari, M., Heliölä, J. & Niininen, I. 2002. Maatalousympäristön päiväperhosseurannan vuoden 2001 tulokset. *Baptria* 27(2): 38-47.
- Kuussaari, M., Heliölä, J., Pöyry, J. & Saarinen, K. 2007b. Contrasting trends of butterfly species preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in Northern Europe. *Journal of Insect Conservation* (painossa).
- Kuussaari, M., Hyvärinen, M. & Luoto, M. 2004. Ympäristön laatu ja populaatioiden elinvoimaisuus. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing Oy. s. 234-247.
- Kuussaari, M., Pöyry, J. & Lundsten, K-E. 2000. Maatalousympäristön päiväperhosseuranta: seurantamenetelmä ja ensimmäisen vuoden tulokset. *Baptria* 25(2): 44-56.
- Marttila, O., Saarinen, K., Haahtela, T. & Pajari, M. 1996. Suomen kiitäjät ja kehrääjät. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Mikkola, K. & Jalas, I. 1977. Suomen Perhoset. Yökköset 1. Keuruu: Otava. 256 s.
- Mikkola, K. & Jalas, I. 1979. Suomen Perhoset. Yökköset 2. Keuruu: Otava. 304 s.
- Mikkola, K., Jalas, I. & Peltonen, O. 1985. Suomen Perhoset. Mittarit 1. Suomen Perhostutkijain Seura. Tampere. 260 s.
- Mikkola, K., Jalas, I. & Peltonen, O. 1989. Suomen Perhoset. Mittarit 2. Suomen Perhostutkijain Seura. Recallmed. Hanko. 280 s.
- Otsamo, A. (toim.). 2005. MOSSE puolimatkassa – monimuotoisuuden tutkimusohjelman (2003-2006) välitulokset. Hanasaari 17.-18.11.2004. Seminaarikooste. MMM:n julkaisuja 14/2004.
- Pollard, E. & Yates, T.J. 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. London, UK: Chapman & Hall.

- Pöyry, J. 2001. Suoperhosten uhanalaisuus ja suojelutilanne Etelä-Suomessa. Teoksessa: Aapala, K. (toim.). Soidensuojelualueverkon arviointi. Suomen ympäristö 490. s. 213-258
- Pöyry, J., Heliölä, J., Rytteri, T. & Alanen, A. 2004b. Perinnebiotooppien lajiston uhanalaistuminen. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing Oy. s. 220-233.
- Pöyry, J., Lindgren, S., Salminen, J. & Kuussaari, M. 2004a. Restoration of butterfly and moth communities in semi-natural grasslands by cattle grazing. *Ecological Applications* 14: 1656-1670.
- Pöyry J., Lindgren S., Salminen J. & Kuussaari M. 2005. Responses of butterfly and moth species to restored cattle grazing in semi-natural grasslands. *Biological Conservation* 122: 465-478.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.). 2001. Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Saarinen, K. & Jantunen, J. 2003. Perhoset 2. Päivällä lentävät yön perhoset. Helsinki: WSOY. 176 s.
- Saarinen, K., Valtonen, A., Jantunen, J. & Saarnio, S. 2005. Butterflies and diurnal moths along road verges: does road type affect diversity and abundance? *Biological Conservation* 123: 403-412.
- Schulman, A., Heliölä, J. & Kuussaari, M. (toim.). 2005. Ahvenanmaan maatalousluonnon monimuotoisuus ja maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden arviointi. Suomen ympäristö 734.
- Skou, P. 1991. Nordes ugler. Håndbog over de i Danmark, Norge, Sverige, Finland og Island forekommende arter af Herminiidae og Noctuidae (Lepidoptera). Stenstrup: Apollo Books.
- Söderman, G., Leinonen, R., Lundsten K-E. & Tuominen-Roto, L. 1999. Yöperhosseurantaa 1993-97. Suomen Ympäristö 303.
- van Strien, A., Pannekoek, J., Hagemeijer, W. & Verstrael, T. 2004. A log-linear Poisson regression method to analyse bird monitoring data. *Bird Census News* 2000(13): 33-39.
- Väisänen, R. & Somerma, P. 1993. Suomen punatäpläperhoset. *Baptria* 18(2b): 1-48.

Maatalousalueiden kimalaisten elinympäristöt ja kannankehitys Suomessa

Juho Paukkunen¹⁾, Janne Heliölä²⁾ ja Mikko Kuussaari²⁾

¹⁾Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto, juho.paukkunen@helsinki.fi

²⁾Suomen ympäristökeskus, Luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelma, PL 140, 00251 Helsinki, janne.heliola@ymparisto.fi, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

Tiivistelmä

Suomesta on tavattu yhteensä 38 kimalaislajia (suvut *Bombus* ja *Psithyrus*), joista 28 esiintyy vakituisesti Etelä-Suomen maatalousympäristöissä. Kimalaiset ovat muiden mesipistiäisten ohella hyönteispölytteisten kasvien tärkeimpiä pölyttäjiä. Niitä voidaan tutkia linjalaskennan ja erilaisten pyyntinettelmien avulla.

Kimalaisiin kuuluu suhteellisen vähän elinympäristöiltään erikoistuneita lajeja, mutta maatalousalueilla esiintyvistä lajeista 11 on sitoutunut avoimiin ympäristöihin. Muut lajit esiintyvät avoimien ympäristöjen lisäksi tai sijaan puoliavoimissa ja metsäisissä ympäristöissä. Kimalaisten on todettu taantuneen monissa Euroopan maissa maatalouden tehostumisen seurauksena. Etelä-Suomen maatalousympäristöissä esiintyvistä lajeista 16 näyttää säilyttäneen kantansa vakaana viime vuosikymmeninä, mutta seitsemän lajin arvioidaan vähentyneen. Yhtä lukuun ottamatta kaikki vähentyneet lajit elävät pelkästään avoimissa ympäristöissä, kuten niityillä ja kedoilla. Kolmen lajin arvioidaan runsastuneen, ja kahden lajin kannat ovat vaihdelleet voimakkaasti.

Kimalaisten lajimäärän todettiin korreloivan positiivisesti putkilokasvien, päiväperhosten sekä erakkomehiläisten lajimäärien kanssa maatalousalueilla. Myös kedoilla kimalaisten ja erakkomehiläisten lajimäärät olivat yhteydessä toisiinsa. Kimalaisia voidaan suojella parhaiten säilyttämällä maatalousalueilla riittävästi niittyjä ja runsaskukkaisia pientareita.

Avainsanat: kimalaiset, loiskimalaiset, elinympäristöt, kannankehitys, seuranta, maatalousympäristöt

Habitats and population trends of bumblebees in Finnish agricultural environments

Juho Paukkunen¹⁾, Janne Heliölä²⁾ and Mikko Kuussaari²⁾

¹⁾University of Helsinki, Department of Biological and Environmental Sciences, P.O. Box 56, FI-00014 University of Helsinki, Finland, juho.paukkunen@helsinki.fi

²⁾Finnish Environment Institute, Research Programme for Biodiversity, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, janne.heliola@ymparisto.fi, mikko.kuussaari@ymparisto.fi

Abstract

A total of 38 bumblebee species (*Bombus* and *Psithyrus*) have been recorded in Finland, 28 of which are resident in agricultural environments of Southern Finland. Bumblebees and other bees are the most important pollinators of insect-pollinated plants. They can be studied using transect counts or different kinds of trapping methods.

Relatively few bumblebee species are specialized in respect to their habitats. Of the 28 species living in agricultural environments 11 are confined to open habitats, while the other species live also or only in half-open and forested habitats. Bumblebees have declined in many European countries due to intensification of agriculture. In Finland the populations of 16 bumblebee species living in agricultural environments have remained relatively stable, but seven species have declined during the recent decades. Except for one species all the declined species are confined to meadows and other open habitats. The populations of three bumblebee species have increased, while two species have fluctuated strongly.

In conventional agricultural areas the species richness of bumblebees was positively correlated with the richness of vascular plants, butterflies and solitary bees. In dry meadows the species richness of bumblebees was also positively correlated with the species richness of solitary bees. In order to conserve populations of bumblebees it is recommended to maintain enough meadows and flower-rich field margins in agricultural areas.

Key words: bumblebees, habitats, population trends, monitoring, agricultural environments

Johdanto

Kimalaiset (*Bombus*) ovat yksivuotisissa yhteiskunnissa eläviä mesipistiäisiä (Apidae), jotka muiden mesipistiäisten tavoin käyttävät ravinnokseen kukkien mettä ja siitepölyä. Kimalaisyhteiskunta koostuu pesästä, jossa on yksi lisääntymiskykyinen naaras eli kuningatar, ja joukko sen munimista munista kehittyneitä naaraspuolisia työläisiä. Loppukesällä pesässä syntyy myös koiraita ja uusia kuningattaria. Loiskimalaiset (*Psithyrus*) ovat muiden kimalaisten pesäloisia, eivätkä itse kerää siitepölyä ja mettä jälkeläistensä ravinnoksi (Pekkarinen & Teräs 1977). Varsinaiset kimalaiset ja loiskimalaiset ovat läheistä sukua toisilleen, ja monet tutkijat pitävätkin niitä samaan *Bombus*-sukuun kuuluvina (Michener 2000). Tässä raportissa kimalaisia ja loiskimalaisia käsitellään yhtenä ryhmänä.

Suomesta on tavattu yhteensä 38 kimalaislajia, joista 30 on varsinaisia kimalaisia ja kahdeksan loiskimalaisia (Söderman & Leinonen 2003). Kimalaiset muodostavat noin 17 % Suomessa tavatuista noin 230 mesipistiäislajista. Melko vähäisestä lajimäärästään huolimatta ne ovat kuitenkin tarhamehiläisen (*Apis mellifera*) ohella yksilömääräisesti runsaimpia ja näkyvimpiä mesipistiäisiämme. Kimalaislajeistamme valtaosa, 28 lajia, esiintyy vakituisesti Etelä-Suomen maatalousympäristöissä. Muiden lajien esiintyminen rajoittuu Pohjois-Suomeen (kuusi lajia) tai havainnot Suomesta perustuvat vain muutamiiin, mahdollisesti harhautuneisiin yksilöihin (kolme lajia). Lisäksi ukonhattukimalaisesta (*B. consobrinus*) tunnetaan vain pari pienialaista esiintymää Itä-Suomesta (Söderman & Leinonen 2003).

Kimalaisten merkitys ja ekologiset ominaispiirteet

Kimalaisilla on suuri ekologinen ja taloudellinen merkitys monien luonnonvaraisten ja viljeltyjen kasvien tärkeimpinä pölyttäjinä (Free 1993, Williams 1996, Pekkarinen & Teräs 1998). Kimalaiset kykenevät suurikokoisina ja vahvoina lentäjinä siirtymään kukasta toiseen paljon nopeammin kuin erakomehiläiset tai tarhamehiläinen, minkä lisäksi ne voivat monista muista pölyttäjähyönteisistä poiketen käydä kukilla viileällä ja pilviselläkin säällä (Pekkarinen & Teräs 1998). Luonnonvaraisista kasveistamme erityisesti kukkien teriöiltään huulimaiset, kannukselliset, pitkätorviset tai perhomaiset lajit ovat pääasiassa kimalaisten pölyttämiä (Pekkarinen & Teräs 1998). Myös kanervakasvien (Ericaceae) pölyttäjinä kimalaisilla on keskeinen asema.

Tärkeimpien metsämarjojemme, puolukan ja mustikan, tuottama marjasato on suurelta osin kimalaisten pölytyksen varassa (Viramo 1978). EU:n alueella viljeltyistä ravinto-, rehu- ja öljykasveista 84 %:n sato on paljolti riippuvainen mesipistiäisten suorittamasta pölytyksestä (Williams 1996). Suomessa pelloilla viljeltävistä kasveista kimalaiset pölyttävät etenkin apiloita, hernettä,

rypsiä ja tarhamansikkaa (Pekkarinen & Teräs 1977, Banaszak & Cierzniak 1992, Free 1993). Kimalaiset ovat myös tärkeitä hedelmäpuiden ja marjapensaiden pölyttäjiä (Banaszak & Cierzniak 1992, Willmer ym. 1994).

Monista muista hyönteisryhmistä poiketen kimalaisiin kuuluu harvoja elinympäristöiltään erikoistuneita lajeja. Tämä johtuu eniten siitä, että suurin osa kimalaislajeista käyttää ravinnokseen monien eri kasvilajien siitepölyä ja mettä, kun taas esimerkiksi perhosten toukat ovat usein erikoistuneet yhteen tai muutamaan ravintokasviin. Kimalaisten erikoistumista ravintokasveihin rajoittaa yhteiskuntien pitkä aktiivinen kausi ja suuri energian tarve (Pekkarinen 1984, Teräs 1985). Suomessa esiintyvistä lajeista vain ukonhattukimalainen on ravinnonkäytöltään tiukasti erikoistunut (Pekkarinen 1998). Monet muutkin kimalaislajit voivat kuitenkin suosia jotakin tiettyä kasvilajia tai -lajiryhmää ravinnon lähteenään. Esimerkiksi sorokimalainen (*B. soroensis*) suosii kellokasveja (Pekkarinen 1984), maakimalainen (*B. subterraneus*) puna-apilaa (Løken 1973, Pekkarinen ym. 1981) ja pensaskimalainen (*B. pratorum*) maitohorsmaa (Teräs 1985). Kimalaislajien väliset erot ravinnonkäytössä johtuvat osaksi lajikohtaisista eroista suosien rakenteessa, kuten kielen pituudessa (Ranta 1984, Teräs 1985).

Kimalaisten käyttämät ravintokasvit ja ruokailupaikat voivat vaihdella kesän eri aikoina (Teräs 1985). Keväisin monet puuvartistet kasvit, kuten pajut, vaahterat ja hedelmäpuut, sekä lehtojen ruohovartistet kevät kukkijat ovat tärkeitä ravinnonlähteitä (Svensson 2002). Kesällä kimalaisten suosimia ravintokasveja ovat avoimien paikkojen monivuotiset kaksisirkkaiset, kuten apilat ja muut hernekasvit, keltanot, kaunokit, ohdakkeet ja maitohorsma (Teräs 1985, Fussell & Corbet 1992, Pekkarinen & Teräs 1998, Bäckman & Tiainen 2002, Svensson 2002). Loppukesällä taas kangasmetsissä kasvava kanerva tarjoaa ravintoa monille kimalaisille (Pekkarinen & Teräs 1998).

Loiskimalaiset ovat usein isäntälajejaan vaateliaampia elinympäristönsä suhteen. Suomessa ainakin kirjoloiskimalainen (*P. quadricolor*) ja peltoloiskimalainen (*P. campestris*) esiintyvät vain avoimilla ja lämpimillä paikoilla, vaikka niiden isäntälajeja sorokimalaista ja peltokimalaista (*B. pascuorum*) tavataan myös varjoisemmissa ympäristöissä (Juho Paukkunen, henkilökohtaiset havainnot). Monien kimalaislajien elinympäristövaatimusten on havaittu olevan yhteydessä lajin yleisyyteen ja populaation maantieteelliseen sijaintiin. Yleiset lajit voivat hyödyntää laajempaa elinympäristövalikoimaa kuin harvinaiset lajit, ja levinneisyysalueen keskiosissa sijaitsevat populaatiot ovat elinympäristövaatimuksiltaan väljempiä kuin reunapopulaatiot (Williams 1988, Goulson ym. 2006). Englannissa joidenkin kimalaislajien elinympäristövalikoimat ovat kaventuneet kantojen taantumisen ja levinneisyysalueiden supistumisen myötä (Goulson ym. 2006).

Kimalaisille ja monille muille myrkkypistiäisille on ominaista ruokailu- ja pesäpaikkojen sijainti erillään toisistaan (Dramstad 1996, Westrich 1996,

Kells & Goulson 2003). Kimalaisten pesimisympäristöistä ja pesien tiheydestä on paljon vähemmän tietoa kuin niiden ruokailuympäristöistä, mikä johtuu ennen kaikkea vaikeuksista pesien paikantamisessa maastossa (Dramstad 1996, Darvill ym. 2004). Ruotsissa Svensson ym. (2000) havaitsivat keväällä pesäpaikkaa etsiviä kimalaiskuningattaria eniten metsien ja peltojen reunamilla sekä avoimilla ja puoliavoimilla alueilla, kun taas metsissä ja metsäaukioilla niitä ei juuri esiintynyt. Eri lajien kuningattarien todettiin myös suosivan osittain eri elinympäristöjä. Kimalaiset perustavat pesänsä yleensä maassa olevaan vanhaan myyrän tai hiiren koloon. Kartanokimalainen (*B. hypnorum*) pesii kuitenkin mieluiten maanpinnan yläpuolisissa koloissa, kuten talojen rakenteissa tai linnunpöntöissä (Pekkarinen & Teräs 1977).

