



Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laaja- mittaisessa luomuvihannesviljelyssä

Marja Kallela, Anne Nissinen ja Terhi Suojala



Kasvintuotanto

Maa- ja elintarviketalous 49
62 s.

Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laajamit- taisessa luomuvihannesviljelyssä

Marja Kallela, Anne Nissinen ja Terhi Suojala

ISBN 951-729-859-5 (Painettu)
ISBN 951-729-860-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)

www.mtt.fi/met/pdf/met49.pdf

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen

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

sähköposti.julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi

2004

Kannen kuvat

Hannu Ojanen, Marja Kallela, Anne Nissinen

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintu- hoojien hallintaan laajamittaisessa luomuvihannesviljelyssä

Marja Kallela¹⁾, Anne Nissinen^{2) 3)} ja Terhi Suojala¹⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuo-
tanta, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, marja.kallela@mtt.fi, terhi.suojala@mtt.fi

²⁾ Kuopion yliopisto, Ekologisen ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio,
anne.nissinen@uku.fi, anne.nissinen@mtt.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuo-
jelu, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Luomuvihannesten tuotanto laajoilla aloilla edellyttää satovarmuutta ja viljelyn riskien minimointia. Tässä raportissa esitellään tuloksia kahdesta tutkimuksesta, joissa pyrittiin kehittämään luomuvihannesten viljelytekniikkaa laajoilla pinta-aloilla. Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle -hankkeessa selvitettiin kukka-kaalin viljelytekniikkaa ja verrattiin herneen rikkakasvien torjuntamenetelmiä. Kuopion yliopiston ja MTT:n yhteisprojektissa Kaalin ja porkkanan tuholaiden hallinta houkutus-karkotustekniikan avulla kehitettiin menetelmiä pahimpien kasvintuhoojien hallintaan houkutuskasvitekniikalla.

Tulosten mukaan kukkakaalia ja hernettä voi tuottaa luonnonmukaisesti niin, että saadaan riittävän suuri ja laadultaan myös teollisuuden vaatimukset täyttävä sato. Herneen rikkakasvien torjunnassa rikkaäestys ja aikaistettuun muokkaukseen yhdistetty liekitys osoittautuivat toimiviksi torjuntamenetelmiksi. Uudet kasvipe- räisiin yhdisteisiin perustuvat torjuntamenetelmät vaativat vielä lisätutkimusta ennen kuin niitä voi soveltaa käytäntöön.

Houkutuskasvikaistat osoittautuivat lupaavaksi menetelmäksi kaalikärpästen hallinnassa. Keräkaalipelto ympäröitiin houkutuskaistalla, jossa kiinankaali hou- kutteli pikkukaalikärpäsiä ja kukkakaali isokaalikärpäsiä. Pikkukaalikärpästen muninta keskittyi kiinankaalikaistalle kaikkina vuosina. 'Talbot'- kukkakaalilajikeen houkuttelevuus osui hyvin yhteen isokaalikärpäsen muninta- huipun kanssa. Vuosina 2002–2003 kukkakaalikaista keräsi munintahuipun aika- na noin 4–6-kertaisen määrän munia keräkaaliin verrattuna. Kaalikärpästen li- sääntyminen estettiin muokkaamalla houkutuskasvit maahan munintahuippujen jälkeen.

Päivän pituus vaikutti porkkanakempin isäntäkasvin valintakäyttäytymiseen. Syksyllä keinotekoinen kuusen haju (kolmen monoterpeenin seos) houkutteli kemppejä. Porkkanakempin hallinta houkutuskaistojen avulla vaatii lisätutkimus- ta, koska muita lajikkeita selvästi houkuttelevamman porkkanalajikkeen löytämi- nen on hankalaa eikä limoneenin ja limoneeni-karvoniseoksen karkottavuudesta saatu selvää näyttöä. Kaistan oikea sijoittelu on myös ongelmallista, koska kempipaineen suuntaa on vaikea ennakoida keväällä.

Avainsanat: luonnonmukainen viljely, houkutuskasvit, karkotteet, keräkaali, kukkakaali, porkkana, ravinteet, rikkakasvit, tarhaherne, tuhoeläimet

Alternatives for controlling nutrient status and plant protection in large-scale production of organic vegetables

Marja Kallela¹⁾, Anne Nissinen^{2) 3)} and Terhi Suojala¹⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Horticulture, Toivonlinnantie 518, FIN-21500 Piikkiö, Finland, marja.kallela@mtt.fi, terhi.suojala@mtt.fi

²⁾ University of Kuopio, Department of Ecology and Environmental Science, P.O. Box 1627, FIN-70211 Kuopio, Finland, anne.nissinen@uku.fi, anne.nissinen@mtt.fi

³⁾ MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland

Abstract

Large-scale production of organic vegetables requires good expertise and minimisation of the risks related to cultivation methods. This report presents results from two projects that aimed at developing the production of organic vegetables in large areas. The project “Organic production of vegetables for industry” investigated the production techniques of cauliflower and compared various methods for controlling weeds in garden pea. In the co-operative project of the University of Kuopio and MTT, entitled “Push and pull technique for control of cabbage and carrot pests”, trap crop methods were developed for controlling the most important pests of carrot and white cabbage.

Results of the field experiments indicate that it is possible to produce cauliflower and garden pea in large areas so that the amount and quality of yield satisfies the needs of processing industry. In garden pea fields, weed harrowing and flaming in combination with advanced tilling were efficient weed control methods. New control methods, based on plant-derived compounds, need further research before they can be applied in practice.

Use of trap crops proved to be a promising method for controlling cabbage root flies. The white cabbage field was surrounded by a strip of trap crops, including chinese cabbage to attract cabbage flies and cauliflower to attract turnip root flies. In all experimental years, cabbage root flies laid egg mainly in the chinese cabbage. The attractivity of cauliflower ‘Talbot’ coincided with the peak of the egg-laying of turnip root fly. In 2002–2003, in the peak egg-laying period, cauliflower drew 4–6 times more eggs than white cabbage. To prevent flies from developing, the trap crops were destroyed after the peak egg-laying period.

For carrot psyllid, day length affected the choice of host plant. In autumn, artificial spruce aroma (mixture of three monoterpenes) attracted psyllids. The control of carrot psyllids by trap crops requires further research, because finding a cultivar that is clearly more attractive than the others is not easy. Also, the repellent power of limonene or limonene-carvone mixture could not be shown. Locating the trap crop strip correctly is another problem, as the direction of carrot psyllid pressure is difficult to forecast in spring.

Key words: carrot, cauliflower, garden pea, nutrients, organic production, pests, repellents, trap crops, weeds, white cabbage

Alkusanat

Luomuvihannesten viljelyala on pienentynyt viime vuosina, vaikka luomuviljely kokonaisala on kasvanut ja luomuviljelyyn on siirtynyt entistä suurempia tiloja. Luomuvihannesten käyttö teollisuudessa on myös pysynyt vähäisenä. Yhtenä syynä tähän lienee luomuvihannestuotannon vaativuus. Suomalainen vihannes- ja marjateollisuus haluaa kuitenkin kotimaista luomuraakaainetta, sillä muuten uhkana on ulkomaisten luomutuotteiden vyöryminen kauppojen tiskeille. Luomuvihannesten teollinen käyttö edellyttää laajaa ja tehokasta raaka-aineen tuotantoa, jossa viljelyn riskit on minimoitu ja tuotteiden tasalaatuisuus varmistettu.

Tässä raportissa esitellään tuloksia kahdesta tutkimushankkeesta, joissa pyrittiin kehittämään luomuvihannesten viljelyvarmuutta laajoilla pinta-aloilla. Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle -hankkeessa selvitettiin vuosina 2000–2003 erityisesti kukkakaalin viljelytekniikkaa ja pakasteeksi käytettävän herneen rikkakasvien torjuntaa. Kaalin ja porkkanan tuholaisien hallinta houkutus-karkotustekniikan avulla -hankkeessa kehitettiin menetelmiä pahimpien kasvintuhoojien hallintaan luomu- ja IP-viljelyssä vuosina 2001–2003. Molemmat hankkeet rahoitettiin Maa- ja metsätalousministeriön elintarvikeklusterivaroista, mistä osoitamme parhaat kiitokset rahoittajalle. Kiitämme myös tutkimusten seurantar ryhmää, joka osoitti aktiivista kiinnostusta hankkeiden etenemiseen.

Erityisesti luomukasvishankkeessa tehtiin kiinteää yhteistyötä Pyhäjärvi-instituutin koordinoiman, EU:n Alma-maaseutuohjelmaan kuuluneen Luomua Lännessä -kehityshankkeen kanssa. Haluamme kiittää hedelmällisestä yhteistyöstä Pyhäjärvi-instituuttia, Lännen tehtaita ja teollisuuden sopimusviljelijöitä. Erityiskiitokset osoitamme Elina ja Heikki Talvitielle, Ilkka Kahalalle, Köyliön Vanhakartanolle ja Veli-Pekka Sunille, jotka tarjosivat mahdollisuuden järjestää tilakokeita omilla pelloillaan. Suuret kiitoksemme kuuluvat koko vihanniskoepaikan henkilökunnalle ja erityisesti Terttu Kauppilalle, Matti Kentälle ja Martti Linnainmaalle. Kiitämme myös tutkimuksista pro gradu -työnsä tehnyttä Anna Talvitietä, AMK-agrologi-lopputyönsä tehnyttä Jukka Majaa ja AMK-hortonomi-lopputyönsä tehnyttä Kaisa Heponevaa innostuneesta työskentelystä hankkeissa. Tutkija Petri Kapuinen MTT:n teknologian tutkimuksesta rakensi Biolan Oy:lle kukkakaalin lannoituskokeessa käytetyn sijoituslannoittimen, josta hänelle parhaat kiitokset. Kiitämme myös Biolan Oy:tä, joka tarjosi kokeisiin lannoitteet ja taimikasvatusturpeet sijoituslannoituskoneen lisäksi.

Piikkiössä ja Jokioisissa maaliskuussa 2004,

Tekijät

Sisällysluettelo

Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle <i>Marja Kallela, Terhi Suojala, Anne Nissinen, Sirkka Jaakkola & Petri Vanhala</i>	7
Kaalin ja porkkanan tuholaiten hallinta houkutus-karkotustekniikan avulla <i>Anne Nissinen, Marja Kallela, Hannu Ojanen, Mohamed Ibrahim, Jan Hulshof, Abbas Aflatuni, Kari Tiilikkala & Jarmo Holopainen</i>	38

Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle

Marja Kallela¹⁾, Terhi Suojala¹⁾, Anne Nissinen^{3,2)}, Sirkka Jaakkola²⁾ ja
Petri Vanhala²⁾

¹⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, marja.kallela@mtt.fi, terhi.suojala@mtt.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, anne.nissinen@mtt.fi, sirkka.jaakkola@mtt.fi, petri.vanhala@mtt.fi

³⁾ Kuopion yliopisto, Ekologisen ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, anne.nissinen@uku.fi

Tiivistelmä

Luomuvihannesten tuotanto laajoilla pinta-aloilla teollisuuden tarpeisiin edellyttää satovarmuutta ja viljelyn riskien minimointia. Tässä hankkeessa selvitettiin viljelytekniikkaa, jolla voidaan parantaa luomuvihannesten viljelyvarmuutta. Päähuomio oli kukkakaalin viljelytekniikan ja herneen rikkakasvien torjuntamenetelmien kehittämisessä. Kukkakaalikokeissa MTT:n vihanneskoepaikalla Kokemäellä tutkittiin lannoituksen optimointia erityisesti käytetäessä kaupallista luomuhyväksytyä lannoitetta. Lisäksi selvitettiin houkutuskasvien hyödyntämistä kaalikasvien pahimpien tuholaisten, kaalikärpästen ja kirppojen, hallinnassa. Hernekokeissa vertailtiin erilaisia fysikaalisia torjuntamenetelmiä vihanneskoepaikalla ja tiloilla. Lisäksi tutkittiin saunioiden kehitysrytmiä ja sinapin käyttöä allelopaattisessa rikkakasvien torjunnassa.

Tulosten mukaan sekä kukkakaalia että hernettä voidaan tuottaa luonnonmukaisesti niin, että saadaan riittävän suuri ja laadultaan teollisuuden vaatimukset täyttävä sato. Kukkakaalikokeissa parhaan sadon antanut käsittely vaihteli vuosittain esikasvin mukaan. Kaupallisen luomulannoitteen sijoittamisesta oli hyötyä hajalevitykseen verrattuna toisena koevuonna, jolloin maan tyyppitila oli heikompi. Houkutuskasvit, kiinankaalin lisäksi erityisesti kukkakaalin Talbot-lajike, osoittautuivat lupaavaksi menetelmäksi kaalikärpästen hallinnassa. Myös muita kasvinsuojelumenetelmiä on luomussa käytettävissä niin, että vaativan kukkakaalin sato ja sen laatu saadaan varmistettua.

Herneen rikkakasvien torjunnassa rikkaäestys ja aikaistettuun muokkaukseen yhdistetty liekitys osoittautuivat toimiviksi torjuntamenetelmiksi. Torjuntatoimien ajoitus on oleellista, jotta viljelykasvi ei tarpeettomasti vaurioidu. Uudet kasviperäisiin yhdisteisiin perustuvat torjuntamenetelmät vaativat vielä lisätutkimusta, ennen kuin niitä voi soveltaa käytäntöön.

Avainsanat: herne, houkutuskasvit, kasvinsuojelu, kukkakaali, lannoitus, luonnonmukainen viljely, ravinteet, rikkakasvit, tuhoeläimet

Johdanto

Luomuvihannesten tuotanto on keskittymässä yhä suuremmille tiloille, sillä vaikka vihannesala on vähentynyt, yhdellä tilalla vihanneksia viljellään yhä suuremmalla alalla. Isommat viljelyalat ja tiettyyn kasviin keskittyminen tehostavat tuotantoa mutta tuovat mukanaan myös uusia riskejä. Vaikka sato-
tasot olisivat luomutuotannossa jopa lähellä tavanomaisen viljelyn satoja, ihmistyötä tarvitaan paljon, kasvintuhoojat aiheuttavat ongelmia ja tuotteiden laadun varmistaminen voi olla joskus vaikeaa. Näin luomutuotteista tulee väistämättä kalliita. Työtä on pystyttävä rationalisoimaan, ja käsityövaltaiset työvaiheet on pyrittävä minimoimaan. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää luomuvihannesten viljelytekniikkaa laajoilla pinta-aloilla niin, että sato ja sen laatu täyttävät viljelijän ja teollisuuden asettamat vaatimukset ja tuotanto on taloudellisesti järkevää.

Tutkimuksen kohdekasvit ja tutkittavat aiheet valittiin yhteistyössä Luomua lännestä -kehittämishankkeen kanssa keskusteluissa viljelijöiden ja teollisuuden edustajien kanssa. Tutkimuskasveiksi valikoituivat kukkakaali, jota ei vielä viljellä teollisuudelle ja jonka viljely on ravinnevaatimustensa ja kasvinsuojelutarpeensa vuoksi haastavaa, ja tarhaherne, jonka rikkakasvien torjunnan onnistuminen vaikuttaa merkittävästi viljelyn taloudellisuuteen. Kenttäkokeet järjestettiin pääasiassa MTT:n vihanneskoepaikalla Kokemäellä. Osa rikkakasvikokeista toteutettiin tilakokeina Satakunnassa.

MTT:n vihanneskoepaikan (aiemmin Satakunnan tutkimusasema) pelloista osaa oli viljelty luonnonmukaisen viljelyn periaattein jo 1980-luvun alusta lähtien. Luomutarkastusta niillä ei oltu tehty, koska tutkimusaseman luonteen mukaisesti lähes kaikista koekasveista oli kokeita myös tavanomaisessa viljelyssä. Luomukasvisten tuotanto teollisuudelle -hankkeen alettua noin neljän hehtaarin kokoinen koelohko siirrettiin virallisesti luomuun. Tämän lohkon viljelykierros suunniteltiin, että ensin kylvetään kaura puna-apilan suojaviljaksi, jonka jälkeen viljellään apilaa 1–2 vuotta ja sitten vihanneksia 1–2 vuotta. Suojaviljasta ei saatu täystiheää kasvustoa vuonna 2000, mutta puna-apilakasvusto näytti syksyllä hyvältä ja tiheältä. Seuraavana talvena 2000–2001 apila kärsi huomattavia vahinkoja paksun jääkerroksen takia varsinkin lohkon hietaisella osuudella. Apilakasvusto oli keväällä varsin heikko, ja siihen tehtiin paikkauskylvö. Timotein osuus voimistui, ja nurmi niitettiin karjanrehuksi kesäkuussa. Apilakasvusto parani kesän aikana ja osalle aluetta voitiin perustaa seuraavana vuonna kukkakaali- ja hernekokeet. Vuosina 2000 ja 2001 kukkakaalikokeet olivat vanhalla luonnonmukaisesti viljellyllä lohkollla. Herneen rikkakasvikokeet tehtiin vuonna 2001 tavanomaisella pel-
lolla, jonka viljelyhistoriassa tiedettiin olevan runsaasti saunioita, jotka ovat haitallisia herneen sadonkorjuussa ja joiden kehitysrytmistä oltiin kiinnostu-
neita.

Kukkakaali (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) vaatii runsaasti ravinteita. Tyypillannoitussuositus tavanomaisessa tuotannossa on 110–170 kg/ha maalajin mukaan 13 tonnin hehtaarisatoa tavoiteltaessa (Kemira GrowHow). Ristikukkaisena kasvina kukkakaali houkuttelee lukuisia tuholaisia ja sillä on myös monia kasvitauteja. Kukkakaalikokeissa kiinnostuksen kohteena oli lannoituksen optimointi erityisesti kaupallista luomulannoitetta käytettäessä. Eri lannoitustasoilla tutkittiin myös sijoituslannoituksen hyödyllisyyttä. Aiemmissä tutkimuksissa suuria lannoitusmääriä (tyypeä 300 kg/ha) käytettäessä hollantilaiset Everaarts ja de Moel (1995) eivät saaneet sadonlisää kukkakaalin sijoituslannoituksesta. Ravinnetalouden hallinnan lisäksi haluttiin saada kokemuksia kasvintuhoojien hallinnasta luomutuotantoon hyväksytyin menetelmin. Tähän liittyen järjestettiin erillinen houkutuskasvikoe, jossa tutkittiin eri kaalilajien ja -lajikkeiden houkuttelevuutta kaalikärpäsillem, jotka ovat kaalikasvien pahimpia tuholaisia. Kukkakaalikokeiden tavoitteena oli tuottaa hyvälaatuinen ja määrältään riittävä sato.

Rikkakasvit ovat luomuviljelyn hankalimpia pulmia. Teolliseen käyttöön tarkoitettujen vihannesten erityisongelmana on, että vaikka rikkakasvit eivät haittaisi kasvua, ne saattavat vaikeuttaa sadonkorjuuta tai jalostusta. Tarhahernettä (*Pisum sativum* var. *sativum*) viljellään pakasteherneeksi vuosittain noin 1 000 hehtaarin alalla. Vuodesta 1999 lähtien Lännen Tehtaat Oyj on tehnyt viljelysopimuksia myös luomuherneestä. Pakasteherneen suurin laatuongelma ovat olleet herneen siemenen kanssa samankokoiset rikkakasvien nuput tai mykeröt (esimerkiksi saunakukka, valvatti ja ohdake). Usein näiden rikkakasvien poisto kasvustosta on vaatinut kallista ja työlästä kitkentää juuri ennen puintia. Herneen satotasoon vaikuttaa myös muiden kuin varsinaisten laatuongelmia aiheuttavien rikkakasvien määrä kasvustossa. Zimdahl (1999) toteaa, että luonnossa kasvit ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa, vaikka usein kokeissa testataan vain yhtä kilpailutekijää. Kasvit kilpailevat vedestä, ravinteista ja valosta. Kilpailua on viljely- ja rikkakasvien välillä ja myös rikkakasvien kesken. Pellolla tapahtuvat toimenpiteet vaikuttavat kaikkiin alueella kasvaviin kasveihin.

Herneen kilpailukyky on heikko verrattuna viljakasveihin. Melander (1994) tutki viljakasvien, rypsin ja herneen kilpailukykyä juolavehnää (*Elymus repens* (L.) Gould) vastaan ja huomasi, että jos juolavehnää oli 100 versoa neliometrillä, niin rukiin sato väheni 8 % ja herneen sato jopa 35 %. Herne taimettuu hitaasti eikä muodosta tiheää oraskasvustoa nopeasti kuten viljat ja rypsi. Tämän vuoksi herneen kilpailukyky rikkakasveja vastaan on heikko erityisesti alkukasvukaudesta. Herne on myös herkkä lakoontumaan, jolloin rikkakasvit saattavat kasvaa hernekasvuston läpi ja siten hidastaa sen kasvua. Siksi mahdollisimman tiheän kasvuston varmistaminen ja rikkakasvien vähentäminen mahdollisimman hyvin kasvustosta on ensiarvoisen tärkeää herneen kasvun alussa. Herneistä herkin lakoontumaan on lehdellinen tyyppi, kun taas lehdettömät voimakaskärhiset lajikkeet pysyvät parhaiten pystyssä. Aiksalon (1987) ja Grevsenin (2000) tutkimusten mukaan puolilehdetön

herne on kuitenkin huonompi kilpailija kuin lehdelliset lajikkeet. Grevsen (2003) totesi, että parhaita kilpailijoita ovat lajikkeet, joilla on suuret siemenet ja siten taimien alkukehitys on nopea.