Kimalaisten on todettu tai päätelty vähentyneen viime vuosikymmeninä monissa Euroopan maissa (Williams 1982, 1986, Westrich ym. 1998, Sárospatáki ym. 2005) ja Pohjois-Amerikassa (Buchmann & Nabhan 1996). Esimerkiksi Englannissa valtaosalla maan 25 kimalaislajista levinneisyysalue on huomattavasti pienentynyt 1950-luvun jälkeen ja kolme lajia on jo luokiteltu maasta hävinneiksi (Williams 1982, Goulson ym. 2006). Kimalaisten taantumisen on selitetty johtuvan ennen kaikkea maatalouden tehostumisesta (Williams 1986, 2005, Goulson ym. 2005, Carvell ym. 2006). Etenkin laajamittaisen salaojitusten ja perinteisen karjatalouden loppumisen seurauksena kimalaisten ravintokasvit ja tärkeimmät elinympäristöt ovat voimakkaasti vähentyneet maatalousalueilla (Williams 1996, Pekkarinen ym. 2001, Pykälä & Alanen 2004, Carvell ym. 2006).

Viimeaikaisia kimalaistutkimuksia Suomessa

Vuosina 1996–2004 kimalaisia on tutkittu osana Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) koordinoimaa valtakunnallista pölyttäjähyönteisseurantaa (Söderman ym. 1997, Söderman 1999). Lisäksi SYKE on tutkinut kimalaisia tuoreiden niittyjen lajistoa ja hoitoa selvittäneessä FIBRE-tutkimusohjelman hankkeessa (Paukkunen ym. 2007a), tavanomaisten maatalousalueiden luonnon monimuotoisuutta kartoittavassa MYTVAS-hankkeessa (Heliölä ym. 2004, Luoto ym. 2004, Kivinen ym. 2006, Paukkunen ym. 2007b) ja ketojen lajistoon ja hoitoon keskittyneessä tutkimuksessa (Paukkunen 2007). Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) ja Helsingin yliopiston yhteistyönä on tutkittu peltojen pientareiden (Bäckman & Tiainen 2002, Bäckman ym. 2004) ja luomuviljelyn merkitystä kimalaisille (Tiainen ym. 2004).

Tutkimuksen tavoitteet

Tämä tutkimus sisältyi MOSSE-tutkimusohjelman maatalousosion (LU-MOTTU; Otsamo 2005) hankkeeseen "Maatalousympäristön luonnon monimuotoisuusindikaattorit". Tutkimukselle asetettiin seuraavat tavoitteet:

1. Luokitella kimalaislajien pääasialliset elinympäristöt,
2. Arvioida kimalaislajien pitkän aikavälin kannankehitystä,
3. Vertailla eri kimalaislajien suhteellisia runsauksia ja yleisyyttä maamme maatalousympäristöissä, sekä
4. Tarkastella kimalaisten lajirunsauden yhteyttä putkilokasvien, päiväperhosten ja erakkomehiläisten lajirunsauksiin maastotutkimusaineistoissa.

Aineisto ja menetelmät

Kimalaisten tutkimuksessa käytetyt otantamenetelmät

Koska useimmat suomalaiset kimalaislajit on mahdollista määrittää maastossa ilman apuvälineitä, ns. linjalaskentamenetelmää voidaan käyttää kimalaisten tiheyksien arvioinnissa (Banaszak 1980, Teräs 1983). Linjalaskennassa kävellään tasaisella nopeudella vakioitua tutkimuslinjaa pitkin ja samalla kirjataan muistiin tiedot kaikista edessä olevan 2 x 2 m:n tai 5 x 5 m:n ruudun sisällä havaituista kimalaisista. Laskennat suoritetaan aina riittävän aurinkoisella ja/tai lämpimällä säällä, ja ne toistetaan esimerkiksi kahden viikon välein toukokuun ja elokuun välisenä aikana. Joidenkin kimalaisten, kuten ns. mantukimalaisryhmän lajien eli mantukimalaisen (*Bombus lucorum*), kangaskimalaisen (*B. cryptarum*) ja isokimalaisen (*B. magnus*) sekä useimpien loiskimalaisten määrittäminen edellyttää mikroskoopin käyttöä (Pekkarinen & Teräs 1977, Söderman & Leinonen 2003). Näihin ryhmiin kuuluvien yksilöiden määrittäminen voidaan jättää lajiryhmän tasolle tai ne voidaan ottaa talteen myöhempää määrittystä varten, jos niitä havaitaan kohtuullisen vähän. Linjalaskennassa ongelmia voivat aiheuttaa lähinnä sääolojen vaihtelu ja runsaslukuisten lajien yksilömäärien luotettava arviointi suhteessa vähälukuisiin lajeihin (Calabuig 2000).

Tietoa kimalaisista voidaan kerätä myös erilaisilla pyydyksillä, joista käytetyimpiä ovat ns. keltarysät ja keltavadit. Niiden toiminta perustuu keltaiseen väriin, joka houkuttelee kimalaisia ja muita kukilla vierailevia hyönteisiä. Keltarysiä on käytetty Suomessa valtakunnallisessa pölyttäjähönteisseurannassa (Söderman 1999), MYTVAS-hankkeessa (Heliölä ym. 2004, Paukkunen ym. 2007b) ja tuoreiden niittyjen tutkimuksessa (Paukkunen ym. 2007a). Keltarysät ovat helppokäyttöisiä ja ne keräävät tehokkaasti kimalaisia keväällä, mutta niiden keruuteho heikkenee huomattavasti kesällä, kun kimalaisten huomiosta kilpailevien mesikasvien määrä kasvaa (Monsevicius 2004, Paukkunen ym. 2007b). Keltavadit ovat keltaisia, päältä avoimia vateja, joihin on lisätty nestettä, esimerkiksi etyleeniglykoliliuosta. Väriin houkuttamat hyönteiset hukkuvat nesteeseen, josta ne otetaan talteen siivilöimällä. Keltavateja on käytetty Suomessa SYKEN ketotutkimuksessa (Paukkunen 2007) ja Met-

sähallituksen paahdeympäristöjen hyönteisseurantahankkeessa (2004–2006). Keltavtien käyttö on työläämpää kuin keltarysien, mutta niiden pyyntiteho on kesällä huomattavasti parempi. Keltavadeilla saadaan kimalaisten ohella saaliiksi paljon muitakin mesipistiäisiä ja hyönteisiä (Calabuig 2000, Monsevičius 2004, Paukkunen 2007).

Sekä keltavtien että keltarysien yhtenä ongelmana on pyyntitehon riippuvuus pyydyksen lähistöllä olevien mesi- ja siitepölykasvien määrästä, sillä pyyntiteho saattaa heikentyä kukkien määrän kasvaessa (Paukkunen 2007). Pyydykset voivat myös houkuttaa eri lajeja eri voimakkuudella, joten lajien välisistä runsaussuhteista ei välttämättä saada oikeaa kuvaa (Heliölä ym. 2004, Paukkunen 2007). Pyydykset näkyvät usein kauas ja keräävät siten kimalaisia laajalta alueelta. Näin ollen pyydysten käyttö varsinkin pienialaisilla kohteilla voi olla ongelmallista. Lisäksi kimalaiskuningattarien tehokas pyynti keväällä tappaa lukemattomia potentiaalisia pesän perustajia, mikä voi paikallisesti heikentää kimalaiskantoja.

Tutkimuksessa käytetyt tietoaineistot

Tietoja eri kimalaislajien käyttämisestä elinympäristöistä ovat Suomessa aiemmin koonneet Ranta & Tiainen (1982), Pekkarinen (1984), Teräs (1985), Bäckman & Tiainen (2002) ja Söderman & Leinonen (2003). Muissa Euroopan maissa kimalaisten elinympäristövaatimuksia ovat tutkineet Reinig (1972), Løken (1973), Williams (1988) ja Goulson ym. (2006). Näitä julkaisuja käytettiin tässä lajien ekologisen luokittelun pohjana. Niiden ohella tärkeän aineiston muodostivat SYKEN tutkimuksissa vuosina 2000–2005 kerätyt laajat havaintoaineistot, joita on kuvattu tarkemmin taulukossa 1. Tietoja hankittiin myös maamme mesipistiäisharrastajille ja -tutkijoille keväällä 2007 tehdyllä kyselyllä, jossa heitä pyydettiin arvioimaan kunkin lajin tärkeimmät elinympäristötyypit.

Eri kimalaislajien suhteellista runsautta ja yleisyyttä Etelä-Suomen maatalousympäristöissä arvioitiin taulukossa 1 esiteltyjen SYKEN havaintoaineistojen pohjalta. Kullekin lajille laskettiin kaikista kolmesta aineistosta sekä lajin osuus havaintojen kokonaismäärästä että lajin esiintymisfrekvenssi aineistossa. Aineistojen välillä oli eroja sekä keräysvuosissa, käytetyissä menetelmissä että maantieteellisissä alueissa. Myös tutkitut elinympäristötyypit olivat erilaisia. Tätä eroa vielä korosti se, että tutkitut kedot ja tuoret niityt oli valittu perinnebiotooppien inventoinnissa arvokkaiksi todetuista kohteista (Vainio ym. 2001), kun taas MYTVAS-tutkimusalueet olivat satunnaisesti tutkittaviksi arvottuja maatalousympäristöjä (Kuussaari ym. 2004). Eri tutkimusaineistot kattoivat siten laadullisesti laajan kirjon kaikkein lajirikkaimmista kohteista aivan tavanomaisiin maatalousalueiden elinympäristöihin.

Taulukko 1. Perustiedot kolmesta tutkimuksessa käytetystä SYKEN kimalaisaineistosta.

Tutkimusaineisto	Kedot	Tuoreet niityt	MYTVAS
Aineiston keräysvuodet	2004	2000, 2001	2000–2005
Tutkittuja kohteita	40	48	58
Kimalaisten yksilömäärä	3 935	8 529	25 218
Otantamenetelmät	Keltamaljat, suora havainnointi	Keltarysät, suora havainnointi	Keltarysät
Kohteiden alueellinen jakautuminen	Uusimaa, Varsinais-Suomi	Uusimaa, Pirkanmaa	Uusimaa, Varsinais-Suomi, Pohjanmaa, Pohjois-Karjala
Elinympäristötyypit	Keto, kallioketo	Tuore niitty	Lajiköyhät niityt, metsänreunat, pellonpientareet
Kohteiden lajistollinen arvo	Korkea	Korkea	Tavanomainen
Muut tutkitut lajiryhmät	Suurperhoset, erakkomehiläiset, putkilokasvit	Suurperhoset, erakkomehiläiset, putkilokasvit	Suurperhoset, erakkomehiläiset, osin putkilokasvit

Suomessa ei ole kerätty pitkäaikaisia seuranta-aineistoja kimalaiskantojen kehityksen selvittämiseksi. Muutamien vuosien mittaisissa seurannoissa on kuitenkin todettu vuosittaisten kannanvaihteluiden olevan monilla lajeilla suuria (Pekkarinen ym. 1981, Teräs 1985, Söderman 1999, Paukkunen ym. 2007b). Museokokoelmista ja vanhoista kirjallisuuslähteistä kerättyjen tietojen avulla on selvitetty joidenkin kimalaislajiemme levinneisyysalueissa ja suhteellisissa runsauksissa tapahtuneita muutoksia (Pekkarinen ym. 1981, Pekkarinen ym. 1987, Pekkarinen & Teräs 1998, Pekkarinen ym. 2001). Näitä muutoksia ovat selvittäneet myös Söderman & Leinonen (2003) Suomen mesipistiäisiä käsittelevässä kirjassaan. Lajien pitkäaikaisen kannankehityksen arvioinnissa käytettiin näitä lähteitä sekä edellä mainittua asiantuntijakyselyä, jossa pyydettiin arvioimaan myös kunkin kimalaislajin yleisyydessä ja levinneisyysalueissa tapahtuneita muutoksia. Arvio rajattiin tässä koskemaan karkeasti ottaen 1960-luvulta nykypäivään ulottuvaa ajanjaksoa.

Koska kaikkien eliöryhmien tilan seuranta on käytännössä mahdotonta, tarvitaan indikaattoriryhmiä, joiden perusteella saadaan mahdollisimman luotettava kuva muunkin lajiston monimuotoisuudesta (McGeoch 1998). Kimalaisten ja muiden mesipistiäisten on todettu olevan hyviä bioindikaattoreita, koska ne ovat sekä ravintokasveistaan että pesäpaikoistaan riippuvaisina erityisen herkkiä elinympäristöissään tapahtuville muutoksille (Westrich 1996, Kevan 1999). Tutkimuksessa vertailtiin kimalaisten lajirunsauden yhteyttä putkilokasvien, päiväperhosten ja erakkomehiläisten lajimääriin Spearmanin järjestyskorrelaatiota käyttäen. Analyysit tehtiin erikseen kolmelle taulukossa 1 mainitulle havaintoaineistolle. Tarkastelua varten Juha Helenius (HY) luovutti käyttöön MYTVAS-hankkeen kasviaineistoa, Juha Pöyry (SYKE) ketojen ja tuoreiden niittyjen hyönteisaineistoa sekä Katja Raatikainen (SYKE) ketojen ja tuoreiden niittyjen kasviaineistoa.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kimalaislajien ekologinen luokittelu

Maamme kimalaislajit on taulukossa 2 jaoteltu neljään ekologiseen pääryhmään alan kirjallisuuden, asiantuntijakyselyn ja SYKEN havaintoaineistojen pohjalta. Elinympäristöjen avoimuus-sulkeutuneisuus -gradientti osoittautui keskeiseksi kimalaislajiston koostumukseen vaikuttavaksi tekijäksi. Neliporaisen jaottelun taustalla ovatkin selkeimmin erot eri elinympäristöjen avoimuudessa.

Avoimien ympäristöjen lajit (Niittylajit). Ryhmään arvioitiin kuuluvan yhteensä 11 kimalaislajia (Taulukko 2). Lajit esiintyvät pääasiassa erilaisilla niityillä, mutta myös muilla avoimilla alueilla, kuten pellonpientareilla, joutomailla, merenrannoilla (sammalkimalainen *B. muscorum* ja kivikkokimalainen *B. lapidarius*) ja kallioilla (kivikkokimalainen). Useimmat ryhmän lajit ovat ns. taskuntekijöitä, jotka valmistavat pesäänsä pieniä vahataskuja siitepölyn säilömistä varten. Kimalaistoukat ottavat niistä itse ravintonsa, joten työläisten ei tarvitse ruokkia niitä erikseen. Muissa ryhmissä suurin osa lajeista on ns. siitepölynsäilöjiä, joiden työläiset ruokkivat toukkia ja varastoivat siitepölyä tyhjiin kotelokoppiin (Pekkarinen & Teräs 1977).

Avoimien ja puoliavoimien ympäristöjen lajit (Reunalajit). Tämän ryhmän kuusi lajia suosivat avoimien ympäristöjen lisäksi esimerkiksi puutarhoja ja suojaista metsänreunamia. Lajeista yleisin, peltokimalainen, on runsaimmillaan avoimilla viljelyalueilla ja niiden reunamilla. Sorokimalainen esiintyy myös pääosin avoimilla alueilla, mutta suosii loppukesällä kanervaa kasvavia metsänreunamia (Söderman & Leinonen 2003). Uralinkimalaisen (*B. semenoviellus*) elinympäristövaatimukset ovat huonosti tunnetut, mutta suurin osa suomalaisista yksilöistä on havaittu avoimissa ja puoliavoimissa ympäristöissä.

Puoliavoimien ja sulkeutuneiden ympäristöjen lajit (Metsälajit). Ryhmään kuuluvien viiden lajin suosimia elinympäristöjä ovat erityisesti valoisa kangasmetsät ja metsien reunamat. Lukuun ottamatta isokimalaista niiden esiintyminen painottuu Keski- ja Pohjois-Suomeen. Kanervakimalainen (*B. jonellus*) on tosin melko runsaslukuinen myös Itämeren saaristossa. Varpukasvit, kuten kanerva, puolukka ja mustikka, ovat useimmille lajeille tärkeitä ravintokasveja. Iso- ja kangaskimalaisen elintavat ovat vielä osin puutteellisesti tunnetut johtuen lajinmäärityksen vaikeudesta.

Avoimien, puoliavoimien ja sulkeutuneiden ympäristöjen lajit (Yleislajit). Tämän ryhmän kuutta lajia tavataan monissa erilaisissa elinympäristöissä, kuten niityillä, puutarhoissa ja metsissä. Useimmat ovat yleisiä lähes koko maassa, joskin pitkäsiipikimalainen (*B. sporadicus*) puuttuu eteläisimmästä

osasta Suomea. Väljistä elinympäristövaatimuksistaan huolimatta lajit voivat paikallisesti suosia joko avoimia ympäristöjä (mantu- ja pitkäsiipikimalainen sekä mantuloiskimalainen *P. bohemicus*), metsänreunoja ja hakkuuauki-oita (pensaskimalainen) tai puutarhoja (kartanokimalainen ja tarhakimalainen *B. hortorum*).

Taulukko 2. Etelä-Suomen maatalousalueilla esiintyvien kimalaislajien pääasialliset elinympäristöt, arvio kannan kehityksestä ja uhanalaisuusluokitus. Avoimia ympäristöjä niityt, pellonpientareet ja kalliot, puoliavoimia metsänreunat, puutarhat ja pensaikot, ja sulkeutuneita ympäristöjä kangasmetsät ja lehdot. Paukkusen ym. (2007b) mukaan niityille painottuneet lajit on merkitty tähdellä (*). Lajit nimetty Södermanin & Leinosen (2003) mukaan.