Rikkakasvien torjuntakokeissa selvitettiin eri menetelmien käyttökelpoisuutta pakastehernetuotannossa. Kokeissa etsittiin luonnonmukaiseen tuotantoon sopivia fysikaalisia torjuntamenetelmiä, joilla saataisiin rikkakasvien määrää vähennettyä. Lisäksi kartoitettiin rikkakasvitilannetta luomutiloilla vuonna 2000 ja kerättiin luomutilojen kokemuksia eri menetelmistä. Uutena menetelmänä tutkittiin allelopation hyödyntämistä rikkakasvien torjunnassa. Vuonna 2001 tutkittiin tilakokeessa maahan levitetyn sinappipuristeen tehoa rikkakasveihin ja vuonna 2002 keltasinapin vihermassan käyttöä alkukesän esikasvina vihanneskoepaikalla järjestetyssä kokeessa.

Aineisto ja menetelmät

Suurin osa hankkeen kenttäkokeista toteutettiin MTT:n vihanneskoepaikalla Kokemäellä. Kukkakaalin lannoitusta ja houkutuskasveja tutkittiin vuosina 2000–2002. Herneen rikkakasvien torjuntamenetelmiä verrattiin vuosina 2001–2002. Lisäksi vuonna 2001 tutkittiin erillisessä kokeessa saunioiden kehitysrytmiä (Talvitie 2003) ja vuonna 2002 selvitettiin sinapin vihermassan käyttöä rikkakasvitorjunnassa (Maja 2003). Tiloilla tutkittiin vuonna 2000 liekeyksen soveltuvuutta herneen rikkakasvien torjuntaan alustavassa tilakokeessa Ulvilassa ja kartoitettiin rikkakasvitilannetta herne- ja porkkanakasvustoissa. Vuonna 2001 tehtiin tilakoe sinappipuristeen soveltuvuudesta rikkakasvitorjuntaan Eurassa (Jaakkola 2003), ja vuonna 2003 testattiin aiemmissä kokeissa parhaiksi havaittuja rikkakasvien torjuntamenetelmiä tilakokeessa Ulvilassa.

Luomukukkakaalin lannoituskoe

Luomukukkakaalin lannoituskokeessa hyödynnettiin kaupallista eloperäistä luomulannoitetta (Biolan extra -luonnonlannoite), jonka sijoituslannoitusta verrattiin hajalevitykseen eri typpimäärillä. Lisäksi käytettiin yhdessä käsittelyssä kompostoitua broilerinlantaa hajalevitettynä ja maahan jyrsettynä. Kokeen tarkoituksena oli selvittää, miten kukkakaali (lajike 'Fremont') kasvaa ja tuottaa satoa, kun luomulannoite on sijoitettu harjuun tai hajalevitetty tavanomaisesti tasamaalle. Lisäksi tutkittiin eri lannoitusmäärien ja istutusaikojen vaikutusta. Koemallina oli osaruutukoe, jossa pääruututekijänä oli istutusaika ja osaruututekijänä lannoituskäsittelyt.

Vuonna 2000 tehtiin esikoe, jossa tutkittiin sijoituslannoitusta ja kahta eri istutusaikaa. Lannoitustasona oli kokonaistypen määrä 250 kg/ha sekä sijoitettuna että hajalevitettynä ja verranteena oli lannoittamaton. Lisäksi hyödyn-

nettiin käytettävissä olevia tuholaisten torjuntakeinoja: rikkakasvien torjumiseksi lannoitus ja istutusmuokkaus tehtiin 25.5. ja juuri ennen istutusta 5.6. ja 15.6. tehtiin kokoalaliekitys. Houkutuskasviksi kokeen ympärille istutettiin kiinankaalin Kasumi-lajiketta, akryyliharsoa pidettiin kasvuston päällä 5.6.–22.6. torjumaan pikkukaalikärpystä sekä mahdollisia kirppoja ja kaalikoita. Kaalikoita vastaan ruiskutettiin Turexia (*Bacillus thuringiensis*-bakteerivalmiste) kahdesti 6.7. ja 13.7. Ensimmäinen istutuksen kasvustot harattiin 29.–30.6. ja toisen istutuksen kasvustot 6.7. Taimia sadetettiin ramalla 14 mm 16.6.

Vuosina 2001–2002 kokeiden lannoituskäsittelyissä olivat mukana seuraavat kokonaistypimmäärät:

- N 250 kg/ha sijoitettuna
- N 170 kg/ha sijoitettuna
- N 80 kg/ha sijoitettuna (v. 2002)
- N 250 kg/ha hajalevitettynä
- N 170 kg/ha hajalevitettynä
- N 80 kg/ha hajalevitettynä (v. 2002)
- N 170 kg/ha broilerin kuivikelantana hajalevitettynä
- lannoittamaton verranne.

Käytetyssä Biolan extra -luomulannoitteessa on typpeä 4 %, fosforia 1 % ja kaliumia 2 %. Kokonaistypestä 37,5 % on liukoisessa muodossa. Käytetyt typpitasot määräytyivät maatalouden ympäristötuen ehdoissa sallitun kokonaistypimmäärän mukaan, joka on avomaanvihanneksilla 250 kg/ha. Tämä määrä kokonaistypeä voidaan käyttää orgaanisena lannoitteena, mutta prosessoimattomassa lannassa voidaan levittää kokonaistypeä enintään 170 kg/ha. Broilerin kuivikelannassa oli lanta-analyysin mukaan kokonaistypeä 4,2 %, josta 33,3 % oli liukoisessa muodossa, ja fosforia 2,2 % ja kaliumia 3,2 %. Kokeen käsittelyt toistettiin neljässä lohossa. Koeruudun koko oli 14 m x 1,8 m (25,2 m²), paitsi vuoden 2000 esikokeen tasamaakäsittelyissä 14 m x 1,5 m (21 m²).

Viljavuustila vuosien 2000–2001 loholla oli syksyllä 1999 otetussa maanäytteessä: maalaji runsasmultainen HHt, johtoluku 0,5, pH 6,5, Ca 1090, P 20, K 118, Mg 113, B 0,4, Cu 8, Mn 5,2 ja Zn 0,62. Vuoden 2002 loholla viljavuustila oli 23.9.1997 otetussa näytteessä: maalaji multava sHHt, johtoluku 1, pH 6,3, Ca 1940, P 29, K 118, Mg 221. Vuosina 2000–2001 koelohkon hivenravinnetilaa parannettiin levittämällä Kemiran erikoisviljelyn hivenlannosta 300 kg/ha. Lisäksi maata kalkittiin antamalla 2 000 kg/ha sammutettua kalkkia (Ca(OH)₂). Vuonna 2002 levitettiin sammutettua kalkkia 3 000 kg/ha torjumaan mahdollista möhöjuurta. Esikasvina oli vuoden 2000 kaaleille makea sinilupiini (*Lupinus angustifolius* L.) ja vuoden 2002 kokeelle puna-apila (*Trifolium* sp.). Vuoden 2001 koetta edelsi avokesanto monivuotisten rikkakasvien torjunnan takia.

Sijoituslannoitusta varten Biolan Oy teetti MTT:n teknologian tutkimuksessa lannoituskoneen. Koneen suunnittelun ja muutostyön käytetystä perunanistutuskoneesta teki tutkija Petri Kapuinen. Hän lisäsi koneeseen Tumen lannoitteensijoitusyksiköt, joilla saatiin sijoitettua riittävä määrä lannoitetta kahteen halkaisijaltaan 4 cm:n vanaan 18 cm:n syvyyteen kahteen vierekkäiseen penkkiin. Hajalevitys tehtiin Junkkari-pintalannoittimella, minkä jälkeen maajyrsittiin 15 cm:n syvyydeltä Rumpstad-kelajyrsimellä, jossa oli 540-T-muotoilija. Kaalit istutettiin Lännen RT-2 -istutuskoneella. Istutuskone tiivisti ja litisti harjut, jolloin lannoite jäi 10–12 cm:n syvyyteen. Kaalin taimet kasvatettiin Lännen Plantek 64 -kennostoissa, joissa taimipaakun korkeus oli noin 4 cm. Siten taimen ja lannoitteen väliin jäi maata puskuriksi noin 4 cm, joten taimen juuret eivät joutuneet liian lähelle lannoitevanaa. Lisäksi kokeessa oli mukana broilerinkuivikelanta ja lannoittamaton verranne, jotka muokattiin kuten hajalevitetyt lannoitekäsittelyt.

Kukkakaalin taimet kasvatettiin Piikkiössä MTT puutarhatuotannon kasvihuoneissa. Siemenet olivat tavanomaiseen viljelyyn tarkoitettuja peittaamattomia siemeniä, jotka peitattiin juuri ennen kylvöä Mycostop-valmisteella. Taimikasvatus kesti neljä viikkoa. Viljelytoimien ajoitus on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Viljelytoimenpiteiden ajoitus kukkakaalin lannoituskokeissa vuosina 2001–2002 Kokemäellä.

Toimenpide	Aikainen istutus		Myöhäinen istutus	
	2001	2002	2001	2002
Esikasvi (koko alue)	Ei esikasvia	Puna-apila	Ei esikasvia	Puna-apila
Lannoitus	24.5.	23.-24.5.	24.5.	23.-24.5.
Istutus ja liekitys	5.6.	4.6.	14.6.	13.6.
Harso	5.6.-26.6.	4.6.-24.6.	14.6.-26.6.	13.6.-24.6.
Haraus	2.7.		2.7.	
Käsin haraus		25.6.		25.6.
Turex (<i>B. thuringiensis</i>) 1 kg/ha	6.7. ja 18.7.	2.7. ja 9.7.	6.7. ja 18.7.	2.7. ja 9.7.
Sadetus 14 mm ramppinkastelu	6.,15.,27.6 ja 5.7.	4.6. ja 10.6.	6.,15.,27.6 ja 5.7.	14.6.
Sadonkorjuun alku	30.7.	5.8.	13.8.	12.8.

Ensimmäisenä koevuonna 2000 käytettiin sijoituslannoitusmenetelmää, jossa riviväliksi tuli 75 cm ja taimiväli oli 30 cm. Tasamaalla riviväli oli 50 cm ja penkkiin tuli kolme riviä, joiden taimiväli oli 40 cm. Seuraavina vuosina kaikkien istutusten riviväli paririvissä oli 75 cm ja paririvien etäisyys toisistaan 105 cm, kuten vuonna 2000. Taimiväli oli 35 cm. Rikkakasvien torjunta aloitettiin tekemällä istutusmuokkaus ja lannoitus 10–12 päivää ennen istutusta (Taulukko 1). Juuri ennen istutusta tehtiin kokoalaliekitys (nestekaasua 60 kg/m²). Taimet istutettiin koneella siten, että koko koeala ympäröitiin kiinankaalin Kasumi-lajikkeella. Kiinankaali toimi houkutuskasvina kaalin tuholaisille (kirpat, kaalikärpäset). Kunkin taimirivin alkuun istutettiin viisi kiinankaalin tainta, jonka jälkeen istutettiin varsinaiset kukkakaalit. Vuonna 2000 kokeiltiin myös nauriin (lajike 'Petrowsky') kylvöä houkutuskasviksi suoraan kaalimaan ympärille, mutta kirpat tuhosivat vasta taimettuneet nauriit täydellisesti. Kukkakaalialue peitettiin akryyliharsolla, jotta se säästyisi

kirppojen ja pikkukaalikärpäsen ensimmäisen lennon tuholta. Harso poistettiin juhannuksen aikaan (Taulukko 1), jotta kukkakaalin virittyminen kukkaan ei estyisi tai peruuntuisi liian kuumuuden takia. Vuonna 2002 oli kuitenkin istutushetkellä niin kuumaa, että taimien suojeleminen auringolta oli tärkeää kukintainduktion viivästymisen uhallakin. Harson poiston jälkeen kaalikoita torjuttiin *Bacillus thuringiensis* -valmisteella (Turex) kaksi kertaa joka vuonna. Rikkakasvit harattiin kerran vuosina 2000 ja 2001, mutta vuonna 2002 ei harausta päästy tekemään ajallaan maan märkyyden takia. Kukkakaalikasvusto kasvoi umpeen, ja juolavehna- ja ohdakepesäkkeitä kuokittiin käsin.

Kukkakaalin sato kerättiin ruuduittain viiden metrin matkalta kahdesta rivistä. Sadosta punnittiin viisi kaalia yksitellen ja lopuista punnittiin yhteissato. Sadonkorjuu aloitettiin 30.7.2001 ensimmäisestä istutuksesta ja lopetettiin 8.8., jolloin myös toisen istutuksen sadonkorjuu aloitettiin ja se lopetettiin 20.8.2001. Vuonna 2002 sadonkorjuu tehtiin ensimmäisestä istutuksesta 5.–6.8. ja toisesta istutuksesta 12.8. kuten vuonna 2001. Sadonkorjuun aikaan otetuista kasvinäytteistä analysoitiin lehtien, varsien ja kukinnan typpipitoisuus MTT:n ympäristöntutkimuksen laboratoriossa. Analyysit tehtiin eri lohkojen kasveista yhdistetyistä koostenäytteistä. Kasvien massan ja typpipitoisuuksien perusteella laskettiin kasvuston typen otto.

Houkutuskasvikoe kaalikasveilla

Houkutuskasvikokeessa selvitettiin, miten eri kaalikasvit ja erityisesti kukkakaalilajikkeet houkuttelevat kaalikasvien tuholaisia, kirppoja ja kaalikärpäsiä. Koemalli oli satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe, jossa oli kolme lohkoa. Koeruutu oli kooltaan 5 m x 1,5 m (7,5 m²). Vuonna 2000 koekasveina olivat kukkakaali 'Fremont', lantut 'Globus' ja 'Simo', nauris 'Petrowsky', mitsuna 'Early', komatsuna 'Summer Fest' sekä kiinankaalit 'Kasumi' ja 'Yamiko'.

Kukkakaalista saatujen mielenkiintoisten tulosten takia seuraavien vuosien kokeissa keskityttiin etsimään kukkakaalilajikkeiden joukosta sopivinta houkutuskasvia. Vuosina 2001–2002 houkutuskasvikokeissa olivat mukana kukkakaalilajikkeet 'Fremont', 'Mayflower', 'Helsinki' ja 'Talbot' sekä kiinankaalilajike 'Yamiko'. Talbot-lajikkeen tiedettiin sveitsiläisen tutkimuksen mukaan houkuttelevan tehokkaasti kaalikärpäsiä mutta sietävän myös hyvin vioitusta (Freuler ym. 1999). Vuoden 2002 kokeessa oli lisäksi mukana keräkaali 'Lennox', joka oli viljelykasvina Köyliön houkutuskasvikokeissa, jotka kuuluivat hankkeeseen Kaalin ja porkkanan tuholaisien hallinta houkutus-karkotustekniikan avulla.

Taimikasvatus tehtiin Piikkiössä MTT puutarhatuotannon kasvihuoneissa. Siemenet olivat tavanomaiseen viljelyyn tarkoitettuja peittaamattomia sie-

meniä, jotka peitattiin Mycostop-valmisteella juuri ennen kylvöä Lännen Plantek 64 -taimikasvatuskennostoihin. Taimikasvatus kesti neljä viikkoa.

Houkutuskasvikoe oli samalla loholla kuin kukkakaalin lannoituskoee. Hivenlannoitus ja kalkitus tehtiin kuten lannoituskoeeissa. Peruslannoituksena käytettiin Biolan Extra (NPK 4-1-2) -lannoitetta 6 250 kg/ha (kokonaistyppeä yhteensä 250 kg/ha, liukoista typpeä 94 kg/ha). Lannoite hajalevitettiin Junkkari-pintalannoittimella, minkä jälkeen maa jyrättiin 15 cm:n syvyydeltä Rumpstad-kelajyrsimellä. Taimet istutettiin Lännen RT2 -istutuskoneella kolmeen riviin 9.5.2000, 31.5.2001 ja 28.5.2002. Riviväli oli 50 cm ja taimiväli 40 cm. Kaalikärpäsen muninnan seuranta aloitettiin maanäytteillä viikon kuluttua istutuksesta ja jatkettiin heinäkuun loppuun asti viikon välein. Kaalikoin toukkia vastaan ruiskutettiin Turex-valmistetta kuten luomukukkakaalin lannoituskoeeissa. Kirppojen vioitushavainnot tehtiin 22.6.2000 silmämääräisesti eri kaalikasveilta asteikolla: 1 = ei vioitusta, 2 = hieman vioitusjälkiä, 3 = vähän vioitusjälkiä, 4 = lähes syöty ja 5 = aivan syöty.

Rikkakasvikartoitus tiloilla vuonna 2000

Kesäkuussa 2000 kartoitettiin pakasteherne- ja porkkanalohkojen rikkakasvitilannetta tiloilla. Hernetiloilla rikkakasvit määritettiin lohkon eri osista, kymmeneltä 0,1 m²:n suuruiselta alalta (yhteensä 1 m²). Porkkanatilalla viljelykasvi oli suojattu harsolla. Havaintokohtat valittiin harson reunojen läheltä, jottei aiheutuisi tarpeetonta siirtelytyötä. Rikkakasvit määritettiin kahdelta kohtaa lohkoa, kolmelta 0,1 m²:n (25 cm x 40 cm) suuruiselta alalta rivistä ja yhtä monelta alalta rivivälistä.

Liekityskoe hernetilalla vuonna 2000

Liekityksen ja siihen liitetyn aikaistetun muokkauksen mahdollisuuksia selvitettiin vuonna 2000 alustavassa tilakoeeissa. Koe järjestettiin Ulvilassa, ja vertailtavana oli kolme käsittelyä:

- muokkaus kylvöpäivänä 1.6., liekitys 12.6.
- aikaistettu muokkaus 29.5., liekitys 12.6.
- muokkaus 1.6., ei liekitystä.

Aikaistettu muokkaus oli tarkoitus tehdä noin kymmenen päivää ennen kylvöpäivää, mutta koska teollisuuden kylvösuunnitelmat muuttuivat, muokkauksen ja kylvön väliin jäi vain kolme vuorokautta. Kaikki käsittelyt toistettiin kahdessa lohossa. Koeruudun koko oli 4,5 m x 20 m. Liekitys tehtiin Helsingin yliopiston Maatalousteknologian laitoksen valmistamalla prototyypiliekittimellä, jossa on neljä koteloitua poltinta. Polttimen leveys oli 40 cm ja laitteen työleveys 160 cm. Nestekaasun kulutus oli 60 kg/ha ja ajonopeus oli 1,45 km/h. Rikkakasvien määrä ja paino määritettiin kolme kertaa kesän ai-

kana kahdesta kohtaa koeruutua 0,25 m²:n näytealalta. 21. elokuuta punnittiin herneen sato kahdelta neliömetrin kokoiselta alalta jokaisesta koeruudusta.

Rikkakasvien torjuntamenetelmien vertailu hernekasvustossa

Rikkakasvien torjuntakokeessa vihanneskoepaikalla selvitettiin parasta menetelmää rikkakasvien määrän vähentämiseksi pakastehernekasvustossa. Koe-malli oli satunnaistettujen lohkojen koe, jossa vuonna 2001 oli kuusi toistoa ja vuonna 2002 neljä toistoa. Torjuntakäsittelyt olivat:

- aikaistettu kylvömuokkaus ja liekitys juuri ennen herneen taimettumista
- rikkakasviäestys kerran herneen ollessa kolmilehtiasteella
- rikkaäestys kaksi kertaa juuri ennen herneen taimettumista ja kolmilehtiasteella
- suurennettu kylvötiheys (25 % suurempi kuin muissa käsittelyissä)
- vuonna 2001 lanauksen lankulla herneen taimettuessa
- ei torjuntaa.

Kylvömuokkaus tehtiin S-piikkiäkeellä aikaistetussa kylvömuokkauksessa 15.5. ja muissa 29.5. molempina koevuosina. Lehdellinen hernelajike 'Avola' kylvettiin 29.5. viiden senttimetrin syvyyteen Tume-kylvölannoittimella. Kylvötiheys oli kaikissa muissa käsittelyissä 20 % suurempi kuin Lännen tehtaiden IP-viljelyssä käyttämä tiheys ja suurennetun tiheyden käsittelyssä 50 % IP-viljelyn tiheyttä suurempi. Siemenmäärä oli 294 kg/ha vuonna 2001 ja 277 kg/ha vuonna 2002. Suurennetussa kylvötiheydessä määrät olivat 363 ja 339 kg/ha. Lannoitteena käytettiin Biolan Extra -lannoitetta (NPK 4-1-2) 1 000 kg/ha. Maalaji oli vuonna 2001 runsasmultainen hieno hieta ja vuonna 2002 multava savinen hieno hieta.

Liekitys tehtiin 11.6.2001 ja 5.6.2002. Herne oli liekitettäessä vuonna 2001 1-2 cm maan pinnan päällä ja vuonna 2002 juuri taimettumassa. Liekitys tehtiin kuten vuoden 2000 tilakokeessa. Vuoden 2001 kokeessa käytetty lanauksen tehtiin 2,25 metrin pituisella lankkulanalla, johon oli laitettu painoksi neljä 25 kg:n säkkiä tasaisesti, jotta lana saisi irti maata ja rikkakasvit tuhotua. Ajonopeus oli 3 km/h. Rikkakasviäestys tehtiin Kronos 500 -äkeellä, jonka piikin kulma oli 62° ja ajonopeus 8 km/h. Kahden rikkaäestyksen koejäsenessä ensimmäinen äestys tehtiin 12.6.2001 ja 7.6.2002 ja toinen 21.6.2001 ja 10.6.2002. Yhden äestyksen koejäsenessä käsittely tehtiin jälkimmäisenä päivänä. Hernekääriäisen esiintymistä seurattiin feromonipyydyksillä, mutta torjuntakynnys (seurannan alusta yhteensä 14 kääriäistä) ei ylittynyt kumpanakaan vuonna.