Elinympäristötyyppi ja kimalaislaji	Arvio kannan kehityksestä ¹				Uhanalaisuus ²
	Taantunut	Vakaa	Runsastunut	Vaihteleva	
Avoimet ympäristöt	6 lajia 55 %	2 lajia 18 %	1 laji 9 %	2 lajia 18 %	
Kivikkokimalainen, <i>B. lapidarius</i>		0			
Sammalkimalainen, <i>B. muscorum</i>	-				NT
Juhannuskimalainen, <i>B. humilis</i>	-				NT
Ketokimalainen, <i>B. sylvarum</i>				~	
Hevoskimalainen, <i>B. veteranus*</i>			+		
Mustakimalainen, <i>B. ruderarius*</i>	-				
Maakimalainen, <i>B. subterraneus*</i>				~	
Kirjokimalainen, <i>B. distinguendus</i>	-				
Kivikkoloiskimalainen, <i>P. rupestris</i>		0			
Peltoloiskimalainen, <i>P. campestris</i>	-				
Kirjoloiskimalainen, <i>P. quadricolor</i>	-				EN
Avoimet ja puoliavoimet ympäristöt	1 laji 17 %	4 lajia 67 %	1 laji 17 %	Ei lajeja	
Sorokimalainen, <i>B. soroensis</i>		0			
Uralinkimalainen, <i>B. semenoviellus</i>			+		NT
Peltokimalainen, <i>B. pascuorum*</i>		0			
Tarhaloiskimalainen, <i>P. barbutellus</i>	-				VU
Pensasloiskimalainen, <i>P. sylvestris</i>		0			
Kartanoloiskimalainen, <i>P. norvegicus</i>		0			
Puoliavoimet ja sulkeutuneet ympäristöt	Ei lajeja	5 lajia 100 %	Ei lajeja	Ei lajeja	
Kangaskimalainen, <i>B. cryptarum</i>		0			
Isokimalainen, <i>B. magnus</i>		0			
Kanervakimalainen, <i>B. jonellus</i>		0			
Korpikimalainen, <i>B. cingulatus</i>		0			
Kanervaloiskimalainen, <i>P. flavidus</i>		0			
Avoimet, puoliavoimet ja sulkeutuneet ympäristöt	Ei lajeja	5 lajia 83 %	1 laji 17 %	Ei lajeja	
Mantukimalainen, <i>B. lucorum</i>		0			
Pitkäsiipikimalainen, <i>B. sporadicus</i>			+		
Pensaskimalainen, <i>B. pratorum</i>		0			
Kartanokimalainen, <i>B. hypnorum*</i>		0			
Tarhakimalainen, <i>B. hortorum</i>		0			
Mantuloiskimalainen, <i>P. bohemicus</i>		0			
Lajeja yhteensä	7 lajia 25 %	16 lajia 57 %	3 lajia 11 %	2 lajia 7 %	5 lajia 18 %

¹ Kannankehitys on arvioitu karkeasti ajanjaksolle 1960–2006.

² Uhanalaisuusluokitus noudattaa viimeisintä Suomen lajien uhanalaisuusarviointia (Rassi ym. 2001). EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä.

Kimalaislajien runsaus ja yleisyys

Taulukossa 3 on esitetty eri kimalaislajien suhteelliset runsaudet ja esiintymisfrekvenssit kolmessa SYKEN tutkimusaineistossa (ks. Taulukko 1). Aineisto käsittää yhteensä 37 682 kimalaisyksilöä 25 lajista. Tutkimusten perusteella peltokimalainen on eteläsuomalaisten maatalousympäristöjen runsaslukuisin laji noin kolmanneksen (34 %) osuudella kaikista yksilöistä. Seuraavaksi runsaimpia ovat mantukimalaisryhmän lajit (22 %), pensaskimalainen (10 %) ja tarhakimalainen (7 %). Muiden lajien osuus kokonaisyksilömäärästä oli yhteensä 27 %. Mantukimalaisryhmän lajeja ei määritetty lajilleen kaikkina vuosina, mutta esimerkiksi vuoden 2001 MYTVAS-aineistossa mantukimalainen oli ryhmän lajeista selvästi runsain (80 % yksilöistä). Kangaskimalaisen osuus oli tuolloin 19 % ja isokimalaisen vain 1 % (Heliölä ym. 2004).

Taulukko 3. Kimalaislajien suhteelliset osuudet ja esiintymisfrekvenssit keidoilta (Paukkunen 2007), tuoreilta niityiltä (Paukkunen ym. 2007a) ja MYTVAS-tutkimuksen tavanomaisilta maatalousalueilta (Paukkunen ym. 2007b) kerätyissä aineistoissa. Lajit ovat kokonaisyksilömäärän mukaisessa järjestyksessä.

Sija	Laji	Yksilömäärä	Osuus (%) yksilöistä			Havaintopaikkojen osuus (%) tutkimuskohteista		
			Kedot	Tuoreet niityt	Mytvas-alueet	Kedot	Tuoreet niityt	Mytvas-alueet
1.	Peltokimalainen, <i>B. pascuorum</i>	12653	4.2	40	36.1	87.5	97.9	100.0
2.	Mantukimalaisryhmä, <i>B. lucorum</i> coll.*	8460	68.6	12.7	18.6	100.0	100.0	100.0
3.	Pensaskimalainen, <i>B. pratorum</i>	3772	7.5	12.6	9.5	82.5	93.8	100.0
4.	Tarhakimalainen, <i>B. hortorum</i>	2719	1.5	4.8	8.9	52.5	95.8	100.0
5.	Kartanokimalainen, <i>B. hypnorum</i>	1645	4.7	4.2	4.4	77.5	89.6	82.8
6.	Sorokimalainen, <i>B. soroeensis</i>	1545	1.3	5.1	4.2	47.5	81.3	79.3
7.	Kivikkokimalainen, <i>B. lapidarius</i>	1491	4.7	5.4	3.4	75.0	70.8	50.0
8.	Hevoskimalainen, <i>B. veteranus</i>	1298	1.0	5.1	3.3	55.0	85.4	94.8
9.	Mustakimalainen, <i>B. ruderarius</i>	1176	1.5	4.7	2.8	40.0	62.5	41.4
10.	Kanervakimalainen, <i>B. jonellus</i>	985	0.4	2.2	3.1	15.0	33.3	79.3
11.	Mantuloiskimalainen, <i>P. bohemicus</i>	820	1.5	1.5	2.5	52.5	66.7	86.2
12.	Pensasloiskimalainen, <i>P. sylvestris</i>	663	0.8	1.1	2.1	40.0	54.2	84.5
13.	Kirjokimalainen, <i>B. distinguendus</i>	192	0.1	0.6	0.5	10.0	37.5	44.8
14.	Juhannuskimalainen, <i>B. humilis</i>	70	1.1	0.0	0.1	32.5	2.1	6.9
15.	Kartanoloiskimalainen, <i>P. norvegicus</i>	60	0.1	0.2	0.2	5.0	20.8	41.3
16.	Pitkäsiipikimalainen, <i>B. sporadicus</i>	37	-	0.2	0.1	-	14.6	20.7
17.	Kivikkoloiskimalainen, <i>P. rupestris</i>	31	0.6	0.0	0.0	22.5	4.2	1.7
18.	Maakimalainen, <i>B. subterraneus</i>	24	0.1	0.0	0.1	7.5	4.2	8.6
19.	Ketokimalainen, <i>B. sylvorum</i>	17	0.2	0.0	0.0	12.5	8.3	6.9
20.	Uralinkimalainen, <i>B. semenoviellus</i>	13	-	-	0.1	-	-	13.8
21.	Peltuloiskimalainen, <i>P. campestris</i>	7	0.1	0.0	0.0	7.5	4.2	1.7
22.	Korpikimalainen, <i>B. cingulatus</i>	3	-	-	0.0	-	-	3.4
23.	Kirjoloiskimalainen, <i>P. quadricolor</i>	1	-	-	0.0	-	-	1.7
	Yhteensä	37682	3935	8529	25218	40	48	58

*Mantukimalaisryhmä (*Bombus lucorum* coll.) käsittää lajit *B. lucorum*, *B. cryptarum* ja *B. magnus*.

Eri kimalaislajien suhteelliset runsaudet ja esiintymisfrekvenssit erosivat huomattavasti verrattaessa ketojen, tuoreiden niittyjen ja tavanomaisten maatalousalueiden aineistoja (Taulukko 3). Esimerkiksi peltokimalaisia oli suhteellisesti huomattavasti vähemmän kedoilla kuin muilla alueilla, kun taas mantukimalaisryhmän lajit olivat kedoilla suhteellisesti runsaimmillaan. Aineistossa lähinnä kedoille painottuneita lajeja olivat juhannuskimalainen (*B. humilis*), kivikkoloiskimalainen (*P. rupestris*), ketokimalainen (*B. sylvarum*) ja peltoloiskimalainen. Tuoreilla niityillä runsaimmillaan esiintyneitä lajeja olivat ainakin sorokimalainen ja mustakimalainen (*B. ruderarius*). Tavanomaisille maatalousalueille, kuten pellonpientareille ja metsänreunamille painottuvia lajeja olivat tarhakimalainen, kanervakimalainen, mantuloiskimalainen, pensasloiskimalainen (*P. sylvesris*), kartanoloiskimalainen (*P. norvegicus*) ja uralinkimalainen. Kanervakimalaisen ja uralinkimalaisen painottuminen tavanomaisille maatalousalueille johtunee suurelta osin kolmen eri tutkimusaineiston erilaisesta maantieteellisestä sijainnista. Muista tutkimuskohteista poiketen arvotut MYTVAS-alueet sijaitsivat osaksi Pohjanmaalla, kanervakimalaisen levinneisyyden ydinalueella ja Itä-Suomessa, uralinkimalaisen pääasiallisella esiintymisalueella (ks. Taulukko 1, Kuussaari ym. 2004). Kolmen tutkimuksen aineistojen vertailtavuutta heikentävät myös osittain erilaiset otantamenetelmät sekä erot tutkimusvuosissa ja otantajaksojen kestossa.

Kimalaiskantojen kehitys Suomessa

Taulukossa 2 on esitetty luokitus eri kimalaislajien arvioidusta kannankehityksestä maassamme. Kirjallisuuden ja asiantuntijakyselyn pohjalta lajit jaoteltiin neljään ryhmään: vähentyneet (7 lajia, 25 %), vakaat (16 lajia, 57 %), runsastuneet (3 lajia, 11 %) sekä kannoiltaan voimakkaasti vaihdelleet lajit (2 lajia, 7 %). Lajiryhmiä on tarkasteltu alla lähemmin.

Vähentyneet lajit. Seitsemästä taantuneeksi luokitellusta lajista varsinkin juhannuskimalaisen, tarhaloiskimalaisen (*P. barbutellus*) ja kirjoloiskimalaisen esiintymisalue Suomessa on supistunut merkittävästi viime vuosikymmeninä. Juhannuskimalainen esiintyy nykyisin enää paikoittaisena Lounais-Suomessa, kun taas tarha- ja kirjoloiskimalaisesta on viime vuosina tehty vain yksittäisiä havaintoja Kaakkois-Suomesta (Söderman & Leinonen 2003). Viimeisimmässä Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnissa juhannuskimalainen luokiteltiin silmälläpidettäväksi, tarhaloiskimalainen vaarantuneeksi ja kirjoloiskimalainen erittäin uhanalaiseksi lajiksi (Rassi ym. 2001).

Taantuneiksi lajeiksi arvioitiin myös sammalkimalainen, mustakimalainen, kirjokimalainen (*B. distinguendus*) ja peltoloiskimalainen (Taulukko 2). Sammalkimalainen on Suomessa lähinnä merenrantaniityillä esiintyvä harvinainen ja silmälläpidettäväksi luokiteltu laji, joka on taantunut elinympäristöjensä vähenemisen seurauksena myös muualla Pohjois-Euroopassa (Williams

1982, Westrich ym. 1998). Mustakimalaisen ja kirjokimalaisen kannat ovat taantuneet Suomessa jonkin verran viime vuosikymmeninä (Pekkarinen ym. 1987, Pekkarinen ym. 2001, Söderman & Leinonen 2003). Lajit voivat paikoitellen Etelä-Suomen tuoreilla niityillä esiintyä vielä runsaslukuisina, vaikkakin kirjokimalaisella vuosittaiset kannanvaihtelut ovat varsin suuria (Taulukko 3, Hänninen 1962). Peltoloiskimalainen on nykyisin hyvin paikoittainen ja vähälukuinen lähinnä Etelä-Suomen kedoilla esiintyvä laji (Söderman & Leinonen 2003).

Vakaat ja runsastuneet lajit. Useimmat kimalaislajimme näyttävät säilyttäneen kantansa vakaana ja esiintyvät vielä monin paikoin runsaina. Kolmen lajin, pitkäsiipikimalaisen, uralinkimalaisen ja hevoskimalaisen (*B. veteranus*) arvioitiin jopa runsastuneen Suomessa viime vuosikymmenten aikana (Taulukko 2). Näistä pitkäsiipikimalainen on levinneisyydeltään pohjoiseen painottuva laji, joka on viime aikoina laajentanut esiintymistään lounaaseen (Söderman & Leinonen 2003). Uralinkimalainen on puolestaan itäinen tulo- kas, joka havaittiin ensimmäisen kerran Suomessa vasta vuonna 1964. Nykyisin se esiintyy melko laajalti Itä-Suomessa, mutta hajalöytöjä on muualtakin maasta. Hevoskimalainen on viime vuosina levittäytynyt pohjoiseen ja tuoreita havaintoja on jo Länsi-Lapista (Söderman & Leinonen 2003).

Kannoiltaan voimakkaasti vaihdelleet lajit. Ketokimalainen ja maakimalainen luokiteltiin muista kimalaisista poiketen vaihtelevakantaisiksi lajeiksi (Taulukko 2). Ketokimalainen levisi maahamme kaakosta 1930-luvulla saavuttaen Lounais-Suomen ja Pohjois-Karjalan 1970-luvulla (Pekkarinen & Teräs 1998). Laji näyttää taantuneen ainakin Uudellamaalla ja Hämeessä 1980-luvulla, jonka jälkeen se on taas runsastunut (Söderman & Leinonen 2003). Maakimalainen on todennäköisesti levinnyt maahamme kaakosta 1940–50-luvuilla (Pekkarinen ym. 1981). Nykyisin se esiintyy paikoittaisena Uudellamaalla, Varsinais-Suomessa ja Etelä-Hämeessä, mutta Kaakkois-Suomessa se lienee vähentynyt (Söderman & Leinonen 2003).

Tiukasti avoimiin ympäristöihin, kuten niityille, pellonpientareille ja rannoille sitoutuneista 11 kimalaislajista kuuden arvioitiin taantuneen (55 %, Taulukko 2). Muista 17 lajista sen sijaan vain yhden (6 %) arvioitiin vähentyneen. Tämänkin lajin, tarhaloiskimalaisen, esiintyminen kuitenkin selvästi painottuu avoimille niityille, vaikka sen isäntä, tarhakimalainen, voi elää puoliavoimissa tai jopa sulkeutuneissa ympäristöissä (Söderman & Leinonen 2003). Myös laajan kokoelma-aineiston ja pyydyksillä vuosina 1997–1998 kerätyn kimalaisaineiston vertailun perusteella arvioitiin niittyihin erikoistuneiden lajien vähentyneen merkittävästi Suomessa. Useimpien elinympäristövaatimuksiltaan väljien lajien taas arvioitiin joko runsastuneen, pysyneen vakaina tai hieman vähentyneen (Pekkarinen ym. 2001). Taantuneiden lajien osuus oli suurempi loiskimalaisissa (38 %) kuin muissa kimalaisissa (20 %). Loiskimalaiset ovat luonnostaankin isäntälajejaan harvinaisempia ja indikoivat herkästi isäntälajien kannoissa tapahtuvia muutoksia (Calabuig 2000,

Söderman & Leinonen 2003). Kirjoloiskimalaisen, tarhaloiskimalaisen ja peltoloiskimalaisen selvä taantuminen saattaa olla osoitus niiden isäntälajien, sorokimalaisen, tarhakimalaisen ja peltokimalaisen vähentymisestä. Selviä merkkejä isäntien taantumisesta Suomessa ei kuitenkaan ole havaittu.

Avoimien ympäristöjen kimalaislajien muita voimakkaampi taantuminen on mitä todennäköisimmin seurausta niittyjen määrän voimakkaasta vähentymisestä (Pykälä & Alanen 2004, Vainio ym. 2001). Myös pellonpientareet ja kimalaisten suosimat ravintokasvit ovat vähentyneet rajusti viljelyalueilla maatalouden tehostumisen myötä (Pekkarinen ym. 2001, Bäckman ym. 2004). Taantuneiden kimalaislajien osuus kaikista Etelä-Suomen maatalousalueilla esiintyvistä lajeista (25 %) on jonkin verran pienempi kuin päiväperhosilla (32 %), ja myös uhanalaisiksi tai silmälläpidettäviksi luokiteltuja lajeja on suhteellisesti vähemmän maatalousympäristöjen kimalaisissa (18 %) kuin päiväperhosissa (29 %, Pitkänen ym. 2001). Erot kimalaisten ja päiväperhosten välillä johtunevat osittain varsinaisten niittylajien pienemmästä osuudesta kimalaisten (39 %) kuin päiväperhosten (50 %) joukossa, sekä kimalaisten keskimäärin väljemmistä elinympäristövaatimuksista (Pitkänen ym. 2001, Pekkarinen ym. 2001).