Sato korjattiin 1 m²:n alalta joka ruudusta leikkaamalla kasvit poikki maanpinnasta. Herneen siemenet eroteltiin paloista koepuimurilla. Sadonkorjuun aikaan laskettiin ja punnittiin eri rikkakasvilajien määrät.

Vuoden 2003 tilakokeessa verrattiin edellisvuosien kokeissa parhaiksi osoitettuneita menetelmiä, aikaistettua muokkausta ja liekitystä sekä yhtä tai kahta rikkaäestystä, käsittelemättömiin koeruutuihin. Koelohkon maalaji oli runsasmultainen savinen hieno hieta, jossa vuoden 2002 viljavuusanalyysin mukaan oli johtoluku 2,0, pH 6,3, Ca 1580, P 9,7, K 126, Mg 160 ja vuoden 2001 analyysin mukaan B 0,5, Cu 4,2, Mn 5,9 ja Zn 1,19. Lohkolla oli edellisenä vuonna ollut avokesanto, josta kestorikkakasveja oli torjuttu tehokkaasti Peto-tasojyrsimellä. Ennen varsinaista kylvömuokkausta maa jyrsittiin kelajyrsimellä kolme kertaa, lukuunottamatta aikaistettua kylvömuokkausta, jossa jysintä tehtiin kerran. Varsinainen kylvömuokkaus tehtiin aikaistetusti 12.6. ja muille koejäsenille 23.6. kelajyrsimellä. Lehdetön hernelajike 'Skylark' kylvettiin 23.6. kylvölannoittimella (siemenmäärä 230 kg/ha). Lannoitteena käytettiin Biolan Extra -lannoitetta (NPK 4-1-2) 500 kg hehtaarille. Hernekääriäisten esiintymismäärää seurattiin feromonipyydyksillä ja torjuntakynnyksen ylityttyä kääriäisiä ruiskutettiin bioruiskutteella. Liekitys tehtiin aikaistetun kylvömuokkauksen jälkeen 30.6.2003 herneen ollessa 1–2 cm maanpinnalla. Liekitystekniikka oli sama kuin vihanneskoepaikan kokeissa. Sato ja rikkakasvien määrä korjuu-aikaan mitattiin kuten edellisvuosien kokeissa.

Saunioiden kehitysrytmin selvittäminen vuonna 2001

Sauniot ovat pakastehernelohkolla haitallisia rikkakasveja, sillä kasvustoon jääneiden saunioiden nuput ovat lähes herneen kokoisia ja värisiä ja siksi vaikeita poistaa lajittelemalla sadon joukosta. Saunioiden kehitysrytmiä tutkittiin vuonna 2001 osana Anna Talvitien kasvinviljelytieteen pro gradu -työtä (Talvitie 2003). Kokeen käsittelyinä oli kolme kylvöaikaa, 9.5., 23.5. ja 6.6., jotka kuvaavat Lännen tehtaiden sopimusviljelyssä käyttämän kylvöohjelman kylvöaikoja aikaisesta myöhäiseen. Koemalli oli satunnaistettujen täydellisten lohkojen koe, jossa oli kuusi lohkoa.

Koeruudut äestettiin juuri ennen kylvöä S-piikkiäkeellä. Koeruudun leveys oli 5 metriä ja pituus 10 metriä, ja maalajina oli runsasmultainen hieno hieta. Herne (puolilehdetön lajike 'Bikini', siemenmäärä 325 kg/ha) kylvettiin Tume-kylvölannoittimella. Koska kesä oli vähäsateinen, kasvustoa sadetettiin kahdesti (19.6. ja 3.7.) herneen ja myös rikkakasvien kasvun edistämiseksi.

Saunioiden (peltosaunio eli saunakukka ja pihasaunio) taimettumista havainnointiin 0,25 m²:n näytealalta, joita oli kaksi jokaisessa ruudussa. Taimettumishavainnot aloitettiin kahdeksan päivää kylvön jälkeen ja niitä jatkettiin sadonkorjuuseen asti. Saunioiden kehitysrytmiä seurattiin merkityistä yksi-

löistä. Tavoitteena oli selvittää, miten kauan kuluu taimettumisesta nappujen muodostumiseen. Sato korjattiin eri kylvöaikojen käsittelyissä 19. heinäkuuta, 31. heinäkuuta ja 9. elokuuta, kun herneiden kovuus oli saavuttanut tendrometriarvon 100–120.

Rikkakasvien torjunta kasviperäisillä yhdisteillä

Vuoden 2001 kokeen tavoitteena oli selvittää, voidaanko kasviperäisillä yhdisteillä, erityisesti haihtuvilla kumina- ja tilliöljyillä ja sinapin siemenpuristeilla, estää yksivuotisten rikkakasvien kasvua. Kuminan siemenet sisältävät 2,5–8 % kuiva-aineesta haihtuvia öljyjä (Keskitalo ym. 2000). Kuminaöljyn sisältämät terpeenit ovat estäneet mm. perunoiden itämistä (Reust 2000) ja joidenkin tuholaisten kehitystä (Viglierchio & Wu 1989). Kuminaöljy on viivästyttänyt perunaruton leviämistä (Hannukkala ym. 2002). Sinapin siemenissä on runsaasti glukosinolaatteja, joiden hajotessa entsyymaattisesti syntyy siementen itämistä ja taimien kasvua haittaavia yhdisteitä (Brown & Morra 1997). Näillä kasviperäisillä aineilla saattaisi olla potentiaalia myös rikkakasvien torjunnassa.

Aineita testattiin euralaisella herneviljelmällä kesällä 2001. Öljy eristettiin siemenistä puristamalla ja tislamalla. Sinapin siemenistä puristettiin öljy mekaanisesti ja sen jälkeen puriste jauhettiin. Puristettu kumina- ja tilliöljy ruiskutettiin rikkakasvien lehdille 5 ja 10 %:n liuoksina ja tislattu kuminaöljy 7,5 %:n liuoksena. Kelta- ja sareptansinapin siemenpuristeet sekoitettiin herneen riviväleihin annoksina 50, 100, 150 ja 200 g/m². Koemenetelmänä oli lohkoittain satunnaistettujen ruutujen menetelmä ja lohkoja neljä. Ruudun ala oli 6 m². Käsittelyjen aikaan herneen taimet olivat noin 5 cm:n pituisia. Käsittelyjen jälkeen herneen vioitukset arvioitiin silmävaraisesti. Rikkakasvinäytteet ja sato korjattiin kokeen lopussa kustakin ruudusta 0,5 m²:n alalta.

Vuoden 2002 kokeessa tutkittiin keltasinapin (*Sinapis alba* L.) allelopaattisia vaikutuksia rikkakasveihin, kun sinappia kasvatettiin alkukesän esikasvina. Menetelmää selvitettiin Jukka Majan AMK-agrologi-lopputyössä (Maja 2003). Sinappikasvustoa seuraavina koekasveina olivat herne, kukkakaali ja pinaatti. Koemallina oli satunnaistettujen lohkojen koe, jossa oli neljä lohkoa, joihin koekasvit ja ilman sinappikasvustoa olleet verranneruudut oli arvottu 11 x 1,25 m²:n suuruisiin ruutuihin. Kunkin koekasvin verranneruudun koko oli 4,58 m².

Sinappi 'Jo 03' kylvettiin pneumaattisella Gaspardo-kylvökoneella 9.5.2002 (siemenmäärä 3 kg/ha). Sinappia kasvatettiin kukintavaiheeseen asti, jotta allelopaattisten aineiden pitoisuus kasvustossa olisi suurimmillaan. Kasvusto murskattiin kesantosilppurilla ruutujen suuntaisesti ajaen. Murskattu vihermassa jyrskittiin maahan 10 cm:n syvyyteen. Tavoitteena oli tasainen vihermassapitoisuus multakerroksessa.

Koekasvit kylvettiin ja istutettiin 27.6. Tarhaherne 'Avola' kylvettiin koeruu-
tukylvökoneella 12,5 cm:n rivivälillä (siemenmäärä 381 kg/ha). Pinaatti 'Las-
ka' kylvettiin Gaspardo-kylvökoneella (tiheys 100 kpl/m²) neljään riviin
25 cm:n rivivälillä. Piikkiössä kasvatetut, 29.5. kylvetyt Gipsy-
kukkakaalilajikkeeseen taimet istutettiin kolmeen riviin 50 cm:n rivivälillä ja
35 cm:n taimivälillä Lännen RT2 -istutuskoneella. Herneen, pinaatin ja rik-
kakasvien taimettumista seurattiin kunkin koeruidun kummastakin päästä
0,25 m²:n alalta kahden viikon ajan. Kukkakaalien vioitushavainnot tehtiin
15 päivää istutuksen jälkeen 12.7. asteikolla 0–100 (0 = terve, 100 = kuollut).
Satonäyte otettiin kaksi kertaa 1 m²:n alueelta koekasviruuduilta ja verran-
teista kerran 0,5 m²:n alalta.

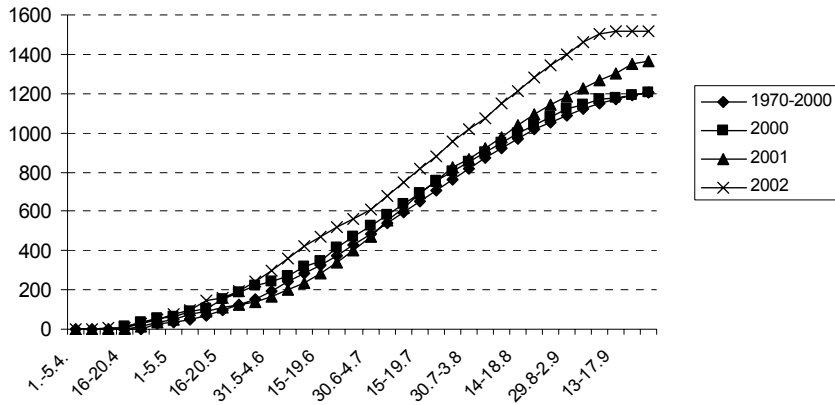
Sääolot koevuosina

Sää tietoja kerättiin Ilmatieteen laitoksen Kokemäen Peipohjan sääasemalta
vihanneskoepaikalta (Kuvat 1–2). Ensimmäisen koevuoden 2000 kasvukau-
den sääolot vastasivat pitkän aikavälin normaaleja sääoloja. Tehoisa läm-
pösumma syyskuun loppuun mennessä oli 1208 °C. Sitä vastoin kaksi seu-
raavaa kasvukautta olivat poikkeuksellisia.

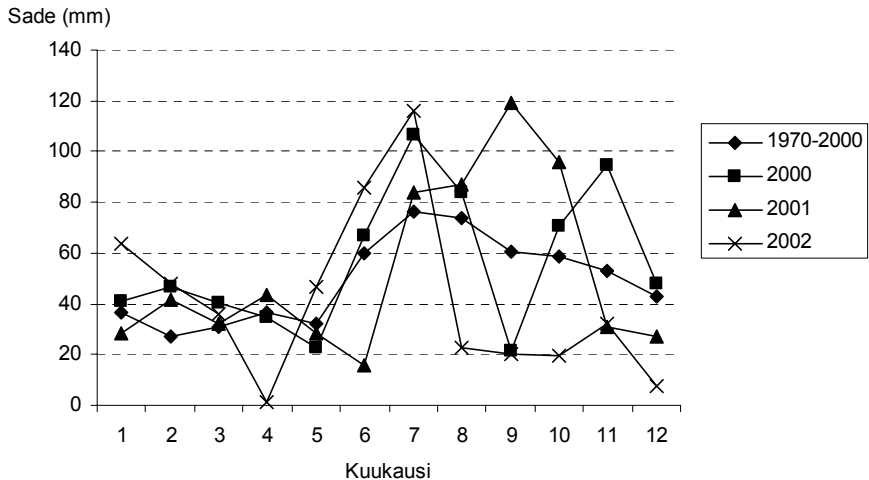
Vuoden 2001 alkukesä oli keskimääräistä viileämpi ja niukkasateinen, joten
sadetustarvetta oli varsinkin kesäkuussa runsaasti, jopa enemmän kuin oli
tilan kastelukapasiteetti. Sateita saatiin vasta heinäkuun puolella. Loppukas-
vukausi oli keskimääräistä lämpimämpi, mutta sadonkorjuuseen asti lämpöti-
la oli normaali. Tehoisa lämpösumma syyskuun loppuun mennessä oli
1 363 °C.

Vuoden 2002 kasvukausi oli kokonaisuudessaan normaalia lämpimämpi ja
tehoisa lämpösumma syyskuun loppuun mennessä oli 1 520 °C. Huhtikuussa
ei satanut ollenkaan ja touko-kesäkuussakin kertasateiden määrä oli 10 mm:n
luokkaa samalla, kun sää oli keskimääräistä lämpimämpää. Heinäkuun alussa
saatiin mukava 25 mm:n sade, jonka ansiosta koekasvit kasvoivat reippaasti,
kun samalla oli lämmintä. Maan märkyys aiheutti ongelmia traktoritöihin,
eikä rikkakasveja päästy haraamaan, mutta toisaalta viljelykasvien kasvustot
kasvoivat nopeasti umpeen. Lämmin elokuu joudutti kasvien sadon valmis-
tumista.

Tehoisa
lämpösumma (C°)



Kuva 1. Tehoisa lämpösumma viiden päivän jaksoissa Kokemäellä vuosina 2000–2002 ja vuosien 1970–2000 keskiarvo.



Kuva 2. Sadesumma (mm) kuukausittain Kokemäellä 2000–2002 ja vuosien 1970–2000 keskiarvot.

Tilastollinen käsittely

Kukkakaali- ja hernekokeiden satotulokset sekä hernekokeiden rikkakasvitulokset analysoitiin varianssianalyysillä SAS-ohjelmiston Mixed-ohjelmalla. Keskiarvojen vertailuun käytettiin kontrasteja.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Luomukukkakaalin lannoituskoe

Vuoden 2000 kokeesta saatiin laadukas sato, joka oli kummallakin lannoitustavalla samansuuruinen, 14 000–19 000 kg hehtaarilla, mikä vastaa tavanomaisen viljelyn satotasoa (15 000 kg/ha). Erilaisten taimitiheyksien takia ei esikokeen perusteella voinut suositella eri lannoitustapoja, ja siksi seuraavina koevuosina oli käytössä sama istutustiheys kaikilla lannoitustavoilla ja -tasoilla. Esikoe kuitenkin osoitti, että laadukkaan kukkakaalin viljely onnistuu myös luomuviljelyn keinoin, kun käytetään monipuolisesti erilaisia menetelmiä kasvintuhoojien vähentämiseksi.

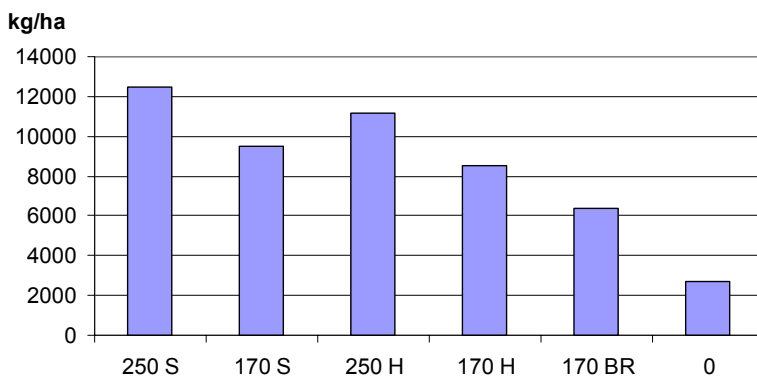
Myös vuosina 2001–2002 kukkakaalin sadon laatu oli erinomainen. Vuonna 2001 sato jäi alhaisemmaksi (Kuva 3), koska luonnonsadetta oli niukalti ja kasvusto kärsi kuivuudesta. Sen sijaan vuonna 2002 saatiin erinomainen sato (Kuva 4).

Vuonna 2001 sato oli jälkimmäisen istutusajan koeruuduissa keskimäärin 37 % suurempi kuin yhdeksän päivää aiemmin istutetuissa ruuduissa ($p=0,050$). Syynä ensimmäisen istutusajan heikkoon satoon oli kasveja vaivannut kuivuus. Käsittelyiden vaikutus oli kuitenkin likimain sama molempina istutusaikoina (yhdysvaikutus istutus*käsittely, $p=0,096$). Lannoituskäsittelyt vaikuttivat selvästi kokonaissatoon ($p<0,001$) (Kuva 3). Suurin kokonaistypymäärä (250 kg/ha) tuotti paremman sadon kuin typymäärän 170 kg/ha saanut tai lannoittamaton käsittely. Sijoituslannoituksesta oli hyöttyä molemmilla typpitasoilla, ja sen tuottama sadonlisä oli 11–12 % hajalevitykseen verrattuna. Broilerinlantakäsittelyn sato jäi heikommaksi kuin saman typymäärän kaupallisessa lannoitteessa saaneen käsittelyn sato. Kuiva alkukasvukausi ei ehkä vapauttanut ravinteita lannasta samoin kuin hieman prosessoidusta lannoitteesta, minkä vuoksi sato jäi heikommaksi. Ilman lannoitusta kokonaissato oli vain alle 3 000 kg/ha, mikä johtunee maan heikosta typpitilasta edellisen kesän avokesannon jälkeen. Kauppakelpoisen sadon osuus oli kaikissa käsittelyissä lähes 100 %.

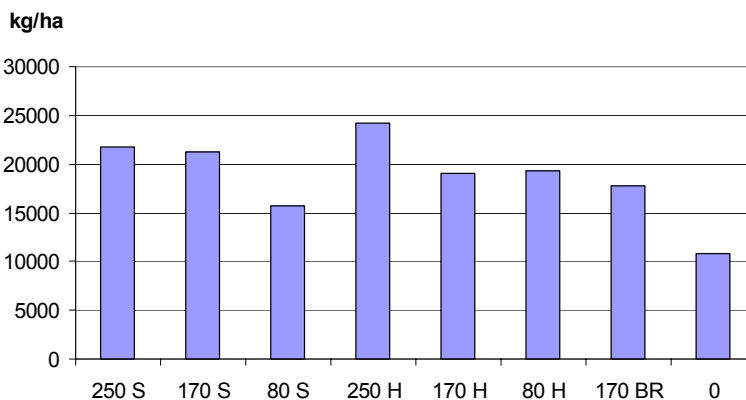
Vuonna 2002 istutusaika ei vaikuttanut satoon ($p=0,433$). Hellesäiden takia toisen istutuksen sato valmistui vain kuusi päivää myöhemmin kuin ensimmäisen istutuksen sato. Lannoituskäsittelyiden vaikutus ei riippunut istutusajasta ($p=0,907$). Käsittelyiden välillä oli selviä eroja sadossa ($p=0,001$). Kaikki lannoituskäsittelyt lukuunottamatta hajalevitettyä typymäärää 80 kg/ha tuottivat paremman sadon kuin ilman lannoitusta viljelty verranne (Kuva 4). Kokonaistypymäärän 250 kg/ha saaneet ruudut tuottivat paremman sadon kuin typpeä vain 80 kg/ha tyypeä ruudut. Typpitasojen 250 ja 170 kg/ha välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, kuten ei myöskään tasojen 170 ja 80 kg/ha välillä. Sijoituslannoitus ei lisännyt satoa hajalevitykseen

verrattuna. Broilerinlanta tuotti yhtä suuren sadon kuin saman kokonaistyp-
pimäärän sisältänyt kaupallinen lannoite. Ilman lannoitustakin saatiin noin 10
tonnin hehtaarisato esikasvin typpitarjonnan ja riittävän kosteuden turvin.

Esikasvin (apilanurmi) maahan jättämä typpi lienee vaikuttanut siihen, että
lannoitustasojen väliset satoerot jäivät selvästi edellisvuotista pienemmiksi.
Näin esikasvin ja viljelykierron maahan jättämä typpi vaikuttaa merkittävästi
kukkakaalin luomuviljelyssä tarvitsemaan lannoitusmäärään. Sääoloilla ja
kastelulla on myös huomattava vaikutus typen vapautumiseen maassa ja lan-
noitustarpeeseen. Kauppakelpoisen sadon osuus oli 89–98 % kokonaissados-
ta, ja se oli pienin alhaisimman sadon tuottaneissa käsittelyissä eli lannoitta-
mattomassa ja sijoitetun typpiannoksen 80 kg/ha saaneessa käsittelyssä.



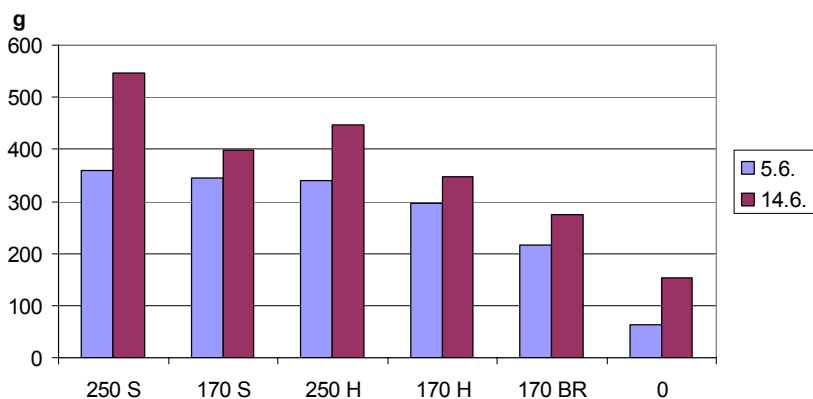
Kuva 3. Luomukukkakaalin kokonaissato (kg/ha) eri lannoituskäsittelyissä
kahden istutusajan keskiarvona vuonna 2001. S = sijoituslannoitus, H = haja-
levitys, BR = broilerinlanta. Luvut 250–0 ovat annetun kokonaistypen määriä
(kg/ha).



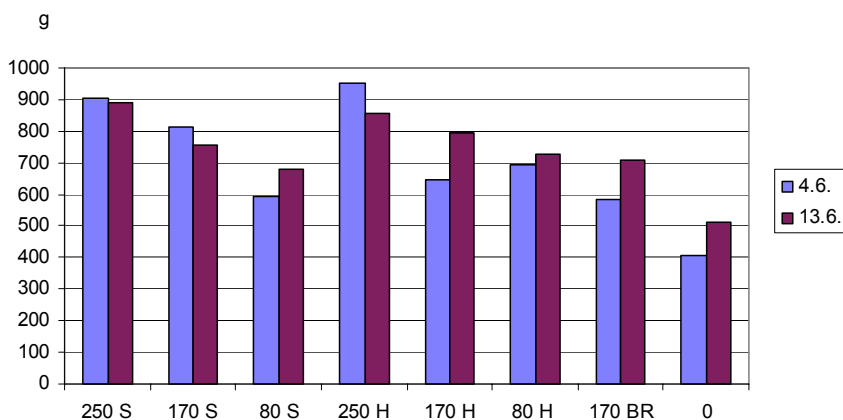
Kuva 4. Luomukukkakaalin kokonaissato (kg/ha) eri lannoituskäsittelyissä
kahden istutusajan keskiarvona vuonna 2002. S = sijoituslannoitus, H = haja-
levitys, BR = broilerinlanta. Luvut 250–0 ovat lannoitteessa annetun koko-
naistypen määriä (kg/ha).

Kukkakaalin kokotavoitteena oli teollisuuteen soveltuva noin yhden kilon painoinen kukinto. Lähelle tavoitetta päästiin vuonna 2002, jolloin kukkakaalin keskipaino oli 800–950 g, mutta vuonna 2001 jäätiin tavoitteesta reilusti jälkeen, kun keskipaino oli vain noin 400 g (Kuvat 5–6).

Luomukukkakaalimaassa oli jonkin verran rikkakasveja, mutta ne eivät haitanneet sadontuottoa ja rikkakasvien torjunta oli onnistunut riittävästi. Sadon laatu oli hyvä, eikä tuholaisvioletuksia ollut lukuun ottamatta vähäisiä etanan (*Deroceras* sp.) syömäjälkiä vuonna 2002. Helteisistä säistä huolimatta Fremont-lajike oli varma viljeltävä, eikä väri- tai laatuviokoja, kuten punaisuutta tai nukkaisuutta, havaittu. Hyvä sadon laatu osoittaa, että käytetyt kasvinsuojelumenetelmät toimivat.



Kuva 5. Kukkakaalin keskipaino (g) eri lannoituskäsittelyissä kahtena istutusajana vuonna 2001. S = sijoituslannoitus, H = hajalevitys, BR = broilerinlanta. Luvut 250–0 ovat lannoitteessa annettujen kokonaistypen määriä (kg/ha).



Kuva 6. Kukkakaalin keskipaino eri lannoituskäsittelyissä kahtena istutusajana vuonna 2002. S = sijoituslannoitus, H = hajalevitys, BR = broilerinlanta. Luvut 250–0 ovat lannoitteessa annettujen kokonaistypen määriä (kg/ha).

Kukkakaalikasvuston sisältämä typpimäärä sadonkorjuuhetkellä on esitetty taulukossa 2. Suurin osa typestä (60–82 % koko kasvuston typpimäärästä) sijaitsee lehdeissä, jotka jäävät peltoon sadonkorjuun jälkeen. Näin kukkakaalin ottamasta typestä valtaosa jää seuraavien viljelykasvien käyttöön. Varren typpisisältö oli pieni, 6–12 % koko kasvuston typpimäärästä. Sadossa poistui 10–33 % kasvuston ottamasta typestä. Heikosti kasvaneissa ruuduissa sadon typpisisältö oli pienin.

Vuonna 2001, jolloin hehtaarisato jäi heikoksi, typen kokonaisotto oli 96–134 kg/ha eniten lannoitetuissa koeruuduissa. Vuonna 2002, jolloin kasvu oli voimakkaampaa ja keskisato kaksinkertainen, typen kokonaisotto oli suurimman typpiannoksen saaneissa ruuduissa 140–177 kg/ha. Typen otto ei siis lisääntynyt samassa suhteessa kuin sato, sillä suurin osa typestä sijaitsee lehdeissä. Lannoituskäsittelyt vaikuttivat kasvinosista eniten lehtien typpipitoisuuteen, joka oli korkein suurimman typpimäärän saaneissa käsittelyissä.

Maanäytteistä seurattiin liukoisen typen määrää maassa kasvukauden kuluessa. Sadonkorjuun aikaan liukoisen typen määrä oli varsin alhainen, vuonna 2001 noin 30 kg/ha 0–25 cm:n syvyydessä ja vuonna 2002 10–30 kg/ha. Kasvien typen otto oli tehokasta, sillä kokonaisotto oli aina suurempi kuin lannoitteesta annettu liukoisen typen määrä. Osa kasvien ottamasta typestä lienee peräisin eloperäisestä aineksesta vapautuneesta typestä ja osa keväällä annetun lannoitteen liukoiseksi muuttuneesta typestä. Syksyisten maanalyyysien perusteella ei kuitenkaan vaikuta siltä, että luomulannoitteen kokonaistypestä kovin suuri osa olisi muuttunut liukoiseen muotoon kesän kuluessa.

Taulukko 2. Typpisisältö kukkakaalikasvuston eri osissa (kg/ha) sadonkorjuun aikaan vuosina 2001–2002. S = sijoituslannoitus, H = hajalevitys. Luvut 250–0 ovat lannoitteesta annetun kokonaistypen määriä (kg/ha).

2001 Käsittely	Typpimäärä (kg/ha) Istutus 5.6.				Typpimäärä (kg/ha) Istutus 14.6.			
	Lehdet	Varret	Sato	Yhteensä	Lehdet	Varret	Sato	Yhteensä
250 S	80	8	25	112	88	9	37	134
170 S	56	7	19	81	64	7	26	97
250 H	68	7	22	96	78	9	32	119
170 H	49	6	17	72	55	7	20	82
0	22	4	4	29	28	4	9	41
2002 Käsittely	Istutus 4.6.				Istutus 13.6.			
	Lehdet	Varret	Sato	Yhteensä	Lehdet	Varret	Sato	Yhteensä
250 S	110	10	33	153	87	9	44	140
170 S	102	8	30	141	90	9	27	127
80 S	70	6	14	90	73	8	41	122
250 H	126	11	40	177	105	12	41	158
170 H	73	8	21	101	85	10	26	121
80 H	93	9	21	123	67	10	28	104
0	59	6	7	72	59	7	13	79

Tulosten perusteella ei voi suoraan antaa suositusta luomukukkakaalin lannoitustarpeesta, sillä maan viljavuus ja esikasvien ja viljelykierron maahan tuottamat typpivarannot vaikuttavat suuresti lannoitustarpeeseen. Mikäli maan tyyppitila on esikasvien jäljiltä huono, suuresta typpilisäyksestä on hyötyä. Jos taas esikasvit ovat tuottaneet maahan runsaasti typpeä, selvittäään alemmilla typpiannoksilla. Kaupalliset luomulannoitteet ovat varteenotettava vaihtoehto runsaasti ravinteita vaativien kaalien viljelyyn, mikäli kompostoitua karjanlantaa ei ole saatavilla. Korkea hinta toki rajoittaa niiden käyttöä.

Luomulannoitteen sijoituslannoituksen eduista ei tässä tutkimuksessa saatu selvää näyttöä, vaikka se lisäsi satoa vuoden 2001 kokeessa, jossa maan tyyppitila oli heikko. Myös Everaarts & de Moel (1995) totesivat, että suurilla lannoitusmäärillä (N 300 kg/ha) sijoituslannoituksesta ei ollut hyötyä kukkakaalille. Myöskään Salon (1999) tutkimuksessa väkilannoitteen sijoittamisesta ei ollut hyötyä keräkaalille, vaan se saattoi jopa heikentää kasvua kasvukauden alussa.

Houkutuskasvikoe

Houkutuskasvikokeen tulokset vuosilta 2000–2001 on julkaistu aiemmin Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua -hankkeen loppuraportissa (Nissinen ym. 2003). Tässä esitetään yhteenveto kaikkien kolmen koevuoden tuloksista.

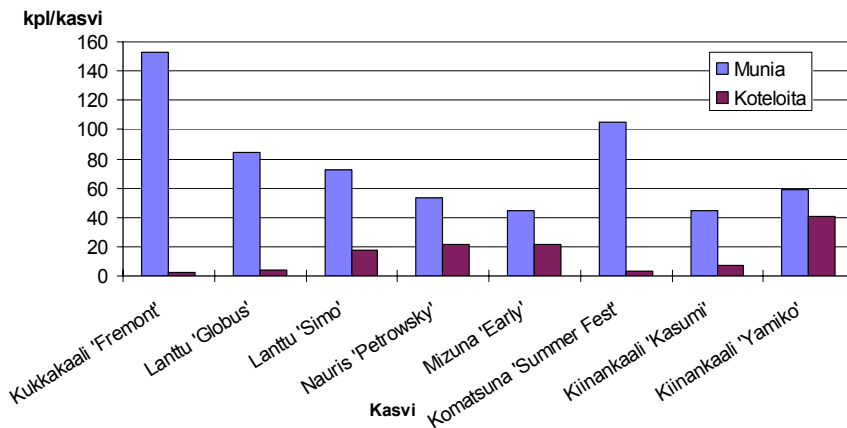
Vuoden 2000 kokeessa kaalikärpäset munivat kaikkein eniten Fremontkukkakaalin juurelle (Kuva 7). Muilla houkutuskasveilla munamäärät olivat pienemmät, mutta toukista kehittyi talvehtivia koteloita eniten kiinankaalin Yamiko-lajikkeella. Kukkakaalilajike 'Fremont' vaikutti siten mielenkiintoiselta houkutuskasviltä, koska se houkutteli kaalikärpäsiä munimaan, mutta jostain syystä kärpästen kehitys ei edennyt koteloasteelle saakka. Yhtenä syynä heikkoon jälkeläistuotantoon on arveltu, että kukkakaalin juuret ovat toukille liian kovat (Nissinen ym. 2003).

Kirpat eivät syöneet kukkakaali 'Fremontin' lehtiin reikiä ollenkaan (arvio 1) ja lanttuihin vain vähän (arvio 2,3–2,6), kun tarjolla oli houkuttelevampia kasveja, kuten naurista, mitsunaa ja komatsunaa. Näiden lehdet olivat aivan syöty jo kahden viikon kuluttua istutuksesta. Kiinankaalien lehdet eivät olleet aivan yhtä reiällisiä (arvio 4,3–4,6). Havaintojen perusteella nauris, mitsuna ja komatsuna ovat ehkä liiankin houkuttelevia kirpoille ja ne tulevat syödyksi tyystin. Kiinankaali näyttäisi olevan hieman kestävämpi kirppojen hyökkäykselle. Kukkakaali selviytyy kirpoista, jos niille on muuta syötävää tarjolla.

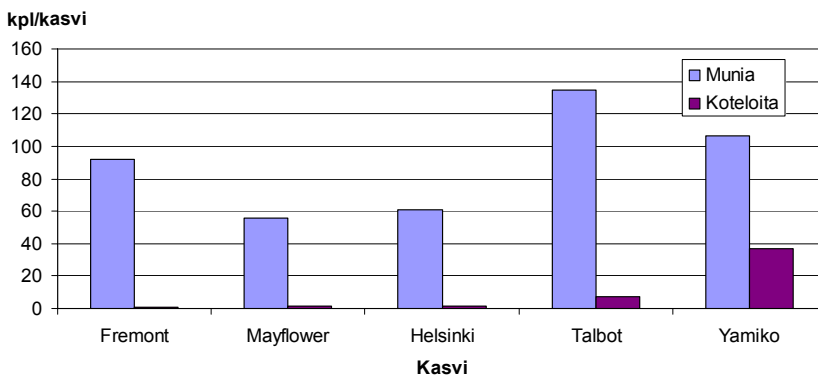
Vuosien 2001 ja 2002 kokeissa keskityttiin vertaamaan eri kukkakaalilajikkeita ja 'Yamiko'-kiinankaalilajiketta (Kuvat 8–9). Erityinen mielenkiinto kohdistui paitsi Fremont-lajikkeeseen, myös Talbot-lajikkeeseen, jonka tie-

dettiin aiemman tutkimuksen perusteella olevan tehokas kaalikärpästen houkuttelija (Freuler ym. 1999). 'Talbot' on pitkän kasvuaajan vaativa kukkakaali, joka ei meillä ehdi muodostaa kukintoa, kun taas 'Fremont' on Suomessa yleisesti viljelty lajike.

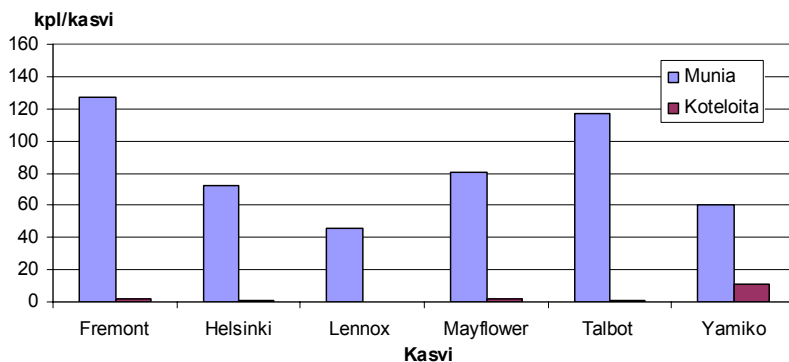
Vuonna 2001 Talbot-lajike houkutteli kaikkein eniten kaalikärpäsiä muniin (Kuva 8) ja vuonna 2002 toiseksi eniten Fremont-lajikkeen jälkeen (Kuva 9). Talbot-lajikkeen houkuttelevuus kesti myös kauemmin kuin Fremont-lajikkella, koska sen kasvuaika on pidempi. Koteloiksi asti munista kehittyi kukkakaalilajikkeilla vain pieni osa. Kiinankaalin Yamiko-lajikkeella muninta oli runsasta erityisesti vuonna 2001, ja sen juuristossa selvästi suurempi osa munista kehittyi koteloiksi syksyyn mennessä kuin kukkakaalilajikkeilla. Vuoden 2002 kokeessa keräkaali 'Lennox' houkutteli kärpäsiä kaikkein heikoimmin.



Kuva 7. Kaalikärpästen munamäärä kasvia kohti koko kasvukauden aikana ja koteloiden määrä syksyllä otetuissa näytteissä eri houkutuskasveilla vuonna 2000.



Kuva 8. Kaalikärpästen munamäärä kasvia kohti koko kasvukauden aikana ja koteloiden määrä syksyllä otetuissa näytteissä eri houkutuskasveilla vuonna 2001. 'Yamiko' on kiinankaalilajike, muut kukkakaalilajikkeita.



Kuva 9. Kaalikärpästen munamäärä kasvia kohti koko kasvukauden aikana ja koteloiden määrä syksyllä otetuissa näytteissä eri houkutuskasveilla vuonna 2002. 'Yamiko' on kiinankaalilajike, 'Lennox' keräkaalilajike ja muut kukka-kaalilajikkeita.

Kukkakaalit ja myös kiinankaalin Yamiko-lajike vaikuttavat siten lupaavilta houkutuskasveilta varsinkin muita kaalilajeja, kuten keräkaalia, viljeltäessä. Kirpoja kiinankaalit houkuttelevat selvästi enemmän kuin kukkakaali- tai keräkaalilajikkeet. Sopiva houkutuskasviyhdistelmä voisikin olla kiinankaali, joka hillitsee kirppojen ja pikkukaalikärpäsen ensimmäisen sukupolven vioituksia viljelykasvilla, ja kukkakaali, joka houkuttelee erityisesti isokaalikärpäsiä ja pikkukaalikärpäsen toista sukupolvea. Lisää menetelmän käytöstä kerrotaan tämän julkaisun toisessa osassa.

Rikkakasvikartoitus tiloilla

Hernetiloilla oli kesäkuun 19. päivänä 2000 rikkakasveja keskimäärin 253 kappaletta neliometrillä. Eri tiloilla määrät vaihtelivat 103 ja 456 kappaaleen välillä neliometrillä. Rikkakasvien määrään vaikutti mm. kylvöaika, sillä hernekasvustot olivat varsin eri kehitysvaiheessa. Kaikilla lohkoilla oli orvokkia, savikkaa ja pihatähtimöä. Samoin herneen teollisuusviljelyssä hankalina pidettyjä valvattia tai ohdaketta ja saunakukkaa tai pihasauniota esiintyi ainakin vähän. Lisäksi muita rikkakasvilajeja oli vaihtelevasti. Porkkanatilan näytteissä rikkakasveja oli rivissä 510 kpl/m² ja rivivälissä 1 277 kpl/m². Runsaus johtuu siitä, että rivivälit olivat vielä liekittämättä. Erityisesti hernelohkojen rikkakasvimäärät olivat kohtuullisia verrattuna luomukevätviljapelloilla tavattuihin rikkakasvimääriin (Salonen ym. 2001). Heinä-elokuussa 165 viljapelloilla tehdyssä kartoituksessa oli keskimäärin 469 rikkakasvia neliometrillä. Hernelohkoilla kartoitus tehtiin tätä varhaisemmassa vaiheessa, mikä voi vaikuttaa alempiin rikkakasvimääriin.

Näytepaikkojen vähäisyyden takia tulokset ovat hyvin suuntaa antavia; yksi rikkakasvinen näytepaikka korotti selvästi keskiarvoa. Tyypillisimmät rikka-

kasvilajit käyvät kuitenkin melko hyvin ilmi näinkin pienellä otoksella. Run-
sain laji oli pihatahtimö ja seuraavina tulivat pihasaunio, kylänurmikka, jau-
hosavikka, peltotaskuruoho, valvatti ja ukontatar.

Liekityskoe hernetilalla vuonna 2000

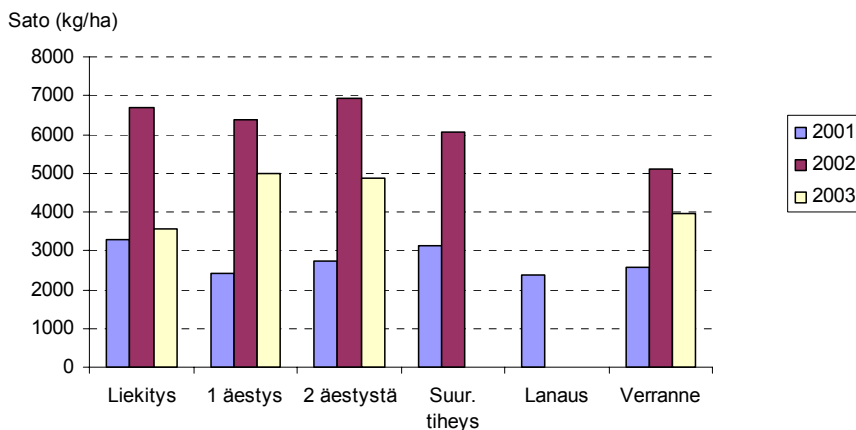
Herneen rikkakasvien torjunnan kehittäminen aloitettiin vuonna 2000 tilako-
keena, jossa selvitettiin alustavasti liekityksen ja siihen yhdistetyn aikaistetun
kylvömuokkauksen mahdollisuuksia. Kylvöaikataulun muuttuessa muokka-
usta ei ehditty tehdä kuin kolme vuorokautta ennen kylvöä, joten rikkakasve-
ja ei ehtinyt taimettua liekitykseen mennessä kovin paljon, vain 5–10 % koko
kesän aikaisista rikkakasveista. Koska rikkakasveja ei ollut vielä taimettunut
paljon herneen taimien alkaessa tulla pintaan, liekitys päätettiin tehdä vasta,
kun osa herneistä olisi jo taimettunut. Näin saatiin käsitystä myös herneen
liekitysarkuudesta. Liekitys vioitti hernettä jonkin verran, mutta vioitus ei
kuitenkaan alentanut satoa.

Liekitys vähensi rikkakasvien yhteispainoa 20–55 %. Paras torjuntatulostus
saatiin kylvöpäivänä muokatusta, liekitetystä kasvustosta. Aikaistettu kylvö-
muokkaus ei siis tässä kokeessa tuottanut haluttua tulosta, koska aikaa kyl-
vöön jäi vain kolme päivää. Toisaalta tässä käsittelyssä taimettui runsaasti
savijäkkärää, mahdollisesti herneen heikon peittävyuden takia. Suurin
(6 350 kg/ha) sato saatiin kylvöpäivänä muokatusta, liekitetystä käsittelystä.
Aikaistettu muokkaus ja liekitys (5 360 kg/ha) ja käsittelemätön verranne
(5 060 kg/ha) tuottivat likimain yhtä suuret sadot. Kokemukset liekityksestä
herneen rikkakasvien torjunnassa olivat siten lupaavia. Aikaistetun kylvö-
muokkauksen mahdollisuuksia ei päästy kunnolla toteamaan, koska muokka-
usten oikea ajoitus ei ollut mahdollista teollisuuden antamien kylvösuunni-
telmien muuttuessa.