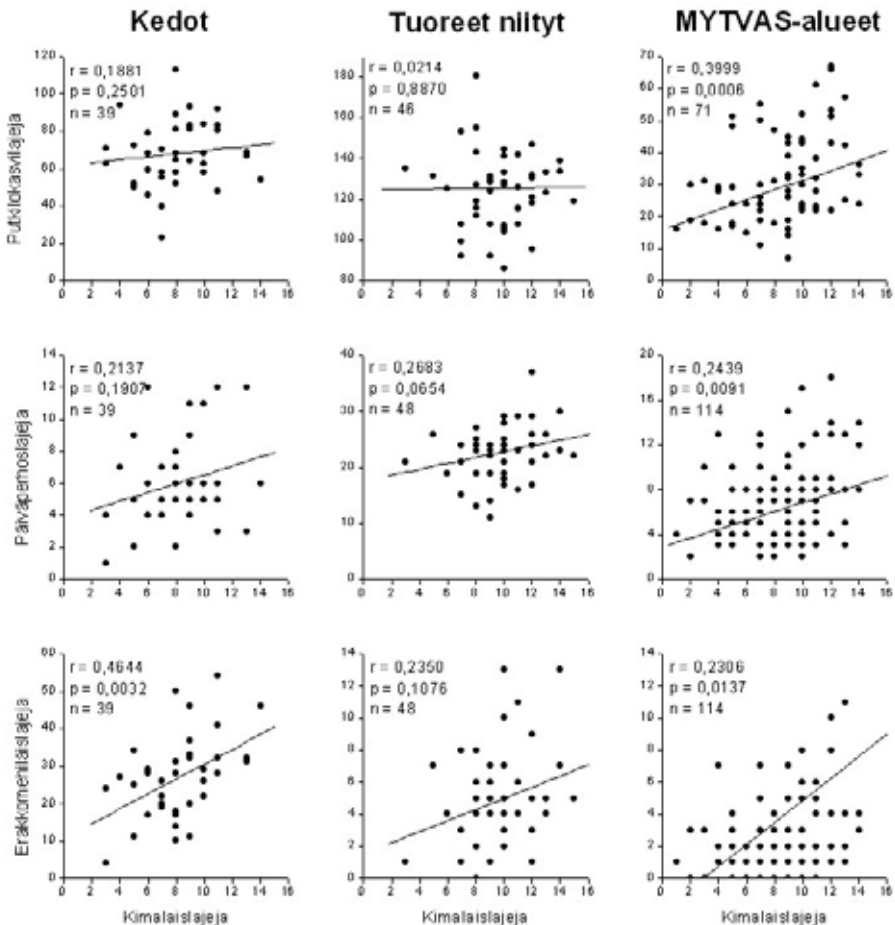
Kimalaiset muiden eliöryhmien lajirunsauden indikaattoreina

Tulokset kimalaisten havaittujen lajimäärien vertailusta putkilokasvien, päiväperhosten ja erakkomehiläisten lajimääriin on esitetty kuvassa 1. Kunkin vertailun osalta kuvassa on esitetty Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r) ja korrelaation merkitsevyys (p) sekä tutkimuskohteiden lukumäärä (n). Alla tarkastellaan lähemmin kimalaisten lajimäärän suhdetta kuhunkin kolmesta eliöryhmästä, ja arvioidaan kuinka hyvin kimalaisten lajirunsaus indikoi kyseisen lajiryhmän monimuotoisuutta.

Kimalaisten ja putkilokasvien lajimäärien suhde. MYTVAS-tutkimuksen tavanomaisilla maatalousalueilla kimalaisten ja putkilokasvien lajimäärien välillä todettiin voimakas positiivinen korrelaatio (Kuva 1). Tämä voi johtua siitä, että eri kimalaislajit käyttävät ravinnokseen osittain eri kasvilajien siitepölyä ja mettä, jolloin monipuolinen kasvillisuus tarjoaisi ravintoa monille lajeille (Fussell & Corbet 1992, Dramstad & Fry 1995, Potts ym. 2003, Hegland & Boeke 2006). Yksittäisten kasvilajien kukinta-aika saattaa olla lyhyt, joten lajien suuri määrä tarjoaa myös jatkuvuutta ravinnon saatavuuteen pitkäikäisille kimalaisyhteiskunnille (Carvell ym. 2007). Monipuolinen kasvijaisto voi myös puskuroida satunnaisista säätekijöistä johtuvia vuosittaisia vaihteluita kimalaisten ravinnon määrässä.

MYTVAS-alueista poiketen kedoilla ja tuoreilla niityillä ei havaittu korrelaatiota kimalaisten ja putkilokasvien lajimäärien välillä (Kuva 1). Tämä voi

johtua siitä, että kimalaisille tärkeiden ravintokasvien osuudet olisivat alhaisempia kedoilla ja tuoreilla niityillä kuin MYTVAS-alueilla. Kimalaiset käyttävät usein vain pientä osaa kukkivista kasveista meden ja siitepölyn lähteenään (Fussell & Corbet 1992, Dramstad & Fry 1995). Korrelaation puuttuminen voi johtua myös siitä, että lajistollisesti rikkaat tuoreet niityt ja kedot vaihtelivat laadultaan vähemmän kuin satunnaisesti valitut MYTVAS-alueet. Tämän vuoksi ympäröivän alueen laadun merkitys lajimäärän vaihtelua selittävänä tekijänä on ehkä ollut niillä suhteellisesti suurempi. Niityillä kasvilajien määrä ei ehkä lainkaan laske niin alhaiseksi, että se rajoittaisi kimalaislajien esiintymistä.



Kuva 1. Kimalaisten lajimäärän suhde putkilokasvien, päiväperhosten ja erakkomehiläisten lajimääriin kolmessa SYKE:n havaintoaineistossa, joita on tarkemmin kuvattu taulukossa 1. Kuvien tiedot: r = Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, p = korrelaation merkitsevyys, n = tutkimuskohteiden lukumäärä. MYTVAS-alueet jakautuvat eri ympäristötyyppeihin seuraavasti: metsänreuna (62 kohdetta), tuore niitty (29), pellonpiennar (10), joenvarsi (6), kostea niitty (4), kuiva niitty (2) ja muu (1). Huomaa, että Y-akselien asteikot poikkeavat eri kuvien välillä.

Kimalaisten ja päiväperhosten lajimäärien suhde. MYTVAS-alueilla kimalaisten lajimäärät korreloivat positiivisesti päiväperhosten lajimäärän kanssa (Kuva 1). Myös tuoreilla niityillä korrelaatio oli tilastollisesti suuntaa-antava ($p = 0,065$). Sen sijaan kedoilla lajiryhmien välillä ei ollut korrelaatiota. Positiiviset korrelaatiot johtunevat paljolti siitä, että molemmat hyönteisryhmät käyttävät kukkien mettä ravinnokseen ja suosivat siten samanlaisia runsaskukkaisia alueita elinympäristöinä. Korrelaation puuttuminen kedoilla taas voi johtua kimalaisten ja päiväperhosten osittain erilaisista elinympäristövaatimuksista. Kimalaiset tarvitsevat mesi- ja siitepölykasvien lisäksi pesäpaikkoja, kun taas päiväperhoset tarvitsevat tiettyjä ravintokasveja toukilleen (Davis ym. 2007).

Kimalaisten ja erakkomehiläisten lajimäärien suhde. MYTVAS-alueilla ja kedoilla kimalaisten ja erakkomehiläisten lajimäärät korreloivat voimakkaan positiivisesti (Kuva 1). Tuoreilla niityillä tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei kuitenkaan ollut. Kaikki mesipistiäiset käyttävät ravinnokseen kukkien mettä ja siitepölyä, ja suosivat siten kasvilajistoltaan monipuolisia ja runsaskukkaisia alueita. Kimalaisten ja erakkomehiläisten elintavat eroavat kuitenkin monilta osin toisistaan. Erakkomehiläisten pesät sijaitsevat useimmiten joko lämpimillä rinteillä hiekkapitoisessa maaperässä tai kuolleessa puuaineksessa olevissa koloissa, kun taas kimalaiset pesivät useimmiten vanhoissa myyrien koloissa (Söderman & Leinonen 2003). Erakkomehiläisiin kuuluu myös enemmän ravintokasviensa osalta erikoistuneita lajeja kuin kimalaisiin, ja erakkomehiläisten liikkumiskyky on keskimäärin heikompi kuin kimalaisilla (Pekkarinen & Teräs 1998, Gathmann & Tschamntke 2002). Aineistojen väliset erot lajiryhmien välisissä korrelaatioissa voivat johtua esimerkiksi ravintokasvien ja pesäpaikkojen erilaisesta alueellisesta jakautumisesta eri alueilla.

Kimalaiset ovat keskimäärin erakkomehiläisiä helpompia määrittää johtuen niiden pienemmästä lajimäärästä ja suuremmasta koosta. Tässä mielessä havainto näiden lajiryhmien lajimäärien välisestä korrelaatiosta oli rohkaiseva, koska sen perusteella kimalaisten lajirunsautta voidaan pitää karkeana mittarina myös erakkomehiläisten osalta.

Eri aineistoista todetut positiiviset korrelaatiot eri hyönteisryhmien ja putkilokasvien lajimäärien välillä osoittavat luonnon monimuotoisuuden keskittyvän maatalousympäristöissä tiettyihin elinympäristöihin. Näitä erityisen lajirikkaita elinympäristöjä eli ns. avainbiotooppeja ovat ennen kaikkea erilaiset perinnebiotoopit, kuten niityt ja kedot (Vainio ym. 2001). Eliöryhmien monimuotoisuuden väliset positiiviset riippuvuussuhteet voivat merkitä myös sitä, että erilaiset suojelu- ja hoitotoimet vaikuttavat samansuuntaisesti eri eliöryhmiin. Näin ollen esimerkiksi kimalaisten elinolojen parantaminen tavanomaisilla maatalousalueilla voisi hyödyttää myös putkilokasveja, päiväperhosia tai erakkomehiläisiä. Eliöryhmien väliset erot ovat kuitenkin usein merkittäviä, minkä vuoksi erilaisia hoitotoimia ja suojelukeinoja on käytettävä.

vä luonnon koko monimuotoisuuden säilyttämiseksi (Söderström ym. 2001, Oertli ym. 2005, Davis ym. 2007).

Kimalaisten suojele maatalousalueilla

Kimalaisten ja muiden pölyttäjähönteisten kantojen heikentymisen on osoitettu vähentävän hyönteispölytteisten viljelykasvien satoja ja vaikeuttavan monien luonnonvaraisten kasvien lisääntymistä (Steffan-Dewenter & Tscharnke 1999, Kremen ym. 2002, Biesmeijer ym. 2006, Fontaine ym. 2006). Tarhamehiläisen merkitys pölytyspalveluiden tarjoajana on usein paikallisesti suuri, mutta sen runsaus on riippuvainen mehiläistarhauksen kannattavuudesta ja tarhaajien määrästä. Mehiläistarhaus on viime aikoina vähentynyt monissa maissa lisääntyneiden tuholaisongelmien, kuten loispunkin (*Varroa destructor*) ja pesäkuoriaisen (*Aethina tumida*), sekä mehiläisten sairauksien takia (Kevan 1999). Tarhamehiläinen ei myöskään pysty pölyttämään kuin osaa hyönteispölytteisistä kasveista (Westerkamp 1991, O'Toole 1993). Kimalaiset ja muut luonnonvaraiset mesipistiäiset muodostavat näin ollen avainasemassa olevan eliöryhmän, jonka elinolojen turvaaminen on tärkeää niin taloudelliselta kuin ekologiselta kannalta.

Kimalaisten ja muiden mesipistiäisten elinmahdollisuuksia tavanomaisilla maatalousalueilla voidaan edistää esimerkiksi suosimalla monivuotisia kukkakasveja kasvavia avoimia pientareita (Lagerlöf ym. 1992, Dramstad & Fry 1995, Bäckman & Tiainen 2002, Pywell ym. 2005), säilyttämällä maiseman heterogeenisyyttä lisääviä pienympäristöjä ja viljelemättömiä alueita (Banaszak 1992, Dramstad & Fry 1995), viljelemällä kimalaisten suosimia ravintokasveja, kuten apiloita (Walther-Hellwig & Frankl 2000), ja lisäämällä luomuviljelyä (Tiainen ym. 2004, Holzschuh ym. 2007). Englannissa on äskettäin otettu käyttöön maanviljelijöille tarkoitettu kansallinen tukimuoto, jonka tavoitteena on lisätä kimalaisille sopivia elinympäristöjä tavanomaisilla maatalousalueilla (Pywell ym. 2005, 2006, Carvell ym. 2007). Vaikka kimalaisten yksilömääriä voidaan paikallisesti lisätä esimerkiksi perustamalla runsaskukkaisia pientareita ja viljelemällä kimalaisten suosimia kasveja, harvinaisten ja taantuneiden lajien suojelemiseksi tarvitaan usein muita toimenpiteitä, kuten arvokkaiden perinnebiotooppien hoitoa (Holzschuh ym. 2007, Morandin ym. 2007, Öckinger & Smith 2007).

Kiitokset

Kiitämme kaikkia kimalaisten elinympäristöistä ja kannankehityksestä tietoja antaneita asiantuntijoita sekä Ilkka Terästä kommentteista käsikirjoitukseen. Erityisesti kiitämme Juha Heleniusta (Helsingin yliopisto) sekä Juha Pöyryä ja Katja Raatikaista (Suomen ympäristökeskus) mahdollisuudesta hyödyntää heidän kasvi- ja hyönteisaineistojaan kuvassa 1.

Kirjallisuus

- Banaszak, J. 1980. Studies on methods censusing the numbers of bees (Hymenoptera, Apoidea). *Polish Ecological Studies* 6: 355–366.
- Banaszak, J. 1992. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40: 179–192.
- Banaszak, J. & Cierzniak, T. 1992. Studies on Apoidea resources in the agricultural landscape of Poland. Teoksessa: Banaszak, J. (toim.). *Natural Resources of wild bees in Poland*. Bydgoszcz: Pedagogical University. s. 49–78.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351–354.
- Buchmann, S.L. & Nabhan, G.P. 1996. *The forgotten pollinators*. Washington, DC: Island Press. 292 s.
- Bäckman, J-P.C., Huusela-Veistola, E. & Kuussaari, M. 2004. Pientareiden ja suojakaistojen selkärangattomat eläimet. Teoksessa: Tiainen, J., Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). *Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing. s. 128–146.
- Bäckman, J-P.C. & Tiainen, J. 2002. Habitat quality of field margins in a Finnish farmland area for bumblebees (Hymenoptera: *Bombus* and *Psithyrus*). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 53–68.
- Calabuig, I. 2000. *Solitary bees and bumblebees in a Danish agricultural landscape*. Väitöskirja. University of Copenhagen.
- Carvell, C., Meek, W.R., Pywell, R.F., Goulson, D. & Nowakowski, M. 2007. Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *Journal of Applied Ecology* 44: 29–40.
- Carvell, C., Roy, D.B., Smart, S.M., Pywell, R.F., Preston, C.D. & Goulson, D. 2006. Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation* 132: 481–489.
- Darvill, B., Knight, M.E. & Goulson, D. 2004. Use of genetic markers to quantify bumblebee foraging range and nest density. *Oikos* 107: 471–478.
- Davis, J.D., Hendrix, S.D., Debinski, D.M. & Hemsley, C.J. 2007. Butterfly, bee and forb community composition and cross-taxon incongruence in tallgrass prairie fragments. *Journal of Insect Conservation* 11, painossa.

- Dramstad, W.E. 1996. Do bumblebees (Hymenoptera: Apidae) really forage close to their nests? *Journal of Insect Behaviour* 9: 163–182.
- Dramstad, W.E. & Fry, G. 1995. Foraging activity of bumblebees (*Bombus*) in relation to flower resources on arable land. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 53: 123–135.
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. & Loreau, M. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biology* 4: 129–135.
- Free, B. 1993. *Insect pollination of crops*. Lontoo: Academic Press. 2. painos. 684 s.
- Fussell, M. & Corbet, S.A. 1992. Flower usage by bumblebees – a basis for forage plant management. *Journal of Applied Ecology* 29: 451–465.
- Gathmann, A. & Tschardtke, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757–764.
- Goulson, D., Hanley, M.E., Darvill, B. & Ellis, J.S. 2006. Biotope associations and the decline of bumblebees (*Bombus* spp.). *Journal of Insect Conservation* 10: 95–103.
- Goulson, D., Hanley, M.E., Darvill, B., Ellis, J.S. & Knight, M.E. 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122: 1–8.
- Hegland, S.J. & Boeke, L. 2006. Relationships between the density and diversity of floral resources and flower visitor activity in a temperate grassland community. *Ecological Entomology* 31: 532–538.
- Heliölä, J., Söderman, G., Kuussaari, M. & Paukkunen, J. 2004. Mesipistiäisten monimuotoisuus. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). *Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle*. MYTVAS-seuranta-tutkimus 2000–2003. Suomen ympäristö 709. s. 82–91.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tschardtke, T. 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41–49.
- Hänninen, P. 1962. Bumblebee species on red clover in Central Finland. *Publication of the Finnish State Agricultural Research Board* 197: 1–19.
- Kells, A.R. & Goulson, D. 2003. Preferred nesting sites of bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae) in agroecosystems in the UK. *Biological Conservation* 109: 165–174.