Rikkakasvien torjuntamenetelmien vertailu

Vuonna 2001 alkukesästä saatiin luonnonsadetta niukasti, ja herneisiin kehiti-
tyi vain kaksi palkoa kasvia kohti. Sato oli keskimäärin heikko. Vuoden 2002
alkukesä oli kostea ja sato oli hyvä (Kuva 10). Vuonna 2003 kosteusolot oli-
vat normaalit ja sato oli hyvä.

Kahtena ensimmäisenä koevuonna parhaan sadon antoi aikaistettu kylvö-
muokkaus ja liekitys. Vuonna 2001 käsittelyt vaikuttivat satoon tilastollisesti
merkittävästi ($p=0,002$), mutta mikään käsittely ei eronnut verranteesta (Tal-
vitie 2003). Heikoimman sadon tuottivat lanaus ja kerran tehty rikkaäestys,
joiden sato oli merkittävästi huonompi kuin parhaiden torjuntakäsittelyiden,
liekityksen ja suurennettun kylvötiheyden, tuottamat sadot.



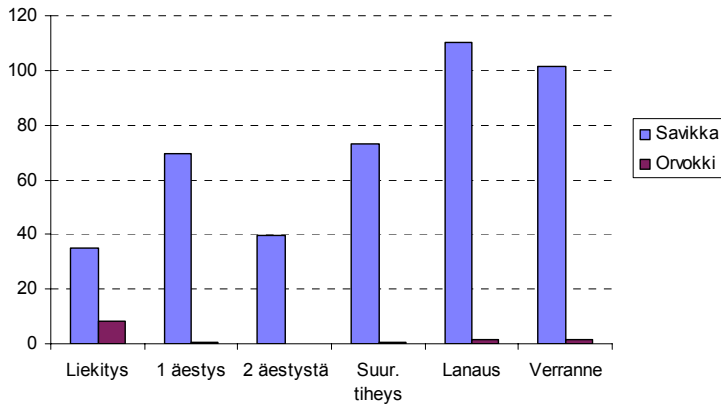
Kuva 10. Tarraherneen sato eri torjuntakäsittelyissä vuosien 2001–2003 rikkakasvien torjuntakokeissa Kokemäellä ja Ulvilassa. Vuosina 2001–2002 lajikkeena oli lehdellinen 'Avola' ja vuonna 2003 lehdetön 'Skylark'.

Vuonna 2002 ei käsittelyiden välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja sadossa ($p=0,524$). Rikkakasvien määrä oli kohtalainen, joten ilman torjuntaakin saatiin hyvä sato. Kolmantena vuonna rikkaäestykset tuottivat paremman sadon kuin liekitys tai ilman torjuntaa viljelty käsittely ($p=0,006$). Tällöin liekitys voitti jo selvästi taimettunutta hernettä. Myös vuonna 2001 lievää voiotusta havaittiin, mutta se ei alentanut satoa. Vuonna 2002 herne ei ollut liekitettäessä vielä kokonaan taimettunut, vaan tulossa pintaan, minkä vuoksi liekityksestä ei aiheutunut vaurioita.

Torjuntakokeissa jauhosavikka oli painoltaan runsain rikkakasvi kaikkina vuosina (Kuvat 11–13). Vuoden 2003 kokeessa tavattiin myös lemmikkiä runsaasti. Rikkaäestys ja liekitys vähensivät rikkakasvien määriä huomattavasti. Vuonna 2001 jauhosavikkaa oli selvästi vähemmän kahdesti äestetyissä ja liekitetyissä ruuduissa kuin verranteessa ja lanatuissa ruuduissa. Vuonna 2002 äestykset ja liekitykset vähensivät savikan määrää ja siemenrikkakasvien kokonaismäärää huomattavasti verranteeseen ja suurennettuun kylvätiheyteen verrattuna. Vuonna 2003 rikkakasvien kokonaispaino oli kaikissa torjuntakäsittelyissä selvästi pienempi kuin ilman torjuntaa viljellyissä ruuduissa.

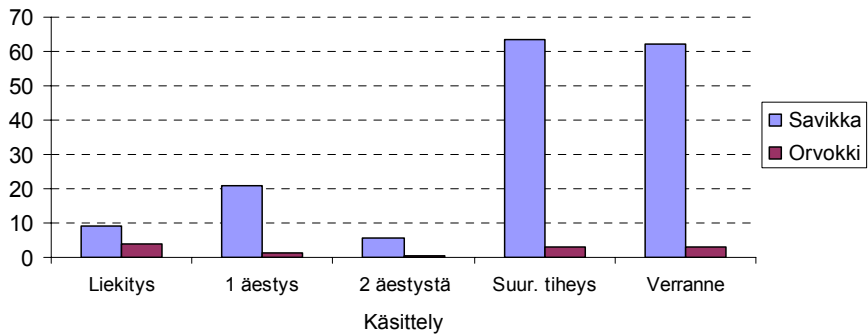
Liekitys tehoi orvokkiin ja lemmikkiin heikommin kuin rikkaäestys, ja jäljelle jääneet yksilöt kasvoivat suuremmiksi. Orvokki luetaan liekitykselle keskiaraksi kasviksi, kun taas jauhosavikka on liekitykselle arka (Ascard 1988, Ascard 1995, Vanhala & Rahkonen 1996).

g kuiva-ainetta/m²



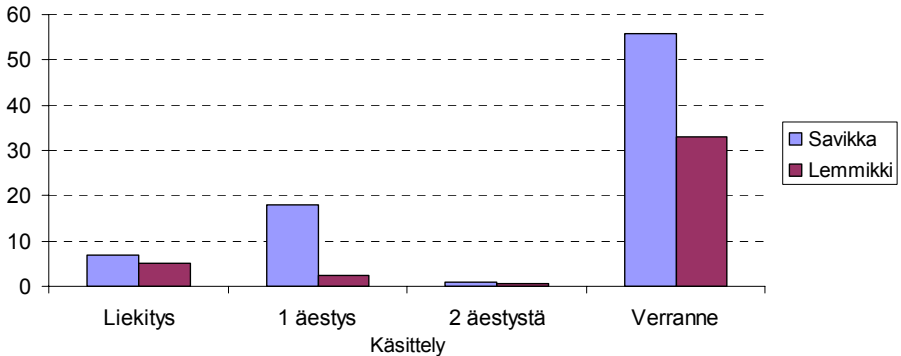
Kuva 11. Runsaslukuisimpien rikkakasvien kuivapainot neliometriä kohti eri torjuntakäsittelyissä vuonna 2001.

g kuiva-ainetta/m²



Kuva 12. Runsaslukuisimpien rikkakasvien kuivapainot neliometriä kohti eri torjuntakäsittelyissä vuonna 2002.

g kuiva-ainetta/m²



Kuva 13. Runsaslukuisimpien rikkakasvien kuivapainot neliometriä kohti eri torjuntakäsittelyissä tilakoikeessa vuonna 2003.

Tulosten perusteella tarhaherneelle on olemassa useita toimivia rikkakasvien torjuntamenetelmiä. Aikaistettu kylvömuokkaus ja liekitys herneen taimettuessa antoi hyvän sadon kuivana keväänä, jolloin jauhosavikkaa taimettui runsaasti. Jos kasvustossa olisi runsaasti saunakukkaa, ei liekitystä voisi suositella, sillä saunakukka kestää liekitystä hyvin (Ascard 1988, Ascard 1995, Vanhala & Rahkonen 1996). Liekitys tulee tehdä heti herneen taimettuessa, jottei herne vaurioituisi. Liian myöhään tehty liekitys voi vaurioittaa herneen tainta hallavioituksen tavoin, kun taas rikkaäes vetää liian suuriksi kasvaneet herneet irti maasta.

Aikaistetulla muokkauksella voidaan lisätä rikkakasvien taimettumista ennen torjuntaa. Lännen Tehtaiden porrastettu viljelyohjelma sadon laadun takaamiseksi vaikuttaa aikaistetun muokkauksen käyttömahdollisuuksiin. Etelä-Satakunnassa ei pellon kuivumisen ja kylvön väliin jää useinkaan riittävästi aikaa aikaistetulle muokkaukselle ja rikkakasvien taimettumiselle ennen kylvömuokkausta. Keski-Satakunnassa muokkaus voidaan tehdä viikosta kymmeneen päivään ennen kylvöä, jolloin rikkakasvit ehtivät taimettua kylvömuokkaukseen mennessä ja osa rikkakasveista tuhoutuu varsinaisen kylvön yhteydessä. Tällöin myös mahdollinen rikkakasvien torjunta liekittämällä on tehokkaampaa.

Kun kosteusolot olivat suotuisat eli lämpöä ja kosteutta oli riittävästi, suurimmat sadot saatiin kerran tai kaksi kertaa rikkaäestetyistä hernekasvustoista. Tällöin herneen kilpailukyky oli hyvä, kun rikkakasvien torjunta onnistui eikä kasvustoissa ollut juurikaan rikkakasveja. Ulkomaisten kokemusten mukaan rikkaäestys vioittaa usein herneen taimia (Rasmussen & Vester 1990, Lundkvist & Fogelfors 1999), mutta tämän koesarjan perusteella vauriot hernekasvustolle jäivät oletettua vähäisemmiksi. Oikea ajoitus on oleellista myös rikkaäestyksen onnistumiseksi, jotta kasvusto ei vaurioidu ja rikkakasvien taimet ovat vielä riittävän pieniä. Herneen taimi on kestävimmillään juuri taimien pintaan tullessa tai korkeintaan kolmiletasteella, jolloin kärhet eivät vielä ole kasvaneet voimakkaasti yhteen. Rikkaäestys tehoaa parhaiten kuivalla säällä. Märkyys voi estää äestyksen kokonaan. Rikkakasvien määrä ja maan kosteus vaikuttavat siihen, onko tarpeen ja mahdollista äestää kerran vai kahdesti.

Suurennettu kylvötiheys auttaa sekin rikkakasvien hallinnassa. Lännen Tehtaiden luomusopimusviljelmillä suositellaan käytettäväksi 20 % suurempia kylvömääriä kuin IP-viljelyssä, mutta vieläkin suurempi kylvötiheys voisi olla perusteltu. Herneen siemenkustannus on varsin suuri, joten suurennetun siemenmäärän kustannukset on punnittava suhteessa muihin käytettävissä oleviin menetelmiin. Lisäksi on havaittu, että vaikka suurennettu kylvötiheys vähentäisi tehokkaasti rikkakasveja, se ei välttämättä lisää hernesatoa yhtä selvästi hernekasvien keskinäisen kilpailun vuoksi (Grevsen 2003).

Torjuntamenetelmien työnkäyttö ja kustannukset vaihtelevat huomattavasti. Liekitys on menetelmistä kallein ja työläin. Kokoalaliekityksen työmenekiksi 1,6 metrin levyisellä liekittimellä on mitattu 230 minuuttia hehtaaria kohti, kun rikkaäestyksen työmenekki on 6 metrin työleveydellä vain 22 minuuttia hehtaarilla (Suojala & Teräväinen 2000). Lisäksi liekityksessä muuttuvia kuluja aiheuttaa tarvittava kaasu. Liekittimet ovat myös hankintahinnaltaan kalliimpia kuin rikkaäkeet. Näin liekityksen käyttö herneen viljelyssä lienee perusteltua vain, jos liekitin on jo olemassa muita kasveja varten ja sitä käytetään suurilla pinta-aloilla.

Saunioiden kehitysrytmi vuonna 2001

Kylvöajat eivät vaikuttaneet merkitsevästi taimettuneiden saunioiden kokonaismäärään (Talvitie 2003). Näytealojen välillä oli suuria eroja taimettumismäärissä: hietaisimissa ruuduissa taimettuneita oli eniten, savisimissa näyteruuduissa vähiten. Saunakukkia taimettui pitkin kesää, mutta taimettumisessa havaittiin kolme selvää huippua, jotka ajoittuivat sateiden tai sadetuksen jälkeen. Lämpösummat eivät selittäneet taimettumistulosta tässä kuivana kesänä tehdyssä kokeessa, vaan selvin vaikutus oli sademäärillä ennen taimien laskentapäivää. Myös Håkansson (1983) totesi, että saunakukkaa taimettu pitkin kasvukautta, jos olosuhteet ovat suotuisat. Näin ollen kylvöaikaa siirtämällä ei voi välttyä saunakukilta, jos maa pysyy kosteana. Jos pintamaa kuitenkin pysyy kylvön jälkeen kuivana, viivästyy saunakukkien taimettuminen ja niiden aiheuttama haitta jää vähäisemmäksi.

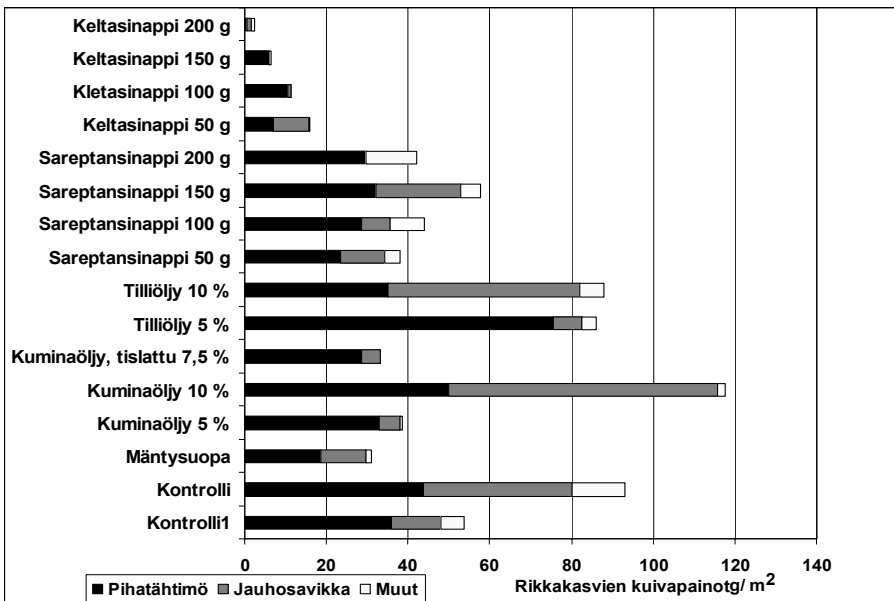
Saunakukkien kehittyminen kaksilehtiasteelta nuppuasteelle kesti 33–36 vuorokautta ja itämisestä nuppuasteelle 44–50 vuorokautta ensimmäisen ja toisen kylvöajan kasvustoissa. Kolmannen kylvöajan kasvustossa yksikään seuraavista kasveista ei ehtinyt muodostaa nuppuja. Esimerkiksi hernelajike 'Avolan' kasvu-aika on noin 63 vuorokautta, joten saunakukkia on torjuttava vielä 25 vuorokautta kylvöstä, jotta ne eivät ehdi haitalliselle nuppuasteelle herneen puintiin mennessä. Pidemmän kasvuajan hernelajiketta viljeltäessä torjuntaa on jatkettava pidempään, jotta nuput eivät joudu sadon joukkoon. Kokeen tulokset on esitetty tarkemmin Anna Talvitien gradu-työssä (Talvitie 2003).

Rikkakasvien torjunta kasviperäisillä yhdisteillä

Tilakokeessa vuonna 2002 kasviperäiset öljyt tai sinappipuristeet torjuivat rikkakasveja heikosti. Ainoastaan keltasinapin suurimmat annokset haittasivat pellon yleisimpien rikkakasvien, jauhosavikan ja pihatähtimön, taimettumista ja kasvua (Kuva 14). Herne osoittautui erittäin alttiiksi tislatululle kuminaöljylle ja keltasinappipuristeelle. Öljy aiheutti lehtiin polttovioituksia, ja keltasinappipuriste kellastutti lehdet vähitellen oireiden edetessä alhaalta

ylöspäin. Vioitukset hidastivat herneen kasvua, mikä näkyi myös tislatulla kuminaöljyllä ja keltasinapilla käsiteltyjen ruutujen heikkona satona (Taulukko 3).

Heikoin sato saatiin ruuduilta, joihin oli levitetty suurin keltasinappiannos, ja paras käsittelemättömistä ruuduista. Kuivan kevään takia suuri osa rikkakasveista taimettui vasta öljyruiskutuksen jälkeen, mikä vaikutti osaltaan heikkoon tulokseen. Sinapeista vapautuvien aineiden tiedetään menettävän tehoaan kuivuuden vuoksi (Matthiessen & Kirkegaard 2002). Kokeet osoittivat, että tislatussa kuminaöljyssä ja keltasinappipuristeessa on voimakkaasti kasvua haittaavia yhdisteitä. Levitysjankkohta näyttää kokeen mukaan olevan ratkaiseva sekä viljelykasvin vioittumisen että rikkakasvitehon kannalta. Kasviöljyjen vaikutusta tulisi testata tilanteessa, jossa rikkakasveja on ehtinyt taimettua runsaasti, mutta viljelykasvi ei vielä ole pinnalla. Myös sinappipuriste olisi varminta sekoittaa pintamaahan ennen herneen taimettumista ja herne kylvää hieman normaalia syvempään.



Kuva 14. Kasviöljyjen ja sinappipuristeiden vaikutus herneen rikkakasveihin. Kontrolli 1 on harattu. Kontrolli on ruiskutettu vedellä.

Taulukko 3. Kasviöljyjen ja sinappipuristeiden vaikutus herneen satoon.

Käsittely	Hernesato g m ⁻²
Kontrolli, vesi	100
Kontrolli, haraus	92
Mäntysuopa 2,5 %	101
Kuminaöljy, puristettu, 5 %	93
Kuminaöljy, puristettu 10 %	97
Kuminaöljy, tislattu 7,5 %	82
Tilliöljy, puristettu 5 %	99
Tilliöljy, puristettu 10 %	100
Sareptansinappi 50 g m ⁻²	79
Sareptansinappi 100g m ⁻²	80
Sareptansinappi 150 g m ⁻²	71
Sareptansinappi 200 g m ⁻²	67
Keltasinappi 50 g m ⁻²	78
Keltasinappi 100 g m ⁻²	71
Keltasinappi 150 g m ⁻²	67
Keltasinappi 200 g m ⁻²	49

Vuoden 2002 kokeessa keltasinapin maahan jyrstetty vihermassa heikensi sekä herneen ja pinaatin taimettumista ja kasvua että rikkakasvien taimettumista (Maja 2003). Herne taimettui hieman paremmin kuin pinaatti. Sinapin vihermassan taimettumista estävä vaikutus heikkeni, mitä kauemmin oli kulunut sen maahan murskaamisesta. Sinappi aiheutti kukkakaalille kasvun heikkenemistä ja punaista väritystä. Selkeää tulosta kukkakaalin osalta ei kuitenkaan saatu, koska rusakot söivät osan koekasveista.

Herneen sato oli heikompi sinappikäsittelyissä kuin verranteessa, mutta pinaatti näytti hyötyvän sinapista. Sen tuoresato oli 5 % suurempi kuin verranteessa. Sinappi vähensi kaksisirkkaisten rikkakasvien taimettumista 18 %, mutta yksisirkkaisten rikkakasvien taimettumiseen sinappi ei vaikuttanut. Keltasinapin maahan jyrstetty vihermassa ehkäisi rikkakasvien kasvua 15 %. Vaikka sinappi ei vaikuttanut yksisirkkaisten taimettumiseen, se heikensi niiden kasvua selvästi. Tämän kokeen tulokset ovat suuntaa antavia, ja lisätutkimuksia sinapin vihermassan soveltamisessa rikkakasvien torjunnassa tarvitaan, ennen kuin menetelmää voidaan suositella käytäntöön.

Yhteenveto

Luomukukkakaalia voidaan tuottaa isoilla pinta-aloilla laadultaan ja määrältään tavanomaista teollisuustuotantoa vastaava sato, kun ravinnetalous on kunnossa ja kasvinsuojelumenetelmiä käytetään tarpeen mukaan monipuoli-

sesti. Lannoituskokeissa paras sato saatiin vaihtelevilla kokonaistyyppimäärillä: jos maan tyyppitila oli huono, paras sato saatiin kokonaistyyppimäärällä 250 kg/ha. Jos taas maassa oli edellisvuoden viljelykasvista vapautuvaa typpeä, kokonaistyyppimäärä 80–170 kg/ha kaupallisena luomulannoitteena riitti turvaamaan hyvän sadon. Näin maan viljavuuden sekä esikasvien ja viljelykierron maahan tuoman typen vaikutus on luomuviljelyssä hyvin merkittävä. Luomulannoitteen sijoittamisesta oli hyötyä lannoitteen hajalevitykseen verrattuna toisena koevuonna, jolloin maan tyyppitila oli heikko.

Laadukkaan kukkakaalisadon tuottaminen edellyttää luomuun hyväksytyjen kasvinsuojelumenetelmien monipuolista hyödyntämistä. Houkutuskasvit vaikuttavat lupaavalta menetelmältä kaalikärpästen ja kirppojen hallintaan kaalikasveilla. Sopiva houkutuskasviyhdistelmä keräkaalin viljelyssä on kiinanakaali, joka hillitsee kirppojen ja pikkukaalikärpäsen ensimmäisen sukupolven vioituksia viljelykasvilla, ja kukkakaali, joka houkuttelee erityisesti isokaalikärpäsiä ja pikkukaalikärpäsen toista sukupolvea. Tämä houkutuskasviyhdistelmä saattaisi toimia myös kukkakaalille, jos viljelylajikkeeksi valitaan vähemmän kaalikärpäsiä houkutteleva lajike kuin 'Fremont', mutta kukkakaalilta ei ole käytännön mittakaavassa tehtyjä koetuloksia. Toisaalta yli neljän viikon ikäiset kukkakaalin juuret puutuvat nopeasti (Bligaard 1999) ja näyttävät kestävän kaalikärpästen vioitusta melko hyvin, koska kaalikärpästen kotelomäärät jäivät alhaisiksi houkutuskasvikokeen kukkakaaleilla kaikkina koevuosina.

Luomutarhaherneestä voidaan saada hyvä, tavanomaisesti viljeltyä hernettä vastaava sato teollisuutta varten. Herneelle on olemassa erilaisia mahdollisuuksia rikkakasvien torjuntaan. Sekä rikkakasviäestys että aikaistettuun kylvömuokkaukseen yhdistetty liekitys soveltuvat tarhaherneen rikkakasvien torjuntaan. Molemmilla menetelmillä on mahdollista vähentää selvästi rikkakasveja ja parantaa siten herneen edellytyksiä tuottaa runsas ja hyvälaatuinen sato. Rikkakasvien torjuntakäsittely on kuitenkin toteutettava huolella ja toimenpiteet ajoitettava siten, että herne ei tarpeettomasti vaurioidu. Rikkakasvilajisto vaikuttaa myös valittavaan menetelmään, sillä liekitys ei tehoa yhtä hyvin kaikkiin rikkakasveihin. Rikkaäestys lienee useimmissa tapauksissa liekitystä taloudellisempi vaihtoehto.

Rikkakasvien torjuntaa ei kuitenkaan kannata jättää pelkästään kasvukauden aikaisen suoran torjunnan varaan. Rikkakasvien lisääntymispotentiaalia tulee vähentää voimakkaasti ennen pakasteherneen viljelyä, jotta yksivuotisten rikkakasvien siemenpankki muokkauskerroksessa vähenisi ja kestorikkakasvien juurakoiden elinvoima heikkenisi. Rikkakasvien lisääntymistä voi vähentää viljelemällä viljelykierron aikana ominaisuuksiltaan vaihtelevia kasveja ja estämällä rikkakasvien siementämisen oikein ajoitetulla torjunnalla. Viljelykasvin kilpailukyvystä huolehtiminen esimerkiksi oikein ajoitetulla maan muokkauksella, huolellisella kylvöllä ja maan rakenteesta huolehtimisella on tärkeää koko viljelykierron ajan. Lajikevalinnassa kannattaa suosia

lajikkeita, joilla on nopea alkukehitys. Vaikeissa ongelmarikkakasvitilanteissa voi rikkakasveja vähentää myös avokesannolla, jonka aikana rikkakasveja torjutaan usein toistuvilla muokkauksilla. Käsien kitkennän tarvetta voidaan huomattavasti vähentää ennakoivalla torjunnalla ja fysikaalisilla torjuntamenetelmillä. Lisätty kylvötiheys ei välttämättä ole kannattava menetelmä, koska siemenkustannus nousee merkittävästi.

Uudet kasvipärisiin yhdisteisiin perustuvat torjuntamenetelmät, kuten sinappipuristeet, kasvipäriset öljyt ja sinapin vihermassan käyttö, vaativat vielä lisätutkimusta, ennen kuin niitä voi soveltaa käytäntöön.

Kirjallisuus

- Aikasalo, R. 1987. Uusien hernetyyppien viljelytekniikka. Puolilehdettömillekin sopii perinteisten lajikkeiden kylvötiheys. Koetointa ja käytäntö 44(24.3.1987): 12–13.
- Ascard, J. 1988. Termisk ogräsbekämpning. Flamning för ogräsbekämpning och blastdödning. Uppsala: Sveriges Landbruksuniversitet, Institut lantbruksteknik. Rapport 130. 146 s.
- Ascard, J. 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. Weed Research 35: 397–411.
- Bligaard, J. 1999. Damage thresholds for cabbage root fly [*Delia radicum* (L.)] in cauliflower assessed from pot experiments. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science 49: 57–64.
- Brown, P. D. & Morra, M. J. 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. Advances in Agronomy 61: 167–231.
- Everaarts, A. P. & de Moel, C.P. 1995. Netherlands Journal of Agricultural Science 43: 409–418.
- Freuler, J., Fischer, S., Gagnebin, F. Perko, J., Granges, A. & Mittaz, Ch. 1999. Résistance relative de quelques varieties d chou-fleur à la mouche du chou, *Delia radicum* L. Revue Suisse de Viticulture arboriculture Horticulture 32(2): 109–113.
- Grevsen K. 2000. Competitive ability of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars against weeds. Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. Basel. 179 s.
- Grevsen, K. 2003. Weed competitive ability of green peas (*Pisum sativum* L.) affected by seeding rate and genotype characteristics. Biological Agriculture and Horticulture 21: 247–261.

- Hannukkala A., Keskitalo, M., Laamanen, J. & Rastas, M. 2002. Control of potato late blight with Caraway and Dill extracts. In: Schepers, H.T.A.M. & Westerdijk, C.E. (eds.). Proceedings of the sixth workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Edinburgh, Scotland, 26-30 September 2001. PPO-special report 8. Lelystad: Applied Plant Research, AGV Research Unit Netherland. s. 279-280.
- Håkansson, S. 1983. Seasonal variation in the emergence of annual weeds – an introductory investigation in Sweden. *Weed Research* 23: 313–324.
- Jaakkola S. 2003. Kaalikasvien glukosinolaatit rikkakasvien torjunnassa. Teoksessa: Tiilikkala, K. (toim.). Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua. Maa- ja elintarviketalous 10. Jokioinen: MTT. s. 51–72. Verkojulkaisun 2. versio päivitetty 13.8.2003. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met10a.pdf>.
- Kemira GrowHow. Avomaan vihannesten lannoitus ja kasvinsuojelu. Helsinki: Kemira GrowHow. 31 s.
- Keskitalo, M., Linnala, M. & Pihlava, J.-M. 2000. Production of plant biomolecules for food in nordic growth conditions. Teoksessa: European Conference on Nutritional Enhancement of Plant Foods: Neodiet, Norwich Research Park, September 2000. 1 s.
- Lundkvist, A. & Fogelfors, H. 1999. Ogräsreglering på åkermark. Uppsala: Sveriges Landbruksuniversitet. 266 s.
- Maja, J. 2003. Keltasinapin (*Sinapis alba* L.) käyttö rikkakasvien torjunnassa. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Maaseutualan yksikkö, Ilmajoki, Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto. 50 s.
- Matthiessen, J. & Kirkegaard, J. 2002. Biofumigation with brassicas. *Fruit & Vegetable Technology* 2: 28–31.
- Melander, B. 1994. Modelling the effects of *Elymus repens* (L.) Gould competition on yields of cereals, peas and oilseed rape. *Weed Research* 34: 99–108.
- Rasmussen, J. & Vester, J. 1990. Ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse. Teoksessa: Ukrudtsbekæmpelse i landbruget. Flakkebjerg, Slagelse : Statens Planteavlfsforsog, Plantevaernscentret. s. 5–68.
- Reust, W. 2000. Carvone, a new natural sprouting inhibitor for potato storage. *Revue Suisse d'Agriculture* 32: 150–152.
- Salo, T. 1999. Effects of band placement and nitrogen rate on dry matter accumulation, yield and nitrogen uptake of cabbage, carrot and onion. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 157–232.

- Salonen, J., Hyvönen, T. & Jalli, H. 2001. Weed flora in organically grown spring cereals in Finland. *Agricultural and food science in Finland* 10: 231–242.
- Suojala, T. & Teräväinen, H. (toim.) 2000. Luomuvihannesten kasvinsuojelu. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja no 961, Tieto tuottamaan 91. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. 95 s.
- Talvitie, A. 2003. Fysikaaliset rikkakasvintorjuntamenetelmät ja saunakukan (*Tripleurospermum inodorum*) kehitysrytmi pakastehernekasvustossa (*Pisum sativum* var. *sativum*). Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. Soveltavan biologian laitos. Kasvinviljelytiede. 76 s.
- Vanhala, P. & Rahkonen, J. 1996. Response of weed populations to flaming. Teoksessa: Proceedings of Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark, 25–28 June 1996. Volume III. Slagelse, Denmark: International Weed Science Society, European Weed Research Society. s. 1115–1120.
- Viglierchio, D. R. & Wu, F. F. 1989. Selected biological inhibitors for *Heterodera schachtii* control. *Nematologica* 19: 75–79.
- Zimdahl, R.L. 1999. Fundamentals of Weed Science. 2nd ed. San Diego: Academic press. 566 s.

Kaalin ja porkkanan tuholaisten hallinta houkutus-karkotustekniikan avulla

Anne Nissinen^{1),2)}, Marja Kallela³⁾, Hannu Ojanen²⁾, Mohamed Ibrahim¹⁾, Jan Hulshof²⁾, Abbas Aflatuni⁴⁾, Kari Tiilikkala⁵⁾ ja Jarmo Holopainen¹⁾

¹⁾ Kuopion yliopisto, Ekologisen ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio, anne.nissinen@uku.fi, jarmo.holopainen@uku.fi

²⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, anne.nissinen@mtt.fi, hannu.ojanen@mtt.fi, jan.hulshof@biotus.fi

³⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, marja.kallela@mtt.fi

⁴⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Alueellinen yksikkö, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, abbas.aflatuni@mtt.fi

⁵⁾ MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Yleisjohto, 31600 Jokioinen, kari.tiilikkala@mtt.fi

Tiivistelmä

Tässä hankkeessa kokeiltiin houkutus-karkotustekniikan toimivuutta kaalikärpästen ja porkkanakemppien hallinnassa sekä tutkittiin porkkanakemppien isäntäkasvin valintaan vaikuttavia tekijöitä. Päivän pituus vaikutti porkkanakemppien isäntäkasvin valintakäyttäytymiseen. Syksyllä keinotekoinen kuusen haju (kolmen monoterpeenin seos) houkutteli kemppettä.

Porkkanakemppien hallinta houkutuskaistojen avulla vaatii vielä lisätutkimusta, koska muita lajikkeita selvästi houkuttelevamman porkkanalajikkeeseen löytäminen on hankalaa eikä limoneenin ja limoneeni-karvoniseoksen karkottavuudesta saatu selvää näyttöä. Houkutuskaistan oikea sijoittelu on myös ongelmallista intensiivisellä porkkananviljelyalueella, koska kemppipaineen suuntaa on vaikea ennakoida keväällä.

Sen sijaan kaalikärpästen hallinnassa houkutuskasvikaistat osoittautuivat lupaavaksi menetelmäksi. Keräkaalipelto ympäröitiin houkutuskaistalla, jossa kiinankaali houkutteli pikkukaalikärpäsiä ja kukkakaali isokaalikärpäsiä. Pikkukaalikärpästen muninta keskittyi kiinankaalikaistalle kaikkina vuosina. Vuonna 2001 houkutuskaistalla käytetty kukkakaalilajike 'Fremont' ei ehtinyt houkuttelevimpaan vaiheeseensa isokaalikärpäsen muninnan alkaessa. Seuraavana vuonna kaistalle vaihdettiin 'Talbot'-kukkakaalilajike, jonka houkuttelevuus osui hyvin yhteen isokaalikärpäsen munintahuipun kanssa. Vuosina 2002–2003 kukkakaalikaista keräsi munintahuipun aikana noin 4–6-kertaisen määrän munia keräkaaliin verrattuna. Kaalikärpästen lisääntyminen estettiin muokkaamalla houkutuskasvit maahan munintahuippujen jälkeen.

Avainsanat: porkkana, keräkaali, kukkakaali, tuhoeläimet, kasvinsuojelu, houkutuskasvit, karkotteet, luonnonmukainen viljely

Johdanto

Muun luomutuotannon kasvaessa luomuvihannesten viljelyalat ovat vähentyneet 33 % vuodesta 1999 vuoteen 2002. Luomuvihannestuotannon yhdeksi merkittävimmäksi ongelmaksi on todettu kasvinsuojelu. Viime vuosina monissa maissa kasvinsuojeluongelmiin on etsitty ratkaisuja kemiallisesta ekologiasta. Kemiallisen ekologian tutkimuksissa etsitään kasvien ja hyönteisten signaaliaineista (semiokemikaalit) vaihtoehtoja torjunta-aineille. Kemialliseen ekologiaan perustuva houkutus-karkotustekniikka vaatii sekä hyönteisten välisten että hyönteisten ja kasvien välisten vuorovaikutusten tarkkaa tuntemista. Mikään houkutus-karkotustekniikan yksittäinen tekijä ei ole kovin voimakas torjuntakeino yksinään, joten tekniikka vaatii yleensä eri menetelmien yhdistämistä: viljelykasvin suojaamista karkotteella tai syöntiä vähentävällä aineella ja samaan aikaan houkuttelevien semiokemikaalien, kuten sukupuoliferomonien tai kasvien houkuttelevien aineiden, käyttöä houkutuskaistalla. Houkutus-karkotustekniikan etu on se, että sille ei kehity helposti resistenssiä toisin kuin torjunta-aineille. (Pickett ym. 1997).

Tässä tutkimuksessa testattiin, voidaanko houkutuskasveja hyödyntää kaalikärpästen hallinnassa ja tutkittiin, mitkä isäntäkasvien haihtuvat yhdisteet houkuttelevat porkkanakemppejä ja mitkä karkottavat.

Porkkanakemppi

Porkkanakemppi talvehtii havupuista ainakin kuusella (Valterová ym. 1997). Aikuiset talvehtineet porkkanakempinaaraat aiheuttavat tuhon imemällä nesteitä porkkanan taimista. Samalla ne erittävät sylkeä, joka aiheuttaa lehtien käpertymisen ja juurten kasvun hidastumisen. Vioitus tulee näkyviin keskimäärin kahdessa päivässä imennän alkamisesta (Markkula ym. 1976). Porkkanan taimet ovat altteimpia vioitukselle sirkkalehtivaiheesta nelilehtivaiheeseen. Tuho porkkanamaalla voi olla 100 % (Nehlin ym. 1994), jos torjuntatoimia ei tehdä ja kemppipaine on suuri. Torjuntatoimista huolimatta porkkanakemppin vioitukset saattavat nousta jopa 46 %:iin luomutiloilla (Nissinen & Piirainen 1997). Porkkanakemppiä on erityisen vaikea torjua luomutiloilla, koska kemppien lento saattaa kestää useita viikkoja (Tiilikkala ym. 1996) ja koska luomutuotannossa hyväksytty torjunta-aine, luonnon pyretriini, hajoaa erittäin nopeasti. Harson tai hyönteisverkon käyttö on tehokas mutta työläs ja kallis torjuntamenetelmä.

Porkkanakemppiä esiintyy Pohjois- ja Keski-Euroopassa. Porkkanakemppin pohjoisen levinneisyyden vuoksi sitä on tutkittu vähän, joten vielä ei tunneta sen perusbiologiaa ja elämänkiertoa kaikilta osin. Edelleen on selvittämättä, miksi porkkanakemppit lähtevät keväällä kuuselta ja siirtyvät porkkanalle (Kristoffersen 2003). Ruotsalaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että keväällä

porkkanapellolle levitetty havupuiden sahanpuru karkottaa kemppejä. Sahanpurun sisältämistä yksittäisistä haihtuvista aineista limoneenin karkotusvaikutus oli paras (Nehlin ym. 1994). Porkkanakempeit karttavat niitä sarjakukkaisia, joilla on suuri limoneenipitoisuus, kuten kuminaa (Valterová ym.1997). Biorjunta osana ekologista kasvinsuojelua -projektin aikana saatiin viitteitä siitä, että limoneenipitoisuus vaikuttaa porkkanakempein isäntäkasvin valintaan myös porkkanalajikkeiden joukossa (Kainulainen ym. 2002). Luomukasprojektin aikana osoitettiin myös, että porkkanakempein vioitusta ilmenee eniten pellon reunoissa (Nissinen ym. 2000).

Kaalikärpäset

Pikkukaalikärpänen on globaalituholainen ja se esiintyy lähes kaikkialla maailmassa; isokaalikärpästä sen sijaan tavataan vain Pohjois-Euroopassa. Kaalikärpästen toukat vioittavat kaalikasvien juuria. Pikkukaalikärpäset alkavat kuoriutua koteloista toukokuun lopulla, ja ne aloittavat munintansa 5–15 päivää kuoriutumisen jälkeen, joten ensimmäinen munintahuippu ajoittuu kesäkuun puoliväliin ja toinen elokuun alkupuolelle. Isokaalikärpäset kuoriutuvat kesäkuun puolivälistä aina elokuun alkuun saakka (Varis 1967). Koska munivia naaraita on liikkeellä lähes koko kesän, kaalikärpästen torjunta on hankalaa jopa kemiallisen torjunnan keinoin.

Kaalikärpäsen isäntäkasvin valintaa ja siihen vaikuttavia kemiallisia aineita on tutkittu runsaasti eri puolilla maailmaa. Tätä tutkimusta aloitettaessa houkutuskasvitekniikkaa oli kokeiltu eri maissa muiden kaalikasvien tuholaisten hallinnassa, mutta sitä ei oltu kokeiltu kaalikärpäsillä. Uskoa houkutuskaistatekniikan mahdollisuuksiin kaalikärpästen hallinnassa toi tieto, että USA:ssa oli onnistuttu kaalikoin hallinnassa houkutuskasvien avulla (Mitchell ym. 2000). Kaalikasvien kaalikärpäsresistenssiä on tutkittu runsaasti (esim. Ellis ym. 1979, Alborn ym. 1985, Ruuth 1988, Freuler ym. 1999), ja samalla on saatu tietoa alttiista lajikkeista, jotka vioittuvat helposti. Vioitusalttius ja houkuttelevuus eivät välttämättä kuitenkaan ole sama asia (Finch & Acley 1997).

Ensimmäisiin houkutuskasvikokeisiin valittiin kiinankaali- ja lanttulajikkeita, koska kiinankaalin on osoitettu stimuloivan pikkukaalikärpästen munintaa (Walgenbach 1979) ja isokaalikärpäsresistenssitutkimuksessa yksi kiinankaalilinja keräsi eniten munia (Alborn ym. 1985, Ruuth 1988). Kaalikärpäs vioitukselle erittäin alttiiksi todettua lanttulajiketta käytettiin taas verranteena resistenssitutkimuksissa (esim. Birch 1988). Myöhemmin kokeisiin valittiin myös kiinnostavia kukkakaalilajikkeita (Freuler ym. 1999). Biorjunta osana ekologista kasvinsuojelua -projektin kokeissa havaittiin, että eri kaalikasvit houkuttelevat eri lailla iso- ja pikkukaalikärpäsiä (Nissinen 2001a). Näiden havaintojen perusteella lähdettiin testaamaan käytännön mittakaavassa, olisiko pellon reunoihin sijoitettavista houkutuskaistoista hyötyä kaalikärpästen

torjunnassa. Samaan aikaan jatkettiin kukkakaalilajikkeiden houkuttelevuuden testausta ruutukokeina Kokemäellä.

Tutkimuksen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli tuottaa uusia ekologisia menetelmiä kaalin ja porkkanan ongelmatuholaisten hallintaan. Porkkanakempin osalta tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa houkutus-karkotustekniikan toimivuuteen vaikuttavista perusmekanismeista, kuten isäntäkasvin haihtuvista yhdisteistä, jotka houkuttelevat tai karkottavat kemppejä. Kaalikärpästen hallinnassa vuosina 2001–2003 toteutettujen kenttäkokeiden tavoitteet olivat osoittaa houkutuskaistojen torjuntateho käytännön kaaliviljelmällä, selvittää houkutuskaistatekniikan vaatimat viljelytekniikan muutokset sekä laskea torjunnan kustannukset verrattuna kemialliseen torjuntaan.

Aineisto ja menetelmät

Porkkanakempin hallintakokeet

Potentiaalisina karkotteina tutkittiin puhdasta limoneenia ja limoneenin ja karvonin seoksia. Limoneeni ja karvoni ovat kasvien eteerisiä öljyjä. Limoneenia tavataan sitruhedelmien kuoressa, mutta myös monessa muussa kasvissa, kuten porkkanan lehdissä ja kuusen neulasissa ja puuaineessa. Karvoni on haihtuvan öljyn pääkomponentti kuminalla, joka kuuluu sarjakukkaisiin kasveihin kuten porkkanakin. Limoneeni ja karvoni ovat biologisesti aktiivisia aineita, joiden on todettu mm. karkottavan hyönteistuholaisia ja estävän niiden syöntiä (esim. Klepzig & Schlyter 1999, Ibrahim ym. 2001) Oli syytä tutkia, miten ne vaikuttavat kasveissa, ennen kuin niitä uskalletaan suosittelaa karkotekäyttöön.

Porkkanatutkimuksessa oli kaksi kokonaisuutta: karkotusvaikutteisten aineiden testaus sekä indusoituvan resistenssin tutkimus. Indusoituvan resistenssin tutkimuksessa selvitettiin, muuttaako porkkanan lehdille ruiskutettu limoneeni porkkanan haihtuvien aineiden koostumusta sekä porkkanan reaktiota kohotettuun lämpötilaan yhdessä limoneeniruiskutuksen kanssa. Jos limoneenin voidaan osoittaa aiheuttavan sekundaariaineiden tuotantoa porkkanan lehdissä, se vaikuttaa karkotusvaikutteisten aineiden levitystapaan. Karkotusvaikutteisten aineiden testauksessa oli tavoitteena tutkia eri limoneenipitoisuuden sekä limoneenin ja karvonin seosten karkotusvaikutusta porkkanakempin suhteen.