- Kevan, P.G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 373–393.
- Kivinen, S., Luoto, M., Kuussaari, M. & Helenius, J. 2006. Multi-species richness of boreal agricultural landscapes: effects of climate, biotope, soil and geographical location. *Journal of Biogeography* 33: 862–875.
- Kremen, C., Williams, N.M. & Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* 99: 16812–16816.
- Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). 2004. Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seurantatutkimus 2000–2003. Suomen ympäristö 709. s. 1–212.
- Lagerlöf, J., Stark, J. & Svensson, B. 1992. Margins of agricultural fields as habitats for pollinating insects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40: 117–124.
- Luoto, M., Ikävalko, J., Kivinen, S. & Kuussaari, M. 2004. Maatalousmaiesman rakenne ja sen merkitys lajiston monimuotoisuudelle. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seurantatutkimus 2000–2003. Suomen ympäristö 709. s. 110–127.
- Løken, A. 1973. Studies on Scandinavian bumblebees (Hymenoptera, Apidae). *Norsk Entomologisk Tidsskrift Norwegian Journal of Entomology* 20: 1–218.
- McGeoch, M.A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73: 181–201.
- Michener, C.D. 2000. *The bees of the world*. Baltimore and London: The John Hopkins University Press. 913 s.
- Monsevicius, V. 2004. Comparison of three methods of sampling wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Ėepkeliai Nature Reserve (South Lithuania). *Ekologija* 4: 32–39.
- Morandin, L.A., Winston, M.L., Abbott, V.A. & Franklin, M.T. 2007. Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? *Basic and Applied Ecology* 8: 117–124.
- Oertli, S., Müller, A., Steiner, D., Breitenstein, A. & Dorn, S. 2005. Cross-taxon congruence of species diversity and community similarity among three insect taxa in a mosaic landscape. *Biological Conservation* 126: 195–205.

- O'Toole, C. 1993. Diversity of native bees and agroecosystems. Teoksessa: LaSalle, J. & Gauld, I.D. (toim.). Hymenoptera and biodiversity. Wallingford: C.A.B. International. s. 169–196.
- Otsamo, A. (toim.) 2005. MOSSE puolimatassa – monimuotoisuuden tutkimusohjelman (2003–2006) välitulokset. Hanasaari 17.–18.11.2004. Seminaarikooste. MMM:n julkaisuja 14/2004.
- Paukkunen, J. 2007. Ketojen pistiäislajiston monimuotoisuus. Käsikirjoitus, julkaistaan Suomen ympäristö -sarjassa.
- Paukkunen, J., Heliölä, J. & Söderman, G. 2007b. Mesipistiäisten monimuotoisuus maatalousalueilla. Käsikirjoitus, julkaistaan Suomen ympäristö -sarjassa.
- Paukkunen, J., Raatikainen, K. & Pöyry, J. 2007a. Tuoreiden niittyjen eliöyhteisöihin vaikuttavat paikalliset ja alueelliset tekijät. Käsikirjoitus, julkaistaan Suomen ympäristö -sarjassa.
- Pekkarinen, A. 1984. Resource partitioning and coexistence in bumblebees (Hymenoptera, Bombinae). *Annales Entomologici Fennici* 50: 97–107.
- Pekkarinen, A. 1998. Oligolectic bee species in northern Europe (Hymenoptera: Apoidea). *Entomologica Fennica* 8: 205–214.
- Pekkarinen, A., Pitkänen, M. & Söderman, G. 2001. Insect pollinators. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. BirdLife Finland Conservation Series No 3: 69–80.
- Pekkarinen, A. & Teräs, I. 1977. Suomen kimalaisista ja loiskimalaisista. *Luonnon Tutkija* 81: 1–24.
- Pekkarinen, A. & Teräs, I. 1998. Mesipistiäiset – kasviemme tärkeimmät pölyttäjähyönteiset. *Luonnon Tutkija* 102: 88–102.
- Pekkarinen, A., Teräs, I., Viramo, J. & Paatela, J. 1981. Distribution of bumblebees (Hymenoptera, Apidae: *Bombus* and *Psithyrus*) in eastern Fennoscandia. *Notulae Entomologicae* 61: 71–89.
- Pekkarinen, A., Teräs, I. & Wuorenrinne, H. 1987. Suomen myrkkypistiäislajien taantuminen ja uhanalaisuus. *Luonnon Tutkija* 91: 124–129.
- Pitkänen, M., Kuussaari, M. & Pöyry, J. 2001. Butterflies. Teoksessa: Pitkänen, M. & Tiainen, J. (toim.). Biodiversity of agricultural landscapes in Finland. BirdLife Finland Conservation Series No 3: 51–68.
- Potts, S.G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G. & Willmer, P. 2003. Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? *Ecology* 84: 2628–2642.

- Pykälä, J. & Alanen, A. 2004. Perinnebiotoopit ja niiden väheneminen. Teoksessa: Tiainen, J. Kuussaari, M., Laurila, I. & Toivonen, T. (toim.). Elämää pellossa. Suomen maatalousympäristön monimuotoisuus. Helsinki: Edita Publishing. s. 192–203.
- Pywell, R.F., Warman, E.A., Carvell, C., Sparks, T.H., Dicks, L.V., Bennett, D., Wright, A., Critchley, C.N.R. & Sherwood, A. 2005. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation* 123: 79–90.
- Pywell, R.F., Warman, E.A., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T.H., Critchley, C.N.R. & Sherwood, A. 2006. Effectiveness of agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation* 129: 192–206.
- Ranta, E. 1984. Proboscis length and the coexistence of bumblebee species. *Oikos* 43: 189–196.
- Ranta, E. & Tiainen, M. 1982. Structure in seven bumblebee communities in eastern Finland in relation to resource availability. *Holarctic Ecology* 5: 48–54.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.). 2001. Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Helsinki: Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 432 s.
- Reinig, W. 1972. Ökologische Studien an mittel- und südosteuropäischen Hummeln (*Bombus* Latr. 1802) (Hym., Apidae). *Mitteilungen der Münchener Entomologischen Gesellschaft* 60: 1–56.
- Sároszpataki, M., Novák, J. & Molnár, V. 2005. Assessing the threatened status of bumble bee species (Hymenoptera: Apidae) in Hungary, central Europe. *Biodiversity and Conservation* 14: 2437–2446.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardt, T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121: 432–440.
- Svensson, B. 2002. Foraging and nesting ecology of bumblebees (*Bombus* spp.) in agricultural landscapes in Sweden. Väitöskirja. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Svensson, B., Lagerlöf, J. & Svensson, B.G. 2000. Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77: 247–255.
- Söderman, G. 1999. Diversity of pollinator communities in Eastern Fennoscandia and Eastern Baltics. Result from pilot monitoring with yellow traps in 1997–1998. *The Finnish Environment* 355: 1–74.

- Söderman, G. & Leinonen, R. 2003. Suomen mesipistiäiset ja niiden uhanalaisuus. Helsinki: Tremex Press. 420 s.
- Söderman, G., Leinonen, R. & Lundsten, K-E. 1997. Monitoring bumblebees and other pollinator insects. Suomen ympäristökeskuksen moniste 58: 1–43.
- Söderström, B., Svensson, B., Vessby, K. & Glimskär, A. 2001. Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodiversity and Conservation* 10: 1839–1863.
- Teräs, I. 1983. Estimation of bumblebee densities (*Bombus*: Hymenoptera, Apidae). *Acta Entomologica Fennica* 179: 1–120.
- Teräs, I. 1985. Food plants and flower visits of bumblebees (*Bombus*: Hymenoptera, Apidae) in southern Finland. *Acta Zoologica Fennica* 179: 1–120.
- Tiainen, J., Holopainen, J., Piha, M., Bäckman, J-P., Ekroos, J. & Seimola, T. 2004. Luomuviljelyn biodiversiteettivaikutusten seuranta: hyönteiset ja linnut. Teoksessa: Kuussaari, M., Tiainen, J., Helenius, J., Hietala-Koivu, R. & Heliölä, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen merkitys luonnon monimuotoisuudelle ja maisemalle. MYTVAS-seurantatutkimus 2000–2003. Suomen ympäristö 709. s. 128–140.
- Vainio, M., Kekäläinen, H., Pykälä, J. & Alanen, A. 2001. Suomen perinnebiotoopit. Perinnemaisemaprojektin valtakunnallinen loppuraportti. Suomen ympäristö 527. s. 1–163.
- Viramo, J. 1978. Mustikkaa ja puolukkaa koskevista pölytysbiologisista tutkimuksista Kuusamossa. *Acta Universitatis Ouluensis Series A Scientiae Rerum Naturalium* 68 Biologica No. 4: 195–205.
- Walther-Hellwig, K. & Frankl, R. 2000. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae) in an agricultural landscape. *Journal of Applied Entomology – Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 124: 299–306.
- Westerkamp, C. 1991. Honeybees are poor pollinators – why? *Plant Systematics and Evolution* 177: 71–75.
- Westrich, P. 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. Teoksessa: Matheson, A., Buchmann, S.L., O’Toole, C., Westrich, P. & Williams, I.H. (toim.). The conservation of bees. Lontoo: Academic Press. s. 1–16.

- Westrich, P., Schwenninger, H.-R., Dathe, H., Riemann, H., Saure, C., Voith, J. & Weber, K. 1998. Rote Liste der Bienen (Hymenoptera: Apidae). Teoksessa: Bundesamt für Naturschutz (toim.). Rote Liste Gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55: 119–129.
- Williams, I.H. 1996. Aspects of bee diversity and crop pollination in the European Union. Teoksessa: Matheson, A., Buchmann, S.L., O'Toole, C., Westrich, P. & Williams, I.H. (toim.). The conservation of bees. Lontoo: Academic Press. s. 63–80.
- Williams, P.H. 1982. The distribution and decline of British bumble bees (*Bombus* Latr.). *Journal of Apicultural Research* 21: 236–245.
- Williams, P.H. 1986. Environmental change and the distribution of British bumble bees (*Bombus* Latr.). *Bee World* 67: 50–67.
- Williams, P.H. 1988. Habitat use by bumble bees (*Bombus* spp.). *Ecological Entomology* 13: 223–237.
- Williams, P.H. 2005. Does specialization explain rarity and decline of British bumblebees? – A response to Goulson et al. *Biological Conservation* 122: 33–43.
- Willmer, P.G., Bataw, A.A.M. & Hughes, J.P. 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology* 19: 271–284.
- Öckinger, E. & Smith, H.G. 2007. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 44: 50–59.

Lieroyhteisöjen alueellinen vaihtelu maaperän ja pellon käytön mukaan

Visa Nuutinen¹⁾, Juhani Terhivuo²⁾, Elise Ketoja¹⁾, Mervi Nieminen¹⁾ ja Taisto Sirén¹⁾

¹⁾MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus/
Palveluyksikkö, 31600 Jokioinen, visa.nuutinen@mtt.fi, elise.ketoja@mtt.fi,
mervi.nieminen@mtt.fi, taisto.siren@mtt.fi

²⁾Luonnontieteellinen keskusmuseo, Eläinmuseo, PL 26, 00014 Helsingin yliopisto,
juhani.terhivuo@helsinki.fi

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva lierojen esiintymisestä Suomen peltomaissa ja tunnistaa tärkeimmät lierojen runsauden vaihtelua aiheuttavat tekijät. Aineisto kerättiin Etelä-Suomesta Lappiin ulottuvalta alueelta, yhdeltätoista tutkimuspaikalta, 53:sta maaperäseurannan peltopisteestä.

Tulosten perusteella Suomen peltojen lierolajiston muodostaa yhdeksän lajia, joista neljä on karikekerroksen lajeja (onki-, metsä-, rusko- ja punaliero), neljä pintamaan lajeja (pelto-, multa-, harmaa- ja viherliero) ja yksi syvälle kaivautuva laji (kasteliero). Yleisimmät lajit olivat pelto- kaste- ja onkiliero. Keskimäärin pellossa esiintyi kaksi lierolajia ja pellon pientareella neljä. Lierojen runsaus vaihteli kokonaan tyhjästä tutkimuspisteistä (3 kpl) pisteisiin, joissa lierojen tiheys vastasi lähes tuhatta yksilöä ja tuorepaino runsasta 300 grammaa neliometrillä. Kun pelot jaettiin maalajin perusteella neljään luokkaan – saveen, hiesuun, hienoon hietaan ja karkeaan maahan – hiesut ja hienot hiedat erottuivat lierorunsaudellaan muista maalajeista.

Yleisin pellonkäyttömuoto näytteenottohetkellä oli viljan viljely, säilörehunurmi tai laidun. Laitumilla lierojen kokonaistiheys oli selvästi muita pellonkäyttömuotoja korkeampi. Runsaat viljavuodet viljelykierrossa ja vastavasti taajaan tehty maanmuokkaus alensivat lierojen kokonaismäärää hiesumailla, mutta nostivat hienoilla hietamailla. Kun maalajin, pellonkäytön ja viljavuosien määrän yhteys lierojen kokonaisrunsauteen otettiin huomioon, kokonaisrunsaudessa ei ollut enää merkittäviä eroja eri osissa maata sijaitsevien tutkimusasemien välillä.

Tutkimuksen perusteella maaperän luontaiset ominaisuudet asettavat lierojen esiintymiselle puitteet, joissa viljely muovaa lieroyhteisön rakennetta. Tulosten avulla voidaan entistä paremmin ennakoida lieroyhteisön vastetta viljelytapojen muutoksiin erilaisissa olosuhteissa. Ensimmäinen sovelluskohde on ollut eri maalajeille määriteltujen lierorunsauksien vertailuarvojen tarkentaminen maatalousneuvonnan käyttämässä viljelymaan laadun arvioinnissa.

Avainsanat: biodiversiteetti, monimuotoisuus, lierot, maabiologia, agroekologia

Regional variation of field earthworm communities in relation to soil properties and land use

Visa Nuutinen¹, Juhani Terhivuo², Elise Ketoja¹,
Mervi Nieminen¹ and Taisto Sirén¹

¹MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research/Information Management, FI-31600 Jokioinen, Finland, visa.nuutinen@mtt.fi, elise.ketoja@mtt.fi, mervi.nieminen@mtt.fi, taisto.siren@mtt.fi

²Finnish Museum of Natural History, Zoological Museum, PO Box 26, FI-00014 University of Helsinki, Finland, juhani.terhivuo@helsinki.fi

Abstract

The aim of this study was to get a comprehensive picture of the distribution and abundance of earthworm species in the arable fields of Finland and to identify the key factors affecting the properties of earthworm communities. Earthworms were sampled in a field survey, which extended from the southern parts of the country to the Arctic Circle. Samples were taken during the autumns 2004 and 2005 using a network of soil monitoring sites established earlier at eleven research stations of MTT Agrifood Research Finland (53 fields in total). According to the results the earthworm fauna of Finnish arable fields consists of nine species: four epigeic species (*Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena octaedra*, *L. castaneus*, *Dendrodrilus rubidus*), four endogeic species (*Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, *Octolasion tyrtaeum*, *Allolobophora chlorotica*) and one anecic species (*L. terrestris*). The three most common species were *A. caliginosa*, *L. terrestris* and *L. rubellus*. On average two species were present in the field while on average four species were found at the field margin. The abundance of earthworms varied from entirely empty sites (three fields) to sites, where the density of earthworms was close to one thousand individuals m⁻² and biomass more than 300 g m⁻². When the soils, were divided into four textural classes (clays, silts, very fine sands and coarse textured soils), silts and very fine sands had clearly the highest earthworm total abundances. At the time of the sampling the three most common field uses were cereals, grass for silage and pasture. In pastures earthworm total abundance was much higher than under the other field uses. Frequent cereal years in the rotation, which corresponded with frequent tillage, had lowered the total abundance of earthworms in silt soils but increased it in very fine sands. When other sources of variation were taken into account, it was not possible to detect significant differences in earthworm total abundance between the stations situated in different parts of the country. The results show that the inherent variation of soil properties set the general limits where the cultivation modifies the properties of field earthworm communities.

Key words: biodiversity, earthworms, soil biology, agroecology

Johdanto

Maaperäeliöiden monimuotoisuus liittyy kiinteästi peltomaan laatuun ja maaperän toiminnallisiin ominaisuuksiin. Tämä pätee hyvin lieroihin, jotka ”ekosysteemi-insinööri” -luonteensa vuoksi voivat vaikuttaa merkittävästi maaperän rakenteellisiin ominaisuuksiin ja vesitalouteen sekä säädellä maan orgaanisen aineksen hajoamista ja ravinteiden palautumista kasvien käyttöön (Edwards 2004). Suomen lierolajisto koostuu kuudestatoista lajista, jotka kuuluvat kolmeen ekologiseen lajiryhmään (Terhivuo 1986, Edwards & Bohlen 1996). Maaperän toimintoja ajatellen ryhmät eivät ole toisiaan korvaavia ja ne poikkeavat myös vasteiltaan viljelytoimenpiteisiin (Whalen & Fox 2007). Lierojen lajistolliseen monimuotoisuuteen vaikuttavien seikkojen tunteminen on siten hyödyllistä viljelyn maaperässä aiheuttamien muutosten ymmärtämiseksi ja ennakoimiseksi.