Vuonna 2003 kokeiltiin myös houkutuskaistojen käyttöä porkkanapeltojen ympärillä. Houkutuskaistakokeista oli tarkoitus saada alustavaa tietoa kaistan

toiminnasta intensiivisellä porkkananviljelyalueella, jossa on useita porkkanalohkoja lähellä toisiaan.

Porkkanan indusoitu resistenssi

Porkkanan indusoitua resistenssiä tutkittiin helmikuussa 2002 Kuopion yliopistossa. Porkkanat kasvatettiin Ekologisen ympäristötieteen laitoksen kasvatuskammiossa ohjelmassa, joka simuloi kesäkuun valo- ja lämpötilaolosuh-teita Keski-Suomessa. Porkkanat käsiteltiin 3 %:n vahvuisella limoneenilla tai metyylijasmonaattiliuoksella, jonka pitoisuus oli 3 mg/ml. Metyylijasmonaattia ruiskutettiin kasvia kohti noin 5 mg. Esikokeissa kokeiltiin myös karvonin ruiskuttamista porkkanan lehdille, mutta sillä oli niin voimakas voittavuus jo 0,1 %:n pitoisuutena, että karvonin käytöstä luovuttiin. Kontrollikä-sittelynä oli 5 % alkoholiliuos, koska sekä limoneenin että metyylijasmonaa-tin liuottamiseksi veteen tarvitaan alkoholia. Vuorokauden kuluttua ruisku-tuksista haihtuvat yhdisteet kerättiin Tenax TA-hartsiin ja analysoitiin kaasukromatografi-massaspektrometrilaitteistolla (GC-MS). Haihtuvien aineiden keräyksen jälkeen porkkanan lehtinäytteet uutettiin heksaanilla, koska oli tarkoitus verrata kasviin varastoituvien ja suoraan ilmaan vapautuvien sekun-daarimetaboliittien määrää. Toinen uutto tehtiin kuuden vuorokauden kulut-tua ruiskutuksista, jotta saataisiin tietoa ruiskutusten pitempiäaikaisesta vaiku-tuksesta kasvien sekundaariaineiden pitoisuuksiin. Uutosnäytteiden GC-MS-analyysissä käytettiin sisäisenä standardina 1-kloorioktaania. Ulkoisessa standardissa oli tunnettu määrä useita mono- ja seskviterpeeneitä sekä metyy-li-isoeugenolia ja alfa-asaronia. Näytteistä voitiin määrittää ulkoisessa stan-dardissa olleiden aineiden absoluuttiset pitoisuudet.

Termotoleranssikokeessa testattiin limoneeniruiskutuksen lisäksi kohotetun lämpötilan vaikutusta porkkanan sekundaarimetaboliittien määrään ja fysiologiin vasteisiin kuten fotosynteesiin. Koe tehtiin yhteistyössä Kuopion yliopiston “Possibilities of the exogenous use of plant essential oils in plant protection and growth activation in organic vegetable production” -projektin kanssa. Porkkanan taimia (‘Parano’, ‘Splendid’) kasvatettiin 25 ja 35 asteen lämpötilassa, ja puolet taimista käsiteltiin limoneenilla ja puolet jätettiin kä-sittelemättä. Limoneenikä-sittely tehtiin kerran viikossa kolmen viikon ajan. Ensimmäisen ja kolmannen ruiskutuksen jälkeen tehtiin haihtuvien aineiden keräykset kuten edellisessä kokeessa. Jälkimmäisen keräyksen jälkeen kusta-kin kasvista uutettiin yksi lehti, jotta voitaisiin verrata kasvista vapautuvien ja kasviin varastoituvien terpenoidien määrää. Kahdeksan viikon ikäisistä kas-veista otettiin myös juurinäytteet, jotka uutettiin heksaanilla vastaavalla ta-valla kuin lehtinäytteet.

Limoneenin karkotusvaikutuksen testaaminen

Porkkanakemppiä karkottavien aineita tutkittiin hajuvirtauslaitteistossa (olfaktometri) ja häkkikokeissa. Maaliskuun lopussa 2001 verrattiin puhtaan, laboratoriolaatuisen limoneenin ja epäpuhtaan limoneenin karkotusvaikutusta porkkanakemppiin Y-putkiolfaktometrissa. Epäpuhdas limoneeni oli saatu kuminaöljyn tislusprosessissa, ja se sisälsi 6 % karvonია. Kempin käyttäytymistä seurattiin 10 minuuttia Y-putkiolfaktometrissä, jonka toiseen haaraan johdettiin porkkanan lehden hajun lisäksi puhdasta limoneenia ja toiseen lisäksi limoneeni-karvoniseosta. Koetta jatkettiin kesä-heinäkuun vaihteessa. Alussa testattiin limoneeni-karvoniseosta ja porkkanan lehteä puhdasta porkkanan hajua vastaan. Myöhemmin testattiin porkkanan lehteä ja kuusenoksaa vastakkain. Kokeissa käytettiin kemppejä, jotka olivat kasvaneet kasvihuoneessa 20 tunnin valojaksossa

Maalis-heinäkuussa 2003 tutkittiin limoneenin ja limoneeni-karvoniseosten vaikutusta kemprien isäntäkasvin valintaan ja munintaan myös häkkikokeissa. Kokeet tehtiin 33*33*60 cm:n kokoisissa häkeissä. Näissä kokeissa käytettiin kempikantaa, joka oli kasvanut 24 tunnin lisävalotuksessa. Karkotusaineet vapautettiin väliaineesta, jolloin pyrittiin välttämään mahdollista induoidun resistenssin vaikutusta. Molemmista käsittelyissä porkkanaruukun pinnalle levitettiin 20 ml vermikuliittia. Kontrollissa oli pelkkää vermikuliittia ja limoneenikäsittelyissä ruukuissa 1 %, 0,5 % tai 0,1 % limoneenia. Lisäksi testattiin 1 % ja 0,5 % limoneeni-karvoniseosta, joka sisälsi 5 % karvonია. Tämä määrä vastasi suunnilleen kaksi kertaa tislattua, kuminaöljystä erotetun limoneenin karvonipitoisuutta. Kaikki kokeet, lukuun ottamatta 0,1 % limoneenia, tehtiin kahdella porkkanalajikkeella ('Parano' ja 'Splendid'). Kokeessa mitattiin kemprien valintaa käsiteltyjen ja kontrollitainten väillä sekä naaraiden tuottamaa munamäärää. Tulosten varmistamiseksi osa kokeista toistettiin vielä luonnosta kerätyillä kemppeillä kesä-heinäkuun vaihteessa.

Syksyllä 2003 (syys-lokakuussa) haluttiin selvittää, houkutteleeko limoneeni syksyllä porkkanakempejä. Ruotsalaisissa kokeissa on aiemmin osoitettu, että sahanpurun lisääminen porkkanaruukun pinnalle syyskuussa johti kemprien nopeampaan kasville asettumiseen (Valterová ym. 1997). Porkkanaruukkujen pinnalle lisättiin 20 ml vermikuliittia, johon oli sekoitettu 0,5 % puhdasta limoneenia. Kokeissa verrattiin luonnon valossa heinäkuun alusta lähtien kasvaneiden kemprien ja ympärivuorokautisessa valotuksessa kasvaneiden kemprien asettumista porkkanoille. Ensin koe tehtiin valintakokeena, jossa limoneenikäsittely ja kontrolli olivat samassa häkissä. Myöhemmin koe muutettiin no choice -testiksi, jossa molemmat käsittelyt olivat samaan aikaan eri kasvihuoneyksiköissä. No choice -testi toistettiin luonnon valossa kasvaneella kempikannalla kolme kertaa ja keinovalossa kasvaneella kannalla kaksi kertaa.

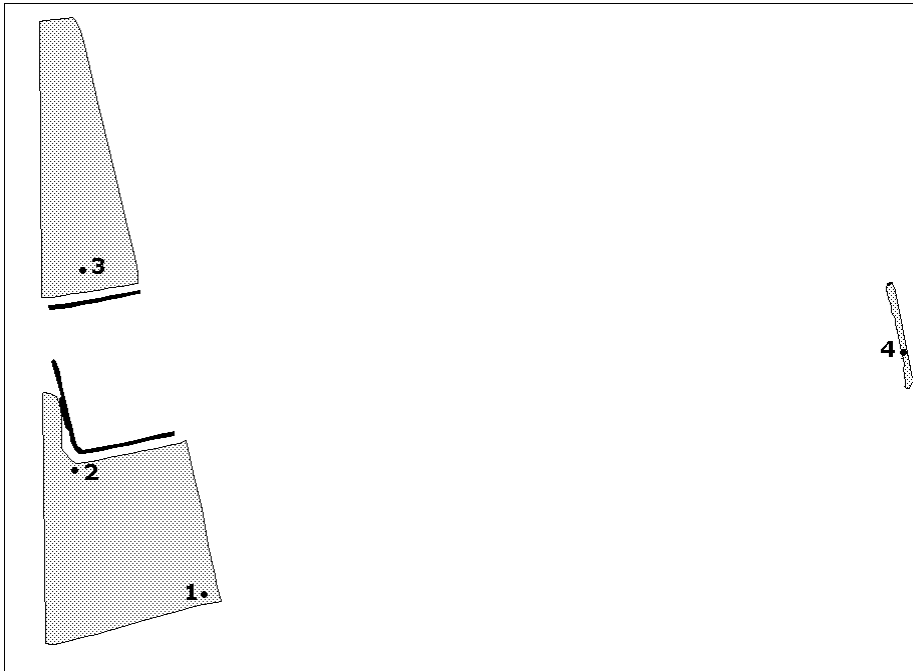
Loka-marraskuussa 2003 jatkettiin vielä porkkanakemppien käyttäytymisvas-
teiden tutkimista Y-putkiolfaktometrissä. Kemppien käyttäytymisvasteita
testattiin eri limoneenipitoisuuksiin sekä kahden tai kolmen eri monoterpeen-
nin seokseen. Kokeissa verrattiin sekä luonnonvalossa että keinovalossa
(24 h) kasvaneita kempejä. Olfaktometrissä käytettiin 200 ml/min virtaus-
nopeutta ja lasista Y-putkea, jonka halkaisija oli 6 mm ja haarojen pituus
4,5 cm.

Porkkanakemppin isäntäkasvin valinta

Porkkanakemppin isäntäkasvin valintakokeessa testattiin porkkanakemppin
munintaa kahdelle porkkanalajikkeelle maaliskuussa 2003. Koe tehtiin
33*33*60 cm:n kokoisissa häkeissä. Häkin vastakkaisiin kulmiin sijoitettiin
ruukku, jossa toisessa oli kolme 'Fontana'-lajikkeen tainta ja toisessa kolme
'Lobbericher'-lajikkeen tainta. Kunkin häkin keskeltä vapautettiin yksi mu-
niva kemppinaaras. Kemppit olivat jatkuvassa kasvatuksessa olevaa kantaa, ja
niillä oli 24 tunnin lisävalotus sekä kasvatuksessa että kokeessa. Kemppien
asettumista kasveille seurattiin 2, 6, 24 ja 48 tunnin kuluttua vapautuksesta ja
kokeen loputtua laskettiin kasveille munitut munat.

Porkkanakemppin hallinta houkutuskasvien avulla

Porkkanakemppin hallintaa houkutuskasvien avulla kokeiltiin kahdella IP-
tilalla Köyliössä kasvukaudella 2003. Poikkeuksellisen määrän kevään takia
porkkanat päästiin kylvämään vasta viikolla 21. 'Lobbericher'-kaistat, jotka
olivat 5 riviä leveitä, sijoitettiin kuusimetsän laitaan ja toisella tilalla suuren
kuusiaidan juurelle. 'Parmex'-kaistat sijoitettiin porkkanalohkojen ympärille.
Lohkoilla tarkkailtiin porkkanakemppin lentoa keltaliima-ansoilla porkkanan
taimettumisesta lähtien (Kuva 1). Heinäkuussa houkutuskaistoilta ja viljely-
kasveilta tehtiin vioitushavainnot nostamalla neljältä puolen rivimetrin pä-
kältä kaikki porkkanan taimet ja arvioimalla niissä esiintyvät kemppien vioi-
tukset 5-asteisella luokka-asteikolla. Lisäksi taimista mitattiin naattien ja
juurten paino.



Kuva 1. Liima-ansojen sijainti Köyliön Vanhakartanossa porkkanalohkolla ja houkutuskaistalla. Ansat on merkitty karttaan ympyröillä. Porkkanalohko jakautui kahteen osaan siten, että lohkojen välissä oli pihapiiri, joka oli ympäröity leikatulla kuusiaidalla. Ansat 1–3 olivat porkkanalohkolla siten, että ansat 2 ja 3 olivat lähimpänä leikattua kuusiaitaa. Noin 400 m:n päässä itään oli suuri, leikkaamaton kuusiaita, jonka juurella houkutuskaistalla oli ansa numero 4.

Kaalikärpästen hallinta houkutuskasvien avulla

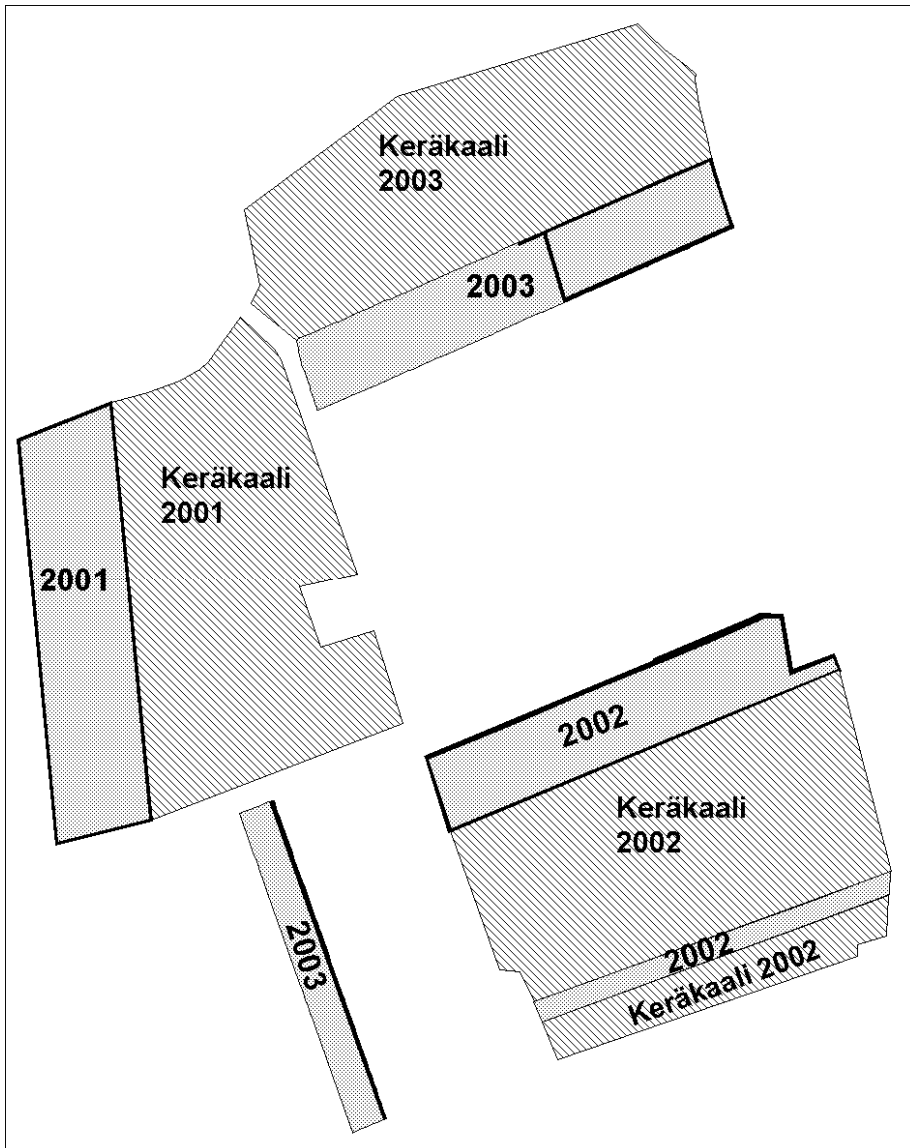
Eri kaalilajien ja -lajikkeiden houkuttelevuutta kaalikärpäksille tutkittiin ensimmäisen kerran vuonna 2000 Biotorjunta-projektissa. Sekä häkkikokeista että ensimmäisen kasvukauden aikana kenttäkokeista saadut tulokset antoivat viitteitä siitä, että on mahdollista löytää kaalilajeja ja -lajikkeita, jotka houkuttelevat kaalikärpäsiä tehokkaammin kuin keräkaali (Nissinen ym. 2001a).

Vuonna 2001 Köyliön Vanhakartanon tilalla tehtiin ensimmäinen käytännön mittakaavan koe kaalikärpästen torjumiseksi keräkaalilta (’Lennox’) houkutuskasvien avulla. Koelohkon pinta-ala oli noin 4 ha. Lohko ympäröitiin houkutuskasvikaistalla, jossa uloimpana oli kaksi riviä kiinankaalia (’Yamiko’) ja sisempänä kaksi riviä kukkakaalia (’Fremont’) (Kuva 2). Kiinankaalit istutettiin houkuttelemaan pikkukaalikärpäsen ensimmäistä sukupolvea, jonka munintahuipun jälkeen kiinankaalit hävitettiin muokkaamalla ne maahan lautasäkeellä. Kukkakaalien houkuttelevuus alkaa vasta heinäkuussa, joten ne houkuttelivat parhaiten isokaalikärpäsiä.

Houkutuskaista päätettiin istuttaa taimista samaan aikaan keräkaalin kanssa, jotta houkutuskasvit kestäisivät kirppojen vioitusta keväällä. Houkutuskasvit istutettiin käyttäen samaa taimi- ja riviväliä kuin keräkaalit. Kaalikärpästen munintaa koelohkolla tarkkailtiin viikoittain 2,5 kuukauden ajan ottamalla munanäyte kolmen kasvin tyveltä 40 tarkkailupisteestä. Syksyllä lohkolta otettiin kotelonäytteet munintatarkkailukasvien viereisistä kasveista. Koelohkolla noudatettiin muuten normaaleja IP-kaalinviljelymenetelmiä, mutta houkutuskaistoilta ei torjuttu hyönteistuholaisia.

Houkutuskaistalle vaihdettiin uusi kukkakaalilajike ('Talbot') kasvukaudelle 2002, jotta saataisiin kukkakaalin houkuttelevuus osumaan paremmin yhteen isokaalikärpäsen muninnan kanssa. Houkutuskaistalla ympäröity lohko oli noin kolme hehtaaria. Lisäksi noin 13 hehtaarin laajuisen keräkaalialueen toiseen laitaan istutettiin 'Lennox'-keräkaalista noin hehtaarin kontrollialue, jonka ympärillä ei ollut houkutuskaistaa.

Kasvukaudelle 2003 suunniteltiin pääasiallista kaalialuetta noin 350 m pohjoiseen edellisen kesän kaalilohkosta. Uuden kaalialueen eteläreunaan suunniteltiin noin 3 hehtaarin 'Lennox'-lohko, josta puolet jätettiin kontrollialueeksi ja toisen puolen ympärille istutettiin houkutuskaista 'Yamikosta' ja 'Talbotista'. Kevään poikkeuksellisen märkyyden takia viljelysuunnitelmaa jouduttiin muuttamaan, ja edellä mainitun lohkon lisäksi jouduttiin istuttamaan noin hehtaarin 'Lennox'-lohko 150 m länteen edellisen vuoden lohkoista. Edellisen vuoden kotelonäytteiden perusteella tiedettiin odottaa suurta isokaalikärpäspainetta, ja kaikkein pienin lohko oli kaikkein lähinnä edellisen vuoden kaalialuetta. Pienen 'Lennox'-lohkon reunaan istutettavaa houkutuskaistaa vahvistettiin yhdellä ylimääräisellä kukkakaalirivillä edellisen vuoden lohkon suuntaan. Lohkoa ei ympäröity houkutuskaistalla, koska se oli pitkä ja kapea.



Kuva 2. Kaalilohkojen ja koealueiden sijainti Köyliössä vuosina 2001–2003. Koealueet merkitty harmaalla rasterikuviolla ja houkutuskaistat paksulla mustalla viivalla.

Metyylijasmonaatin vaikutus kaalikasvien haihtu- viin aineisiin

Alustavissa kokeissa huhtikuussa 2002 tutkittiin elisitorin vaikutusta pikku-kaalikärpäsen munintaan kiinankaalilla. Elisitorina käytettiin metyylijasmonaattia. Häkkikokeen perusteella näytti siltä, että metyylijasmonaatilla käsitellyt kiinankaalit keräsivät enemmän kaalikärpäsen munia kuin käsittelemät-

tömät taimet. Metyylijasmonaattikäsittelyä kokeiltiin myös houkutuskaistalla Köyliön Vanhakartanossa, mutta kenttäkokeessa käsittelyjen välillä ei ollut eroa.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Porkkanan indusoitu resistenssi

Limoneenin ruiskuttaminen porkkanoille aiheutti enemmän haihtuvien aineiden indusoitumista kuin metyylijasmonaatin ruiskuttaminen. Tulos on yllättävä, koska metyylijasmonaatti on tunnettu kasvien signaaliaine. 'Splendid'-lajikkeella limoneeni nosti lähes kaikkien mitattujen haihtuvien aineiden pitoisuuksia. Eniten lisääntyivät myrseenin, α -terpinoleenin ja β -karyofylleenin päästöt. 'Parano'-lajikkeella indusoituminen oli vähäisempää kuin 'Splendidillä'.