Pellon lieroyhteisön piirteet syntyvät paikallisten ja alueellisten tekijöiden yhteisvaikutuksen tuloksena. Suomalaista tutkimustietoa on saatavilla paikallisten viljely- ja maanhoitotoimenpiteiden vaikutuksista lieroyhteisöön (esim. Haukka 1988, Nuutinen ym. 1998, Palojärvi ym. 2002, Kukkonen ym. 2004). Tietämys monien maaperän perusominaisuuksien merkityksestä lierojen esiintymiselle on sen sijaan yllättävän puutteellista. Esimerkiksi maalajin ja lieroyhteisön lajikoostumuksen keskinäistä suhdetta ei juuri tunneta, vaikka on syytä olettaa maalajin vaikuttavan olennaisesti lierolajien esiintymiseen (Curry 2004). Niin ikään tieto laajempien, alueellisten tekijöiden merkityksestä on hyvin puutteellista. Lierolajien levinneisyyksien pääpiirteet suomalaisissa luonnonvaraisissa biotoopeissa tunnetaan (Terhivuo 1988), mutta peltoympäristöjä koskeva alueellisen mittakaavan tietämys puuttuu.

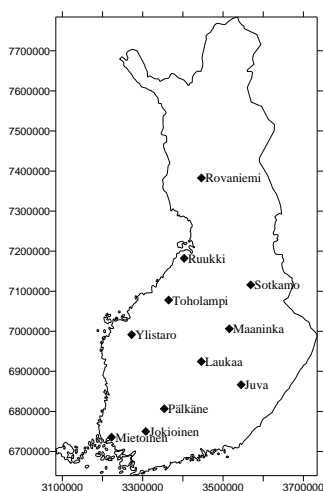
Kyky ennakoida peltojen lieroyhteisöissä tapahtuvia muutoksia on tullut entistä tärkeämmäksi maaperän biologisiin prosesseihin nojaavien viljelytapojen yleistyessä. Esimerkiksi Suomessa parhaillaan lisääntyvässä kevennytyssä maanmuokkauksessa ja suorakylvössä lieroilla on tärkeä rooli maan suotuisan kasvukunnan ylläpidossa (Alakukku ym. 2004a). Viljelytapojen muutosten seurausten ennustamista eri olosuhteissa vaikeuttaa kuitenkin tiedon puute lierojen esiintymistä kontrolloivista tekijöistä. Lierot on nähty lupaavina maan laadun indikaattoreina viljelymaan laadun seurantaohjelmien kehitystyössä (TST-asiantuntijaryhmä 2001, OECD 2001). Lierojen käyttö seurannoissa edellyttää sekin yksityiskohtaisempaa perustietoa lierojen esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä.

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena oli muodostaa kokonaiskuva peltomaiden lieroyhteisöjen alueellisesta vaihtelusta Suomessa ja tunnistaa vaihtelua aiheuttavat avaintekijät. Tavoitteena oli soveltamiskelpoinen tieto, jota voitaisiin käyttää esimerkiksi peltomaan laadun mittarien kehittämisessä ja peltojen tilan seurannassa. Lähtöoletuksena oli, että vaihtelu pellon maaperän

luontaisissa ominaisuuksissa yhdessä pellon maantieteellisen sijainnin kanssa asettavat lierolajien esiintymiselle puitteet, joissa pellonkäyttö muovaa yhteisön rakennetta. Hankkeessa tutkittiin myös lierojen esiintymistä peltojen pientareilla tavoitteena selvittää pientareiden merkitystä pellon lierolajiston lähdealueina. Lierojen merkitystä viljelymaan laadun kannalta selvitettiin suhteuttamalla runsauden vaihtelu maan huokoisuudesta tehtyihin havaintoihin.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin mukaan 11 hankkeen käynnistyessä toiminnassa ollutta Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) tutkimusasemaa tai -paikkaa, joiden peltojen maaperästä oli kerätty kattavasti perustietoja 1990-luvulla aloitetussa maaperän raskasmetalliseurannassa (Urvas 1995). Asemat valittiin siten, että ne kattoivat mahdollisimman hyvin koko maan, ja kultakin asemalta otettiin mukaan 4-6 seurannassa mukana ollutta peltopistettä (Kuva 1, Taulukko 1). Poikkeuksen teki Toholampi, josta mukaan tuli vain yksi pelto, koepaikalla sijaitseva huuhtoutumiskenttä. Jos maaperäseurantapisteitä oli asemalla enemmän kuin kuusi, pisteiden valinta tehtiin siten, että lierojen kannalta tärkeäksi arvioitu maaperän ominaisuuksien vaihtelu tuli katettua (erityisesti maalajin, mutta myös maan orgaanisen hiilen määrän sekä happamuuden vaihtelu). Ensimmäisen näytteenottovuonna (2004) tutkittiin viisi asemaa (Mietoinen, Jokioinen, Laukaa, Ylistaro ja Maaninka), joissa maalajin vaihtelu oli savespitoisuudella mitattuna suurinta. Tavoitteena oli näin minimoida näytteenottoajankohdan vaihtelun häiritsevä vaikutus avainmuuttujaksi arvioitun maalajin merkityksen selvittämisessä.



Kuva 1. Tutkimuksen näytteenottoaikkakunnat.

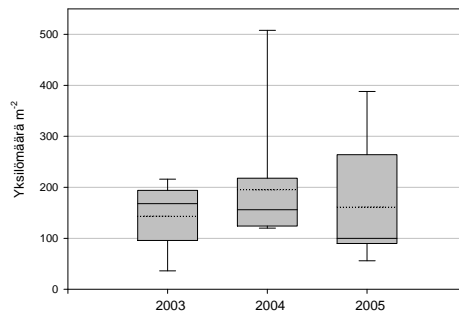
Tutkittuja peltopisteitä oli kaikkiaan 53 kpl. Niistä oli savia 15 kappaletta, hiesuja 9, hienoja hietoja 11 ja sitä karkeampia maita 18 (pääasiassa karkeitahietoja). Näytteenottoa edeltävänä kasvukautena tutkituista pisteistä oli 23 viljalla, 17 nurmella, 6 laitumena, 5 viherkesantona ja 2 muussa käytössä. Viljely tutkimuspisteissä oli normaalia talousviljelyä lukuun ottamatta kahta koeruutujen välialueiden nurmikaistoilla sijainnutta pistettä sekä yhtä hampukoealalla sijainnutta pistettä.

Näytteenotot tehtiin vuosina 2004 ja 2005 elokuun lopun ja lokakuun puolenvälin välisenä aikana, sadonkorjuun jälkeen ja ennen maan syysmuokkausta. Näytepisteet paikannettiin koordinaattitietojen (Urvas 1995), GPS-laitteen sekä pisteiden sijainnin metrimittoin osoittavien peltokarttojen avulla. Kustakin peltopisteestä otettiin kolme lieronäytettä, jotka olivat maaperäseurantapisteen ympärille merkityn tasasivuisen (5 m) kolmion kärjissä. Näytteitä otettiin myös pellon pientareelta. Piennarpisteeksi valittiin peltopisteestä katsoen lähin välittömästi pellon viljellyn osan ulkopuolella oleva kohta, jossa näytteenotto oli mahdollista (mediaanietäisyys peltopisteeseen 68 m). Tyypillisesti piste sijaitsi pellon ja sitä ympäröivän ojan välisellä kapealla maakaistaleella. Piennarnäytteitä otettiin kolme kappaletta viiden metrin välein. Tutkittuja pientareita oli yhteensä 50.

Näytteenotto tehtiin yhdistetyllä käsinlajittelu ja kemiallisella menetelmällä (ISO 23611-1:2006). Kasvillisuus leikattiin näytteenottokohdasta noin nelimetrin suuruiselta alalta ja kasvintähteet haravoitiin varovasti syrjään. Maasta otettiin ensin lapiolla 50 cm x 25 cm (0,125 m²) kokoinen näyte 20 cm:n syvyyteen. Lierot lajiteltiin näytteestä kentällä ja säilöttiin 1:1 formaliiini:etanoliliuokseen. Näytekuoppa laajennettiin 50 cm x 50 cm (0,25 m²) kokoiseksi. Kuopan pohja preparoitiin veitsellä tasaiseksi ja imuroitiin puhtaaksi irtaimesta maasta. Sylinterimäisten, halkaisijaltaan yli 1,5 mm:n maa-huokosten määrä laskettiin kuopan pohjasta peltopisteissä lierojen maata huokoistavan vaikutuksen arvioimiseksi. Huokoslaskennan luotettavuuden lisäämiseksi laskennan teki kolme henkilöä toisistaan riippumatta ja tuloksena käytettiin laskentojen keskiarvoa. Syväälle kaivautuvien lierojen (lähinnä kasteliero) keräämiseksi kuopan pohjalle kaadettiin lopuksi kolmeen otteeseen, 10 minuutin välein 10 l vettä, johon oli sekoitettu 50 ml formaliiinia. Kuopan pohjalle puolen tunnin aikana nousseet lierot kerättiin talteen ja säilöttiin kuten edellä. Liuoksen imeytymisen ollessa hidasta, koko 30 l:n määrää ei käytetty, vaan kuopan pohjaa pidettiin ohuelti liuoksen peitossa puolen tunnin ajan. Näytteenoton yhteydessä mitattiin maaperän lämpötila ja kosteus (TDR-mittaus).

Lierojen runsautta seurattiin syksyinä 2003-2005 Jokioisissa sijainneella, koko tutkimuksen ajan nurmella olleella peltolohkolla. Tarkoituksena oli saada käsitys sääolojen vaihtelujen vaikutuksesta lierojen esiintymiseen eri näytteenottovuosina. Seurantakohtia oli yhteensä yhdeksän: pellolla runsautta seurattiin edellä kuvatuin menetelmin kuudessa kohdassa ja pientareella kol-

nessa kohdassa. Huolimatta vuosien välisistä eroista sääoloissa, lierojen keskimääräisessä tiheydessä ei tapahtunut tilastollisesti erottuvia muutoksia (Kuva 2).



Kuva 2. Lierojen kokonaistiheyden ajallinen vaihtelu Jokioisissa sijainneella nurmilohkolla pientareineen. Viiva laatikon sisällä ilmaisee mediaanitiheyden, katkoviiva keskiarvon. Laatikon ylä- ja alareunat osoittavat ylä- ja alakvartiiliin (n=9).

Vajaan kahden kuukauden säilytyksen jälkeen lierot siirrettiin 85 % etanoliin. Lierot määritettiin, aina kun mahdollista lajilleen (Sims & Gerard 1999, Timm 1999), ja yksilöt punnittiin. Maanäytteistä löydettyjen yksilöiden määrä ja massa kerrottiin 1/0,125:llä, kemiallisella menetelmällä saatujen vastaavat luvut 1/0,25:llä ja luvut lisättiin toisiinsa neliometrikohtaisiksi arvioiksi lierojen kokonais- ja lajikohtaisesta runsaudesta. Huomattava osa maanäytteiden lieroista oli katkennut näytteenoton yhteydessä. Lierojen kokonaistiheyttä laskettaessa yksilöiksi laskettiin kappaleet, joissa oli lieron pää mukana. Joissain tapauksissa yksilön laji oli mahdollista määrittää kappaleesta, jossa oli mukana vain lieron keskikohta ”vöineen”. Nämä kappaleet huomioitiin lajikohtaista runsautta arvioitaessa.

Jokaisen pellolta otetun kolmen lieronäytteen vierestä otettiin maanäyte Oi-va-kairalla (koko 1,6 cm x 3,2 cm) 20 cm syvyyteen ja näytteet sekoitettiin kokoomanäytteeksi, josta määritettiin maalajitekoostumus ja maalaji, typen ja orgaanisen hiilen pitoisuus (%; Leco) sekä pH (H₂O). Aiemman tiedon perusteella näitä muuttujia voitiin pitää potentiaalisina lierojen runsaudenvaihtelun selittäjinä.

Näytepisteiden viljelyhistoriasta kerättiin tietoja näytteenottoa edeltävän kymmenen vuoden ajalta sellaisten toimenpiteiden osalta, joiden voitiin perustellusti olettaa vaikuttavan lierojen runsauteen. Tiedot kerättiin kyntökerrojen sekä vilja-, nurmi- ja laidunvuosien määrästä ja orgaanisen lannoituksen käyttökerroista. Muokkausmenetelmänä oli ollut perinteinen syyskyntö joi-tain harvoja kevätkyntö- ja sänkimuokkaukset lukuun ottamatta. Suora-kylvettyjä peltoja ei tutkimuksessa ollut mukana. Orgaaninen lannoitus oli lähes poikkeuksetta lietelantaa, jota oli enimmillään levitetty peltoon kuudes-

ti kymmenen vuoden aikana. Riittävän yksityiskohtaisten tietojen kerääminen kasvinsuojeluaineiden käytöstä ei ollut mahdollista.

Lierojen kokonaisrunsauden vaihteluun pellolla yhteydessä olevia tekijöitä tutkittiin käyttäen selittävinä muuttujina maaperän ominaisuuksia, pellon viljelyhistoriaa, sijaintia (asema) sekä näytteenottovuotta. Havaintoina analyseissa käytettiin kustakin pelto- ja piennarpisteestä otetun kolmen näytteen keskiarvoja. Tilastollisessa analyysissä verrattiin lisäksi lierojen runsautta ja lajimäärää pellolla ja pientareella. Yhteisön lajikoostumusta käsitellään tässä yhteydessä vasta kuvailevasti.

Aineistojen mallinuksissa käytettiin yleisiä lineaarisia sekamalleja (general linear mixed models), joissa vastemuuttujien jakaumat oletetaan normaalijakaumiksi. Kokonaisyksilömäärän ja –massan jakaumat olivat positiivisesti vinoja sekä pellolla että pientareella, mutta neliöjuurimuunnoksella ne saatiin muunnetuiksi likimain normaalijakaumiksi. Mallien rakentamisessa otettiin huomioon aineiston hierarkkinen hankintatapa (kaksi vuotta, 5-6 asemaa/vuosi, 1-6 näytepistettä/asema). Lisäksi peltoa ja piennarta verrattaessa havaintojen väliset riippuvuudet otettiin huomioon mallien kovarianssirakenteiden valinnassa. Estimointimenetelmänä mallien sovituksessa oli REML (residual maximum likelihood method) -menetelmä. Mallien ja aineistojen yhteensopivuutta tarkasteltiin mallijäännösten kuvien avulla. Mallien oletukset olivat aineistoissa likimain voimassa lukuun ottamatta yksittäisiä poikkeavia havaintoja, joiden vaikutukset tuloksiin tutkittiin poistamalla havainnot yksi kerrallaan aineistoista. Analyysit toteutettiin SAS/STAT-ohjelmiston MIXED-proseduurilla (Littell ym. 2006).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lajien levinneisyys ja yhteisöjen koostumus

Lieroja esiintyi valtaosalla tutkituista peltoalueista, kokonaan ne puuttuivat vain kolmelta pellolta ja yhdeltä pientareelta. Piennaralueet huomioiden pelloilla esiintyi yhteensä yhdeksän lierolajia (Taulukko 1). Lajimäärä oli korkeimmillaan kahdella eteläisimmällä asemalla, joilta kummaltakin löydettiin kahdeksan lajia, kun pohjoisimmalla asemalla lajimäärä oli viisi. Tämä vastaa suomalaisissa luonnonbiotoopeissa aiemmin havaittua pohjoista kohti vähenevää lajimäärää (Terhivuo 1988). Pohjoisimmalla asemalla (Rovaniemi) pellon puolelta löydettiin vain kaksi lajia, kun eteläisimmällä asemalla (Mietoinen) vastaava luku oli kuusi. Näitä alueellisia eroja ei voi kuitenkaan tulkita vain maantieteellisen sijainnin aiheuttamiksi, sillä asemat poikkesivat huomattavasti myös maalajien esiintymisen suhteen, karkeiden maiden painottuessa maan itä- ja pohjoisosiin, savien lounaiseen ja läntiseen Suomeen (Urvas 1995). Aikaisemmin julkaistuihin levinneisyystietoihin verrattuna

(Terhivuo 1988) tehtiin multa-, rusko- ja harmaalieron kohdalla tähän mennessä pohjoisimmat havainnot lajin esiintymisestä Suomessa.

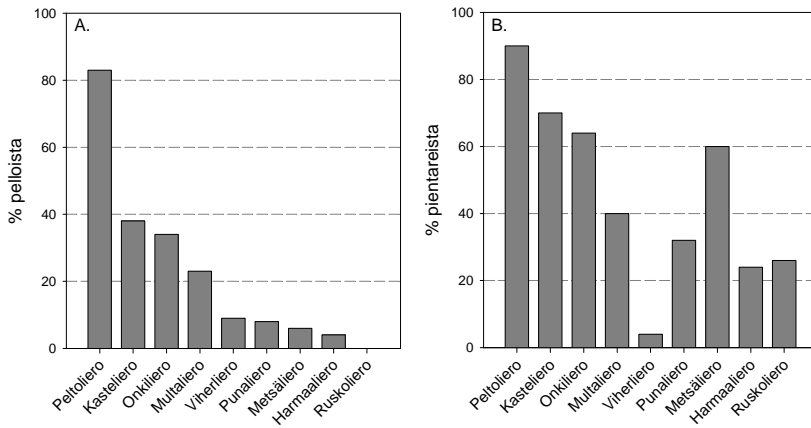
Aineiston kaikki neljä karikkeessa elävää lajia esiintyivät pientareella yleisemmin kuin pellossa ja ruskolieroja tavattiin vain pientareella (Taulukko 1, Kuva 3). Pintamaan lajeista harmaalieroja esiintyi vastaavalla tavalla yleisemmin pientareella kuin pellossa. Viherlieroja tavattiin vain Lounais-Suomesta, mikä havainto vastaa lajin esiintymiskuvaa luonnonbiotoopeissa (Terhivuo 1988). Syväälle kaivautuvan lajiryhmän ainoa edustaja, maan muokkaamattomuudesta hyötyvä kasteliero, tavattiin sekin useammin pientareelta kuin pellossa.

Pellon puolella peltoliero oli selvästi yleisin laji, kaste- ja onkilieron ollessa seuraavaksi yleisimmät (Kuva 3A). Pientareilla kolmen yleisimmän lajin järjestys oli sama, mutta piennaryhteisön lajin jakauma oli peltoja tasaisempi kastelieron ja pintakarikkeen lajien suuremman yleisyyden vuoksi (Kuva 3B).

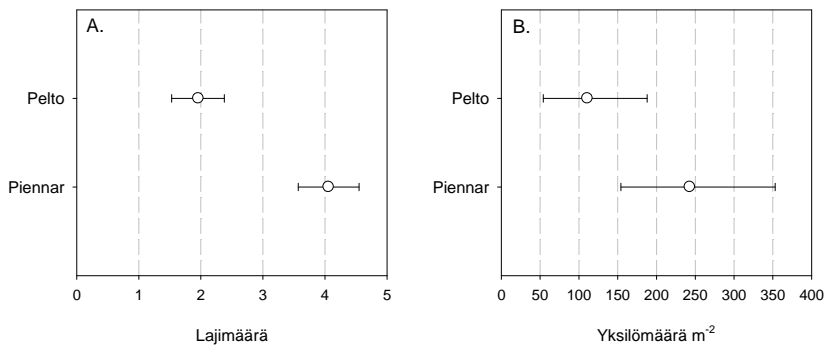
Taulukko 1. Lierolajien esiintyminen pohjoisesta etelään järjestetyillä tutkimuspaikkakunnilla. Lierolajit on ryhmitelty kolmeen ekologiseen lajiryhmään. Väritön sarake: pelto, harmaa sarake: piennar. Pallo ilmaisee lajin esiintymisen, n = tutkittujen peltopisteiden määrä.

Paikkakunta (n)	Karikkeen lajit				Pintamaan lajit				Syväälle kaivautuvat
	Onki- liero	Rusko- liero	Metsä- liero	Puna- liero	Pelto- liero	Multa- liero	Harmaa- liero	Viher- liero	Kaste- liero
Rovaniemi (4)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ruukki (5)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sotkamo (4)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Toholampi (1)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Maaninka (6)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ylistaro (6)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Laukaa (5)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Juva (5)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Päikäne (5)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Jokioinen (6)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mietoinen (6)	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Lajien tieteelliset nimet: onkiliero, *Lumbricus rubellus*; ruskoliero, *L. castaneus*; metsäliero, *Dendrobaena octaedra*; punaliero, *Dendrodrilus rubidus*; peltoliero, *Aporrectodea caliginosa*; multaliero, *A. rosea*; harmaaliero, *Octolasion tyrtaeum*; viherliero, *Allolobophora chlorotica*; kasteliero, *L. terrestris*.



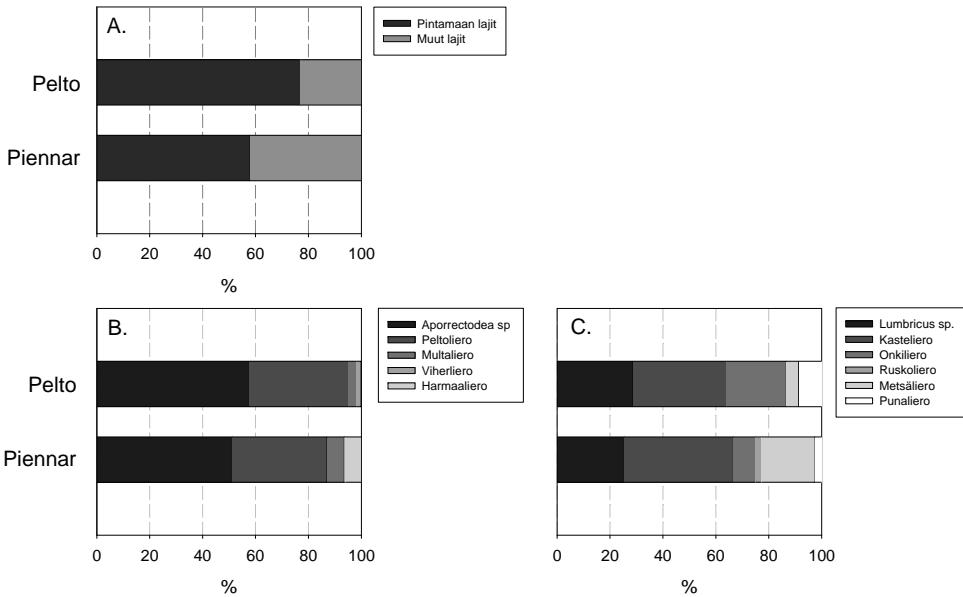
Kuva 3. Lierolajien esiintymisfrekvenssi (A) 53:ssa peltopisteessä ja (B) 50:ssä piennarpisteessä.



Kuva 4. Lieroyhteisön keskimääräinen lajimäärä (A) sekä lierojen keskimääräinen yksilötiheys (B) pellolla ja pientareella. Ympyrä osoittaa mallipohjaisen keskiarvoestimaatin ja janat keskiarvon 95 %:n luottamusvälin.

Pellolla yhteisön keskimääräinen lajimäärä oli kaksi ja pientareella neljä (Kuva 4A). Lierojen keskimääräinen tiheys oli pellolla runsaat 100 yksilöä neliömetrillä, kun pientareella tiheys oli siihen verrattuna 2,5-kertainen (Kuva 4B).

Sekä pellolla että pientareella pintamaan lajit muodostivat valtaosan lierojen yksilömäärästä, mutta pientareen puolella ero pintamaan lajien ja kahden muun lajiryhmän osuuden välillä oli huomattavasti pienempi kuin pellolla (Kuva 5A). Pintamaalierojen keskimääräinen lajikoostumus on esitetty kuvassa 5B ja karikelajien ja syvälle kaivautuvien lajien koostumus kuvassa 5C. Kuvista ilmenee, että huomattava, lähinnä nuorista yksilöistä muodostuva, osuus yksilöistä jäi määrittämättä lajilleen.



Kuva 5. A. Pintamaan lierojen ja muiden lierojen (karikkeen lajit ja kastelierot) keskimääräinen osuus yksilömäärästä. B. Pintamaan lajiryhmän vastaava koostumus. C. Muiden lajien koostumus. Aporectodea sp = lajilleen tunnistamattomat Aporectodea-suvun lajit; Lumbricus sp. = lajilleen tunnistamattomat Lumbricus-suvun lajit.

Pellon lierorunsauden vaihtelua selittävät tekijät

Lierojen kokonaisrunsaus pellolla vaihteli kokonaan tyhjästä tutkimuspisteistä (kolme pistettä) sellaisiin, joissa keskimääräinen yksilömäärä vastasi lähes tuhatta yksilöä ja tuorepaino runsasta 300 grammaa neliometrillä. Jatkossa on keskitytty yksilömäärän vaihtelun syiden tarkasteluun. Johtopäätökset olisivat kuitenkin samat jos tarkasteltavana olisi lierojen kokonaismassa.

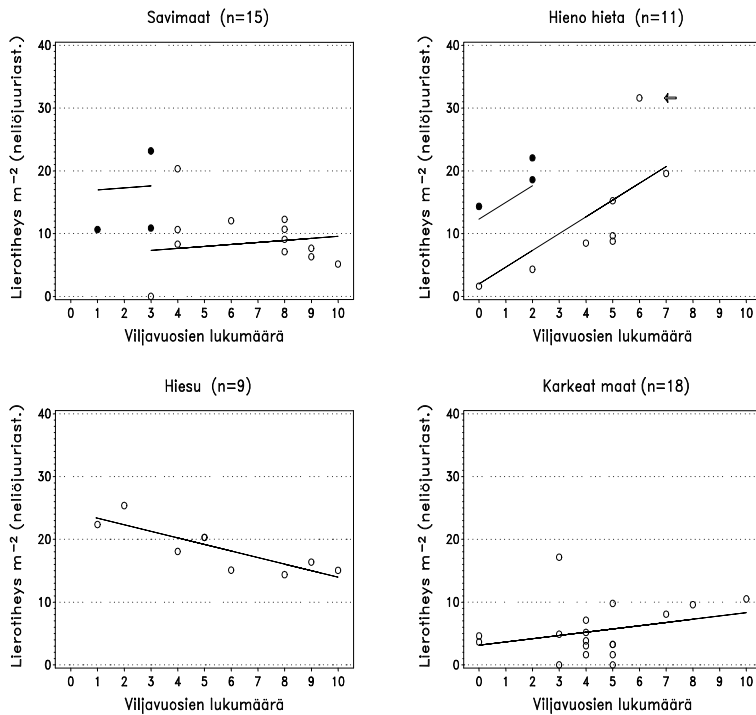
Parhaimmiksi lierojen kokonaisyksilömäärien vaihtelua pellolla selittäviksi muuttujiksi osoittautuivat pellon laidunkäyttöä näytteenottovuonna kuvaava muuttuja (laidun vs. ei-laidun), neliluokkainen maalajimuuttuja (savet, hiesut, hienot hiedat, karkeat maat), viljavuosien määrä näytteenottoa edeltävänä 10 vuotena sekä maalajin ja viljavuosien määrän yhdysvaikutus (Taulukko 2). Näihin muuttujiin perustuva malli selitti 63 % lierojen kokonaisrunsauden vaihtelusta. Muiden maaperän ominaisuuksien ja pellon viljelyhistoriaa kuvaavien muuttujien lisääminen ei enää parantanut mallia olennaisesti. Maaperän ominaisuuksista maan happamuudella (vaihteluväli pH 4,6-7,0) ja orgaanisen aineksen pitoisuudella (org. C% vaihteluväli 1,5-7,2) ei ollut yhteyttä lierorunsauden kanssa. Pellonkäyttöä kuvaavista muuttujista lannan käyttökertoilla ei ollut tilastollisesti erottuvaa yhteyttä lierojen runsauteen.

Taulukko 2. Mallitermien tilastolliset merkitsevyydet parhaassa mallissa. Vastemuuttuja on lierojen kokonaisyksilömäärän neliöjuuri. Mallin selitysaste $R^2 = 0,63$.

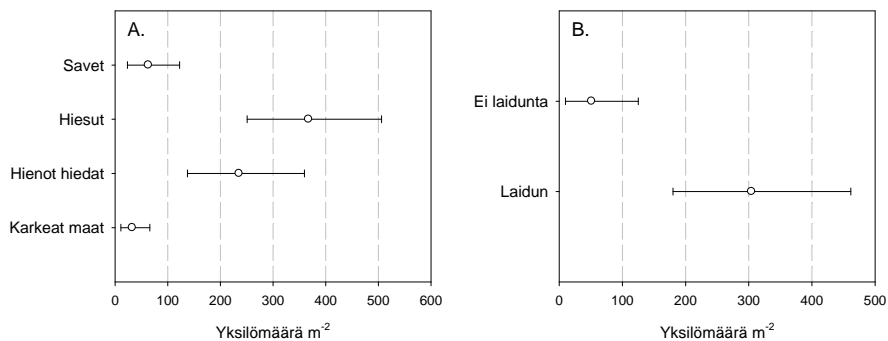
Mallitermi	Vapausasteet Osoittaja Nimittäjä		F-arvo	P-arvo
Pellon laidunkäyttö	1	44	12.88	<0.001
Maalaji	3	44	9.64	<0.0001
Viljavuosimäärä	1	44	3.95	0.05
Maalajin ja viljavuosimäärän yhdysvaikutus	3	44	5.72	<0.005

Kokonaisyksilömäärän neliöjuuren ja viljavuosien määrän välistä yhteyttä voitiin mallittaa suoralla, mutta suoran kulmakerroin vaihteli maalajin mukaan (Kuva 6). Hiesumailla runsaat viljavuodet (ja vastaavasti taajaan tehty muokkaus ja vähäiset nurmivuodet) oli selkeästi vähentänyt lierojen määrää. Tilanne oli päinvastainen hienoilla hiedoilla, joilla useat viljavuodet näyttivät suosineen lieroja. Savimailla ja karkeilla mailla yhteys muuttujien välillä ei ollut yhtä selkeä. Maalajien väliset erot lieroitiheydessä riippuvat näin ollen viljavuosien määrästä. Kuvassa 7A eri maalajien keskiarvot on estimoitu viidellä viljavuodella ei-laidunnetuilla mailla. Erot maalajien välillä olivat hyvin selkeitä. Lierojen keskimääräiset tiheydet olivat korkeimmillaan ”keskikarkeilla” mailla: yksilömäärä oli suurin hiesuilla ja seuraavaksi korkein hienoilla hiedoilla. Savilla ja karkeilla mailla keskimääräiset tiheydet olivat selvästi alempia. Pellonkäytön merkitys oli niin ikään hyvin selvä: näytteenottovuonna laidunkäytössä olleilla pelloilla lierojen yksilömäärä oli keskimäärin kuusinkertainen muuhun viljelyyn verrattuna (Kuva 7B).

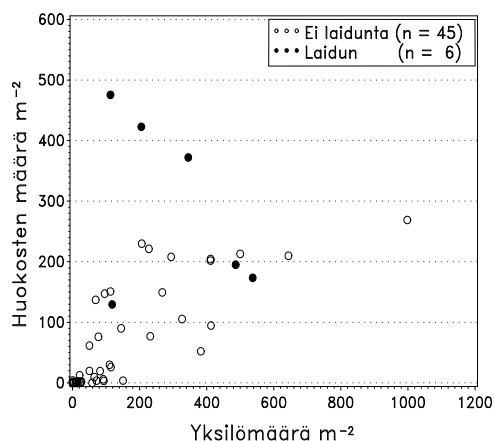
Aineiston hierarkkisen rakenteen vuoksi malliin otettiin aluksi selittäjiksi myös näytteenottovuosi ja asemien välisiä eroja vuosien sisällä kuvaava satunnaistermi. Lierojen kokonaisrunsaus oli vuoden 2004 näytteissä jonkin verran korkeampi kuin vuoden 2005 näytteissä (eron p-arvo=0,06 koko aineistossa). Vuoden 2004 keskiarvoon vaikutti kuitenkin paljon poikkeuksellisen suuri lieroitiheys (lähes 1000 yksilöä m^2) yhdessä Maaningan näytenpisteessä (Kuva 6, nuolella merkitty piste). Kun kyseinen piste poistettiin aineistosta, vuosien välinen ero ei enää ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,32$). Myös asemien välistä vaihtelua kuvaava varianssi estimoitui nolllaksi sen jälkeen, kun ”parhaimpien” selittäjien yhteydet vastemuuttujaan oli otettu huomioon.



Kuva 6. Koko aineistoon perustuvat neliöjuurimuunnetun lierotiheyden ja viljavuosien määrän yhteyttä havainnollistavat suorat. Ylimmissä kuvissa suorat on sovitettu erikseen laitumille (mustat ympyrät) ja muulle pellonkäytölle (avoimet ympyrät).



Kuva 7. Lierojen runsaus (A) eri maalajeilla sekä (B) näyteenottovuonna laidunnetuilla ja laiduntamattomilla pelloilla. Kuvassa (A) keskiarvot on estimoitu viidellä viljavuodella ei-laidunnetuilla mailla ja kuvassa (B) kahdella viljavuodella, koska laidunpisteillä oli vähän viljavuosia. Kuvan B vertailussa ovat mukana ne maalajit, joilla laitumia esiintyi. Ympyrä osoittaa mallipohjaisen keskiarvoestimaatin ja janat keskiarvon 95 %:n luottamusvälin.



Kuva 8. Lierojen kokonaistiheyden ja halkaisijaltaan yli 1.5 mm:n suuruisten, sylinterimäisten maahuokosten keskimääräisen tiheyden yhteisvaihtelu. Huokokset laskettiin peltopisteistä 20 cm syvyydestä.

Lierojen runsaus ja maan makrohuokoisuus

Lierojen kokonaistiheyden ja suurten, sylinterimäisten maahuokosten määrän välillä oli varsin selkeä positiivinen vuorosuhde (Kuva 8). Kolme laidunta erottui omana ryhmänään, jossa varsin alhaistakin lierotiheyttä vastasi korkea huokostiheys (suurimmillaan n. 500 huokosta m^{-2}). Mahdollisesti näillä laitumilla lierojen maata huokoistava vaikutus oli kumuloitunut maan luontaista rakennetta häiritsevän maanmuokkauksen puuttuessa. Ei voida kuitenkaan täysin sulkea pois sitä mahdollisuutta, että laitumilla esiintyi tavallisemmin kuin muilla pelloilla muiden kuin lierojen aikaansaamia sylinterimäisiä maahuokosia (esim. kookkaita vanhoja juurikäytäviä). Laitumilla yleisten lantakuoriaisten toukat voivat kuivuuskausina kaivautua jonkun matkaa pintamaahan sontalaikkujen alle - sittiäiset syvällekin – mutta lantakuoriaisten kaivamat käytävät eivät ole voineet vaikuttaa merkittävästi tässä havaittuihin laiduntien korkeisiin huokosmääriin.

Johtopäätelmät

Tulokset osoittavat lierojen esiintyvän yleisinä ja varsin runsaina Suomen viljellyissä kivennäismaissa. Maanviljely itse on siihen yksi tärkeä syy: varsinkin pintamaan ja syvälle kaivautuvien lierolajien kohdalla maanviljelyä pidetään lajien jääkaudenjälkeistä leviämistä olennaisesti edesauttaneena tekijänä (Terhivuo 1988, Tiunov ym. 2006). Verrattuna eri puolilla maailmaa mitattuihin peltojen lierotiheyksiin, kokonaisrunsauden vaihtelu tutkituilla pelloilla milteipä kattoi aiemmin raportoiduin vaihtelun (Whalen & Fox 2007). Peltojemme vaativuuteen lierojen elinympäristönä - ja myös lierolajien rajoittuneeseen levinneisyyteen - viittaa kuitenkin se, että moniin muualla

tehtyihin havaintoihin verrattuna peltojen keskimääräinen lajimäärä oli pieni (Whalen & Fox 2007). Lieroyhteisöjen lajiryhmäkoostumus oli pelloilla hyvin samankaltainen kuin monissa aiemmissa paikallisissa tutkimuksissa, maanmuokkausta parhaiten sietävien pintamaan lajien vallitessa yhteisössä.

Tutkimuksen lähtöoletuksena oli, että luonnonolosuhteet asettavat lierojen esiintymiselle puitteet, joissa viljely muovaa yhteisön rakennetta. Näin näytti olevan. Maalaji oli erityisen vahva lierojen runsauteen vaikuttava tekijä. Yhtä kattavalla maalajikirjolla ei liene aiemmin tutkittu peltojen lieroyhteisöjen vaihtelua, mutta tulos runsaimmista lierotiheyksistä ”keskikarkeilla” maalajeilla vastaa kuitenkin eräitä aiempia havaintoja (Guild 1948). Syitä maalajin vaikutukseen lierojen runsauteen voi olla useita. Yksi niistä liittyy eroihin maalajien kosteussuhteissa. Karkeiden maiden vedenpidätyskyky voi olla lieroille liian heikko kun taas savet ovat alttiita liialliselle märkyydelle ja myös tiivistymiselle (Curry 2004). Hieman yllättävää oli se, että peltojen maantieteellisellä sijainnilla ei ollut tilastollisesti erottuvaa yhteyttä lierojen kokonaisrunsauden kanssa, kun muut vaihteluun vaikuttavat tekijät huomioitiin.

Laitumen edullisuus lierokantojen kasvulle on todettu aiemmissakin tutkimuksissa (Fraser ym. 1996). Ilmiöön vaikuttavat sekä muokkaamattomuus, lieroille hyvää ravintoa tarjoavat laiduneläinten ulosteet sekä mahdollisesti myös lierojen kannalta edullinen laitumien kasvilajikoostumus (Whalen & Fox 2007). Muokkaukset ja viljavuosien määrän välillä oli voimakas positiivinen lineaarinen yhteys, eli muuttujat ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa. Hiesumailta todettu runsaiden viljavuosien määrän, ja usein toistuvan kynnön, lierokantaa alentava vaikutus vastasi monia aiempia tuloksia maanmuokkauksen kielteisistä vaikutuksista lieroihin (Wardle 1995). Kiinnostavaa oli, että hienoilla hiedoilla yhteys viljavuosien määrän ja lierotiheyden välillä oli päinvastainen. Yksi selitys ilmiölle voi olla kynnön poikkeava vaikutus pintamaan ominaisuuksiin ja lierojen elinolosuhteisiin eri maalajeilla (Nuutinen 1992).

Kiinteän karjanlannan käytöllä tiedetään olevan lierokantoja kasvattavaa vaikutusta (Edwards 1983). Tutkituilla pelloilla oli kuitenkin käytetty pääsääntöisesti lietelantaa, jolla ei ole yhtä selkeää myönteistä, jos ei kantoja alentavaakaan vaikutusta lieroihin (Whalen & Fox 2007, Timmerman ym. 2006, van Vliet ym. 2006). Se selittänee osaltaan, ettei tutkimuksessa voitu havaita yhteyttä karjanlannan käyttökertojen ja lierojen runsauden välillä. Maan happamuudella ei myöskään havaittu yhteyttä lierojen kokonaismäärään mahdollisesti peltojen keskimäärin hyvän pH-tilan vuoksi. Puuttuva yhteys orgaanisen aineksen pitoisuuden ja lierorunsauden välillä osoitti, ettei kyseisen pitoisuuden käyttö maaperän biologista tilaa kuvaavana sijaismuuttujana ole ongelmatonta.

Vaikka lierojen kokonaisrunsauden vaihtelua kyettiin mallinnuksella selittämään varsin hyvin, selittämättä jäi parhaallakin mallilla yli kolmasosa vaihtelusta. Voi perustellusti olettaa, että osa tästä vaihtelusta liittyi tutkimatta jääneisiin peltomaan fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten maan tiiviyyteen sekä maan kuivatustilaan. Nämä toisiinsa kytkeytyneet muuttujat ovat ilmeisen tärkeitä lierokantojen kokoa sääteleviä tekijöitä (Nuutinen ym. 2006). Torjunta-aineiden käytöllä on lisäksi voinut olla oma merkityksensä lierojen esiintymiseen. Myös peltoja ympäröivän maiseman piirteet sekä peltojen ikä ovat mahdollisia lierojen esiintymiseen vaikuttaneita tekijöitä.

Peltoon verrattuna pientareet osoittautuivat suhteellisesti ottaen lajirikkaiksi tiheiden lierokantojen ympäristöiksi. Häiriintymätön maaprofiili pientareella suosii ymmärrettävästi pintakarikkeessa eläviä lieroalajeja, samoin kastelieroja. Nämä lajit lisääntyvät usein voimakkaasti maanmuokkauksen keventyessä sekä siirryttäessä suorakylvöön (Nuutinen 1992, Alakukku ym. 2004b). Tuloksen perusteella lajit ovat usein ”valmiina odottamassa” pientareella ja voivat levitä nopeastikin peltoon viljelymenetelmän muuttuessa niitä suosivaksi. Aiemmin Andersen (1985) on Tanskassa havainnut samansuuntaisia eroja peltojen ja piennaralueiden lieroysteisöjen välillä. Sen sijaan Lagerlöf ym. (2002) havaitsivat Uppsalan lähellä sijaitsevaa peltoa tutkiessaan lierojen määrän olevan pellolla korkeampi kuin pientareilla. Kaikesta päätellen kyseessä on ollut varsin poikkeuksellinen tilanne.

Tavoitteensa mukaisesti hanke tuotti tietoa, jota voidaan hyödyntää ennakoitaessa lieroysteisön vastetta viljelymenetelmiin eri ympäristöissä sekä viljelymaan tilan seurannan kehitystyössä. Tulosten valossa voidaan esimerkiksi ymmärtää entistä paremmin, miksi lieroysteisön vasteet samaan viljelymenetelmään voivat poiketa huomattavasti eri maalajeilla (Alakukku ym. 2004b). Tutkimuksen tuloksia on jo hyödynnetty tarkennettaessa liero-runsauden vertailuarvoja maatalousneuvonnan käyttöön laaditussa peltomaan laatutestissä (Myllys ym. 2006). Lierojen runsauden tiivis kytkeytyminen maalajiin ja pellonkäyttömuotoihin näyttäisi tarjoavan mahdollisuuden ennustaa lieroysteisöjen piirteitä yhdistämällä maankäyttötietoja parhaillaan valmistuviin maanoskarttoihin (Lilja ym. 2006). Lierot sopivat ympäristömuutosten, myös ilmastonmuutoksen, indikaattorilajeiksi ja hankkeessa kerätty aineisto tarjoaa mahdollisuuden käynnistää peltomaiden lierokantojen seuranta, mikä on mainittu yhtenä maatalousluonnon ympäristöseurannan kehittämistavoitteena (TST-asiantuntija-ryhmä 2001)

Tutkimusmateriaali tullaan säilömään Luonnontieteelliseen keskusmuseoon (LTKM) kuuluvan Eläinmuseon kokoelmiin sekä liittämään LTKM:n tietojärjestelmään, jotta sitä voidaan hyödyntää myöhemmässä taksonomisessa, ekologisessa ja eliömaantieteellisessä tutkimuksessa.

Kiitokset

Tutkimuksen onnistumisen edellytys oli MTT:n tutkimusasemien henkilökunnalta sekä MTT:n maaperäseurannoista vastaavalta henkilökunnalta saatu runsas apu. Avustaneiden joukko on liian suuri tässä nimeltä kiitettäväksi ja esitämme yhteisesti parhaimmat kiitokset kaikille tutkimuksessa avustaneille. Tomas Roslinia kiitämme lantakuoriaisten käyttäytymistä koskeneista tiedoista.

Kirjallisuus

- Alakukku, L., Mikkola, H.J. & Teräväinen, H. (toim.). 2004a. Suorakylvöopas. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1003. Tieto tuottamaan 107. 91 s.
- Alakukku, L., Turtola, E., Ventelä, A-M., Nuutinen, V., Aura, E. & Uusitalo R. 2004b. Suorakylvön soveltuvuus käytännön vesiensuojelutyöhön: esiselvitys. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja. Sarja A 28. 92 s.
- Andersen, C. 1985. Earthworms in hedgerows. Teoksessa: Hald, A.B. (toim.). The Impact of Pesticides on the Wild Flora and Fauna in Agroecosystem. Miljøstyrelsens Center for Jordøkologi. Copenhagen: Miljø og Energiministeriet. s. 46-48.
- Curry, J.P. 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. Teoksessa: Edwards, C.A. (toim.). Earthworm Ecology. Boca Raton: CRC Press. s. 91-113. ISBN 0-8493-1819-X.
- Edwards, C.A. 1983. Earthworm ecology in cultivated soils. Teoksessa: Satchell, J.E. (toim.). Earthworm Ecology. From Darwin to Vermiculture. London: Chapman & Hall. s. 123-137.
- Edwards, C.A. (toim.) 2004. Earthworm Ecology. Boca Raton: CRC Press. 441 s. ISBN 0-8493-1819-X.
- Edwards, C.A. & Bohlen, P.J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3rd Edition. London: Chapman & Hall. 426 s. ISBN 0-412-56160-3.
- Fraser, P.M., Williams, P.H. & Haynes, R.J. 1996. Earthworm species, population size and biomass under different cropping systems across the Canterbury plains, New Zealand. Applied Soil Ecology 3: 49-57.
- Guild, W.J.McL. 1948. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. III. The effect of soil type on the structure of earthworm populations. Annals of Applied Biology 35: 181-192.

- Haukka, J. 1988. Effect of various cultivation methods on earthworm bio-masses and communities on different soil types. *Annales agriculturae Fenniae* 27: 263-269.
- ISO 23611-1:2006. Soil quality. Sampling of soil invertebrates. Part 1: Hand sorting and formalin extraction of earthworms.
- Kukkonen, S., Palojärvi, A., Rökköläinen M. & Vestberg, M. 2004. Peat amendment and production of different crop plants affect earthworm populations in field soil. *Soil Biology & Biochemistry* 36: 415-423.
- Lagerlöf, J., Goffre, B. & Vincent, C. 2002. The importance of field boundaries for earthworms (Lumbricidae) in the Swedish agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 91-103.
- Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Tamminen, P. 2006. Suomen maannostietokanta: Maannostokartta 1:250 000 ja maaperän ominaisuuksia. MTT:n selvityksiä 114. 70 s. <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts114.pdf> Verkkojulkaisu päivitetty 12. 7. 2006
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D. & Schabenberger, O. 2006. SAS for Mixed Models. 2nd Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 814 s.
- Myllys, M., Alakukku L. & Palojärvi, A. 2006. Peltomaan laadun mittaaminen tiloilla. Teoksessa: Rätty, M. ym. (toim.) Miten maamme makaa - Suomen maaperä ja sen tila: IV Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit. *Pro terra* 29: 40-41. <http://www.maaperä.fi/>
- Nuutinen, V. 1992. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil & Tillage Research* 23: 221-239.
- Nuutinen, V., Ketoja, E., Nieminen, M. & Sirén, T. 2006. Lieroistutus rakenteeltaan heikentyneen savimaan kunnostuksessa. Teoksessa: Alakukku, L. (toim.). Maaperän prosessit - pellon kunnan ja ympäristöhoidon perusta: MMM:n maaperätutkimusohjelman loppuraportti. *Maa- ja elintarviketalous* 82: 97-102. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met82.pdf>. Verkkojulkaisu päivitetty 9. 8. 2006.
- Nuutinen, V., Pitkänen, J., Kuusela, E., Widbom, T. & Lohilahti, H. 1998. Spatial variation of an earthworm community related to soil properties and yield in a grass-clover field. *Applied Soil Ecology* 8: 85-94.
- OECD 2001. Environmental indicators for agriculture. Volume 3. Methods and results. Paris: OECD - Agriculture and Food. 409 s. 92-64-18614-X.

- Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K. & Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. Maa- ja elintarviketalous 2: 88 s. + 2 liitettä. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met2.pdf>. Verkojulkaisu päivitetty 10.4.2002.
- Sims, R.W. & Gerard, B.M. 1999. Earthworms. Synopses of the British Fauna (New Series) No. 31 (revised). Dorchester: Dorsett Press. 169 s. ISBN 1-85153-262-5.
- Terhivuo, J. 1986. Lierot. Teoksessa: Huhta, V. (toim.). Suomen eläimet 5. Espoo: Weilin+Göös. s. 174-181. ISBN 951-35-2734-4.
- Terhivuo, J. 1988. The Finnish Lumbricidae (Oligochaeta) fauna and its formation. *Annales Zoologici Fennici* 25: 229-247.
- Timm, T. 1999. Eesti rõngusside (Annelida) määräraja. Looduseurija Käsiraamatud 1. Tartu – Tallinn: Teaduste Akadeemia Kirjastus. 208 s. ISBN 9985-231-1.
- Timmerman, A., Bos, D., Ouweland, J. & de Goede, R.G.M. 2006. Long term effects of fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia* 50: 427-432.
- Tiunov, A.V., Hale, C.M., Holdsworth, A.R. & Vsevolodova-Perel, T.S. 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. Teoksessa: Hendrix, P.F. (toim.). *Biological Invasions Below Ground: Earthworms as Invasive Species*. Dordrecht: Springer. s. 23-34. ISBN 978-1-4020-5428-0.
- TST-asiantuntijaryhmä 2001. Ehdotus biodiversiteetin tilan valtakunnallisen seurannan järjestämisestä. Tutkimus, seuranta ja tietojärjestelmät – asiantuntijaryhmän mietintö. Suomen ympäristö 532. 76 s.
- Urvas, L. 1995. Viljelymaan ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksien seuranta. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 15/95. 77 s.
- van Vliet, P.C.J. & de Goede, R.G.M. 2006. Effects of slurry application methods on soil faunal communities in permanent grassland. *European Journal of Soil Biology* 42: 348-353.
- Wardle, D.A. 1995. Impact of disturbance on detritus food-webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in Ecological Research* 26: 105-185.
- Whalen, J.K. & Fox, C.A. 2007. Diversity of lumbricid earthworms in temperate agroecosystems. Teoksessa: Benckiser, G. & Schnell, S. (toim.). *Biodiversity in Agricultural Production Systems*. Boca Raton: CRC Taylor & Francis. s. 249-261. ISBN 1-57444-589-8.

Maa- ja elintarviketalous -sarjan ympäristöteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2007

- 110** Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. *Salonen, J.* ym. (toim.). 331 s. Hinta 25 euroa.
- 106** Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset näkökohdat. *Karja M.* ym. (toim.). 311 s. Hinta 25 euroa.
- 96** Maatalous Itämeren rehevöittäjänä. *Uusitalo, R.* ym. 34 s. Hinta 15 euroa.

2006

- 90** Broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. *Katajajuuri, J-M.* ym. 118 s. Hinta 25 euroa.
- 81** Jätekompostit lannoitteena peltoviljelyssä – biologiset ja kemialliset vaikutukset. *Halinen, A.* ym. 105 s. Hinta 25 euroa.
- 76** Laitumien ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. *Virkajärvi, P. & Uusi-Kämpä, J.* (toim.). 208 s. Hinta 25 euroa.

2005

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

2004

- 63** Maan laadun arviointi tiloilla – kirjallisuuskatsaus. *Kukkonen, S.* ym. 86 s. Hinta 20 euroa
- 59** Maatalouden ympäristötuen seuranta MYTVAS 2. Osahankkeiden 2-7 väliraportit 2000-2003. *Turtola, E. & Lemola, R.* (toim.). 175 s. Hinta 25 euroa.

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