Limoneenia ei voida suositella karkotekäytössä ruiskutettavaksi kasveille, koska se muuttaa porkkanan haihtuvien aineiden pitoisuuksia ja keskinäisiä suhteita. Limoneeniruiskutuksen aiheuttama sekundaarimetaboliittien indusoituminen saattaa muuttaa porkkanan jopa porkkanakempejä houkuttelevammaksi kuin ennen käsittelyä.

Alustavien tulosten perusteella termotoleranssikokeessa lämpötilan kohottamisella oli vaikutusta porkkanan juuren terpenoidipitoisuuksiin. Lämpötila vaikutti merkittävästi 'Paranolla' juuren α -pineeni-, sabineeni-, β -pineeni-, myrseeni-, limoneeni- β -karyofylleeni- ja (E)- β -farneseenipitoisuuksiin. 'Splendidillä' lämpötila vaikutti vastaavasti juuren α -pineeni-, β -pineeni-, myrseeni-, limoneeni- ja β -karyofylleenipitoisuuteen. Limoneeniruiskutuksella ja lämpötilalla oli yhdysvaikutus juuren β -karyofylleenipitoisuuteen. Matalassa lämpötilassa limoneenikäsittely lisäsi ja korkeassa lämpötilassa vähensi β -karyofylleenipitoisuutta. Norjalaisessa tutkimuksessa todettiin porkkanan juuren α -terpineeni-, myrseeni-, β -karyofylleeni-, farneseeni- ja α -humuleenipitoisuudella voimakas positiivinen korrelaatio kitkerän maun kanssa (Rosenfeld ym. 2002). Korkean kasvatuslämpötilan aiheuttama terpeenien lisääntyminen juuressa saattaa kitkeröittää porkkanoita.

Sekä indusoidun resistenssin kokeessa että termotoleranssikokeessa tulosten analysointi on vielä kesken. Molemmista kokeista on valmisteilla tieteellinen julkaisu.

Karkotusvaikutteisten aineiden testaus

Olfaktometrikokeessa maaliskuussa 74 % kempeistä valitsi puhtaan limoneenin ja limoneeni-karvoniseoksen 26 %. Kesä-heinäkuun vaihteessa puhtaan

porkkanan hajun suuntaan suunnisti 85 % kemppeistä ja limoneeni-karvoniseoksen suuntaan vain 15 % kemppeistä, joten tulos oli saman suuntainen kuin maaliskuussa. Nämä tulokset viittaavat siihen, että limoneeni-karvoniseos on tehokkaampi karkote kuin puhdas limoneeni.

Heinäkuun puolessa välissä kemppeiden käyttäytyminen muuttui kuitenkin ratkaisevasti, ja jakauma limoneeni-karvoniseoksen ja puhtaan porkkanan hajun välillä asettui 52–48 %:iin. Tämä havainnon perusteella epäiltiin, että alkanut päivän lyheneminen olisi vaikuttanut kemppeiden isäntäkasvin valintakäyttäytymiseen. Tätä hypoteesia testattiin seuraavassa kokeessa, jossa Y-putken toiseen haaraan johdettiin kesäisännän eli porkkanan hajua ja toiseen talvi-isännän eli kuusen hajua. Heinäkuun lopussa, jolloin päivä oli lyhentynyt noin 1 h 20 min, 54 % kemppeistä suunnisti kuuselle ja 46 % porkkanalle. Tulos viittaa siihen, että jo pienikin valojakson lyheneminen käynnistää kemppeissä talvehtimiseen johtavan fysiologisen prosessin, joka muuttaa isäntäkasvin-valintakäyttäytymistä. Tämän havainnon perusteella kemppeiden kasvatolosuhteista muutettiin. Ruotsalaisessa kokeessa kemppeiden talvehtimisen kannalta kriittiseksi valojaksoksi on osoitettu 17 h, mutta kokeessa ei mitattu muuta käyttäytymistä kuin muninnan alkamista (Valterová ym. 1997). Tässä kokeessa käytetyt kempit oli kasvatettu kasvihuoneessa 20 tunnin valojaksossa siten, että niillä ei ollut lisävalotusta klo 0–4 välisenä aikana. Elokuusta 2001 lähtien siirryttiin 24 tunnin lisävalotukseen, jotta voitaisiin varmistaa, että kempit eivät ole talvehtimistilassa.

Koska jatkuvakasvatteisen kemppeikannan isäntäkasvivalinnan perusteella ei saatu täyttä varmuutta kemppeiden fysiologisesta tilasta, touko-kesäkuussa 2002 yritettiin saada ulkona talvehtinutta kemppeikantaa kokeisiin eri puolilta Etelä-Suomea. Kemppeikannat olivat alhaiset, joten vuonna 2002 pystyttiin tekemään vain yksi häkkikoe, jossa testattiin karkotusvaikutteisia aineita.

Vuonna 2003 karkotusvaikutteisten aineiden testaus aloitettiin maaliskuun lopussa jatkuvakasvatteisella kannalla, koska luonnonkannan saaminen oli todettu hankalaksi ja koska vuonna 2001 olfaktometrikokeet onnistuivat maaliskuun lopussa, jolloin luonnossa päivä pitenee. Kemppeiden valinnassa karkoteaineilla käsiteltyjen ja käsittelemättömien porkkanoiden välillä ei havaittu eroja, vaikka karkoteaineita testattiin useina eri pitoisuuksina ja kahdella eri lajikkeella. Osa kokeista toistettiin vielä kesä-heinäkuun vaihteessa porkkanapellolta kerätyillä kemppeillä. Häkkikokeiden tulokseen on saattanut vaikuttaa se, että kaikki kokeissa käytetyt karkoteaineiden pitoisuudet ovat olleet liian korkeita tai kasvihuoneiden ilmanvaihtolaitteet ovat sekoittaneet karkoteaineet häkin ilmatilaan niin perusteellisesti, että kempit eivät ole pystyneet paikantamaan karkotelähdettä.

Ensimmäisissä kokeissa, joissa testattiin limoneenin vaikutusta porkkanakempeiden käyttäytymiseen syksyllä, luonnon valossa kasvanut kemppeikanta näytti viipyvän pitempään häkin katossa kuin keinovalossa ollut kanta.

Tällöin valintakokeessa ei voitu päätellä, johtuiko hitaampi isäntäkasville asettuminen valojakson pituudesta vai 0,5 %:n limoneenilisäyksestä. Niinpä koe muutettiin no choice -testiksi, jossa limoneenikäsittely laitettiin toiseen kasvihuoneyksikköön ja kontrolli toiseen ja jossa mitattiin kemppeiden asettumisnopeutta kasveille. Kontrolli- ja limoneenikäsittelyjen välillä ei kuitenkaan havaittu eroa kemppeiden kasville asettumisnopeudessa, vaikka Valterová ym. (1997) olivat havainneet syyskuussa kemppeiden laskeutuvan nopeammin porkkanoille, joiden juurelle oli levitetty havupuiden sahanpurua. Tämän tuloksen perusteella arveltiin, että joko käytetty limoneenipitoisuus on väärä tai kemppeiden suunnistautuminen kuuselle perustuu useampaan aineeseen kuin limoneeniin.

Y-putkiolfaktometrikokeissa 3–4 µl:n limoneenipitoisuus aiheutti etsimiskäyttäytymistä, mutta kempit eivät kuitenkaan tehneet valintaa. Limoneenipitoisuuden kohottaminen vähensi kemppeiden liikkumista Y-putkessa. Vastavalla tavalla testattiin useita eri pitoisuuksia ja seossuhteita kahden tai kolmen monoterpeenin seoksilla. Kun kolmen monoterpeenin sopiva seossuhde löytyi, testattiin vielä eri pitoisuuksia luonnon valossa kasvaneilla kemppeillä. Luonnon valossa kasvaneet kempit valitsivat (n=56) tilastollisesti merkitsevästi useammin monoterpeeniseoksen kuin kontrollina olleen tyhjän hajulähteen. Vastaavasti keinovalossa kasvaneilla kemppeillä valintojen välillä (n=60) ei voitu osoittaa eroa. Ruotsalaiset ovat osittaneet havupuiden sahanpurun karkottavan kemppejä keväällä (Nehlin ym. 1994). Seoksessa, joka syksyn olosuhteissa houkutteli kemppejä, on samoja monoterpeeneitä kuin havupuiden sahanpurussa. Saattaa olla, että pitenevän päivän olosuhteissa tämä seos toimisi karkotteena, mihin viittaa myös se että pitkän päivän olosuhteissa kasvatetut kempit eivät reagoineet seokseen. Tämä saattaa merkitä myös sitä, että karkoteaineseoksen eri osa-aineiden oltava varhain keväällä eri suhteessa kuin myöhemmin kesällä, jotta karkoteaine ei muutu houkutteeksi, kun valojakso lyhenee.

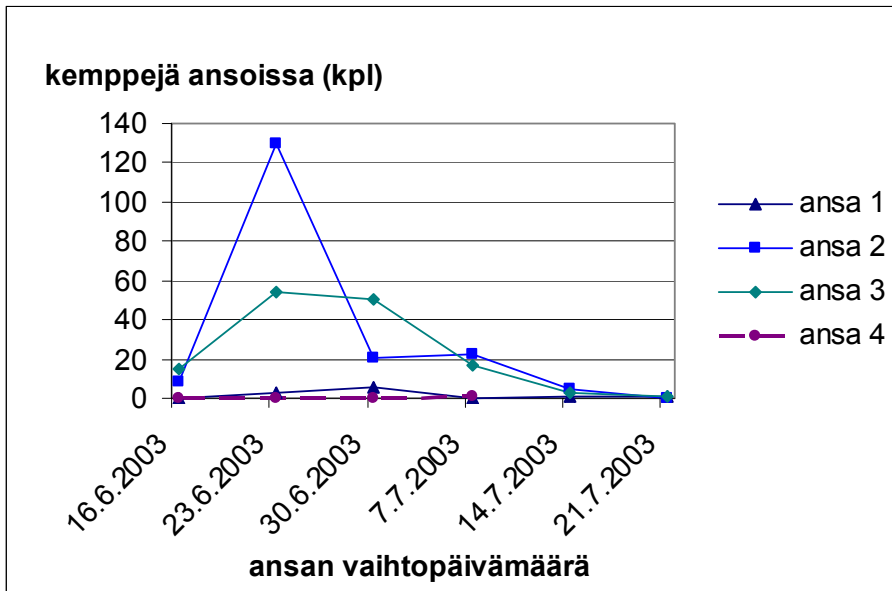
Porkkanakemppeiden isäntäkasvin valinta

Kun porkkanakemppeillä oli valittavana kaksi vaihtoehtoista isäntäkasvilajiketta, 'Fontana'-lajikkeelle asettui 19 porkkanakempistä 13 kappaletta ja 'Lobbericherille' 6 kappaletta. 'Fontanalle' tuli keskimäärin 4,9 munaa kasvia kohti ja 'Lobbericherille' 3,3. Häkkikokeen perusteella näytti, että 'Fontana' olisi houkuttelevampi lajike kuin 'Lobbericher'. 'Lobbericher' on vanha ei-hybridirehuporkkanalajike, joten sen siemen olisi huomattavasti nykyisiä hybridilajikkeita halvempaa houkutusikäyttöön. 'Lobbericher' vaikutti vuosina 1999–2000 tehtyjen häkkikokeiden perusteella houkuttelevammalta kuin silloin mukana olleet hybridilajikkeet 'Splendid' ja 'Napoli'. Tulosta ei kuitenkaan saatu vahvistettua kenttäkokeissa alhaisten kemppekantojen takia.

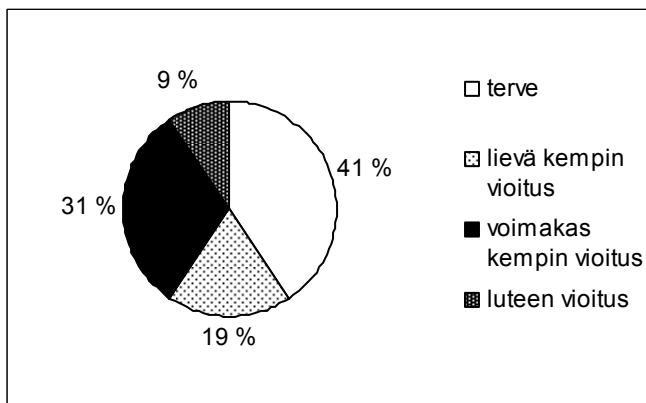
Porkkanakemпин hallinta houkutuskasvien avulla

Houkutuskaistakoetta aloitettaessa tiedettiin kokeeseen liittyvät epävarmuustekijät. Aiemmin houkutuskaistan käyttöä on kokeiltu Etelä-Savossa (Piirainen 2000), jossa ammattimaisten porkkanatilojen väliset etäisyydet ovat pitkiä. Tilan ulkopuolelta tuleva kemppipaine ei välttämättä ole merkittävä, ja kemppipopulaation dynamiikkaa voidaan paremmin hallita yhden tilan sisällä sijoittamalla kaista edellisen vuoden porkkanalohkon reunaan. Köyliö taas on intensiivistä porkkananviljelyaluetta, jolloin uusille porkkanalohkoille kohdistuva kemppipaine saattaa tulla useasta suunnasta. Toinen epävarmuustekijä oli se, että teollisuusporkkanalajike 'Fontana' vaikutti häkkikokeen perusteella houkuttelevammalta kuin 'Lobbericher', jota aiemmissa kokeissa pidettiin potentiaalisena houkutuskasvina. Tästä syystä toiseksi lajikkeeksi houkutuskaistoihin valittiin 'Parmex', joka oli ollut kenttäkokeissa Juvalla, mutta ei häkkikokeissa. 'Parmexille' näytti kentällä tulevan eniten voituksia, mutta vuonna 2000 Juvalla oli pieni kemppipaine ja voitukset jäivät alle 10 %:iin porkkanoista.

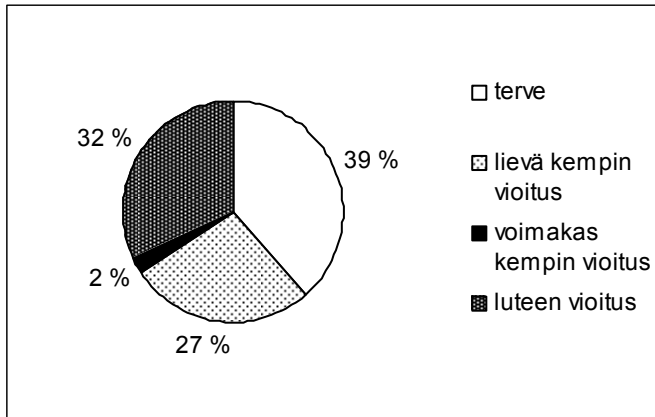
Kesäkuussa 2003 kemppipaine Köyliössä oli kova, mutta paine vaihteli lohkon eri osissa voimakkaasti (Kuva 3). Porkkanalohko jakautui kahteen osaan siten, että lohkojen välissä oli pihapiiri, joka oli ympäröity leikatulla kuusiaidalla. Ansat 1–3 olivat porkkanalohkolla siten, että ansat 2 ja 3 olivat lähimpänä leikattua kuusiaitaa. Noin 400 m:n päässä itään oli suuri, leikkaamaton kuusiaita, jonka juurella oli ansa numero 4. Suuren kuusiaidan vieressä olevalta kaistalta ei löydetty kuin muutama yksittäinen kemppi, mikä viittaa siihen, että kemppit eivät talvehtineet siinä kuusiaidassa. 'Parmex'-kaistalla, jossa ei tehty kemiallista torjuntaa, voimakkaiden kemppivoitusten osuus oli selvästi suurempi kuin 'Fontanalla' (Kuva 4), mutta voitukset olisivat voineet olla houkutuskaistalla jopa 100 % havaitulla kemppipaineella. Kemppivoitusten määrä 'Fontanalla' oli eri etäisyyksillä leikatusta kuusiaidasta suunnilleen sama (Kuvat 4 ja 5), vaikka kuusiaidan kulmassa sijainneessa liima-ansassa (ansa 2) kemppien määrä oli huomattavasti korkeampi kuin pellon vastakkaisessa kulmassa sijainneessa ansassa (ansa 1).



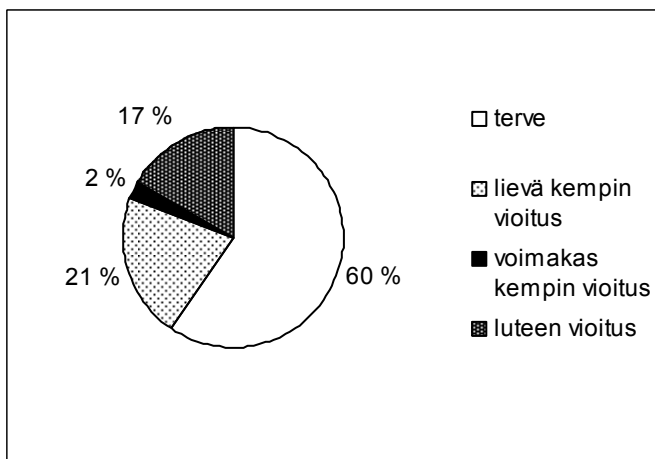
Kuva 3. Kemppeipaine Köyliössä kesällä 2003. Ansat 1, 2 ja 3 sijaitsivat saman lohkon eri kulmissa, ansa 4 houkutuskaistalla suuren kuusiaidan juurella ja ansa 2 pellon reunassa olevan leikatun kuusiaidan kulmassa.



Kuva 4. Kemppeivioitusten määrät 'Parmex'-kaistalla, joka sijaitsi pellon reunassa leikatun kuusiaidan vieressä.



Kuva 5. Kempivioitus Fontana-lajikkeella, lähinnä 'Parmex'-kaistaa.



Kuva 6. Kempivioitus Fontana-lajikkeella kauimpana 'Parmex'-kaistasta ja lähinnä liima-ansaa nro 1.

Tilanne sadon suhteen ei ollut yhtä paha kuin heinäkuussa tehdyn vioitusmittauksen perusteella voisi olettaa. Voimakas porkkanakempivioitus, jota lohkon eri osissa oli noin 2 %, aiheutti todennäköisesti satotappiota. Lieväksi vioitukseksi oli laskettu kaikki ne porkkanat, joista alle 25 % lehtipinta-alasta oli vioittunut. Näistä porkkanoista suurimman osan arvioidaan pystyvän toimimaan vioituksesta ja tuottamaan satoa. Valitettavasti vioitusnäyte otettiin liian aikaisin suhteessa porkkana juuren kehitykseen, joten korrelaatiota juuren painon ja vioitusindeksin välille ei saatu. Myös maan voimakas kuoretuminen heti kylvön jälkeen ja kuoretuman rikkominen myöhemmin saattoi vaikuttaa jälki-itämiseen. Vielä heinäkuun puolen välin jälkeen joukossa oli terveitä taimia, joiden juuren kehitys ei ollut alkanut, mikä aiheutti voimakasta vaihtelua nimenomaan terveiden porkkanoiden aineistoon. Ludevioituksen

osalta vioituksen voimakkuutta ei arvioitu. Todennäköisesti myös osa luteen vioittamista porkkanoista tuottaa satoa, mutta tulos osoittaa sen, että peltolude on myös merkittävä porkkanan tuholainen.

Tehdyt havainnot ja mittaustulokset herättävät runsaasti kysymyksiä. Liima-ansoista tehtyjen kemppihavaintojen perusteella voitaisiin arvella kemppien talvehtineen leikatussa kuusiaidassa. Kyseinen kuusiaita oli myös lähinnä edellisen vuoden lohkoa. Isosta kuusiaidasta otettiin haavinäytteitä 29.5., mutta niistä ei löydetty kempejä. Leikattua kuusiaitaa ei samassa yhteydessä haavittu, joten siitä ei valitettavasti ole havaintoja, jotka vahvistaisivat talvehtimisepäilyä. Saksalaisessa tutkimuksessa on todettu, että limoneenipitoisuus kuusen uuden kasvaimen neulasissa lisääntyy voimakkaasti kolme viikkoa kuusen silmujen puhkeamisen jälkeen (Schönwitz ym. 1990). Haavinäytteitä otettaessa kuusen silmut olivat juuri avautuneet ja ensimmäiset porkkanakemppit löydettiin 16.6. pellolle asennetuista ansoista. Neulasissa esiintyvä limoneenipiikki saattaa olla se tekijä, joka pakottaa kemppit muuttamaan kuuselta porkkanalle.

Pellon eri osissa 'Fontanalla' kemppivioitus oli hyvin samanlainen, vaikka kemppipaine ansoihin tulleiden yksilömäärien perusteella oli hyvin erilainen. Se, että voimakas vioitus jäi vain 2 %:iin, johtuu varmasti kemiallisesta torjunnasta, mutta lievien vioitusten määrä myös ansan 1 läheisyydessä on hämmästyttävän suuri.

Houkutuskaistojen käytössä porkkanakemppin torjunnassa on vielä useita ongelmia. Toistaiseksi ei ole löytynyt porkkanalajiketta, joka olisi selvästi muita porkkanalajikkeita houkuttelevampi. Toinen keskeinen ongelma on, mihin kaista sijoitetaan. Kaalikärpäsisistä tiedetään, että ne talvehtivat koteloina edellisen vuoden kaalilohkolla peltomaassa, joten niiden tulosuunta seuraavana keväänä tiedetään, jos naapurien edelliset kaalilohkot eivät ole kovin lähellä. Aikuiset porkkanakemppit sen sijaan muuttavat syksyllä talvehtimaan kuusille ympäröiviin metsiin, joten porkkanakemppipaineen suuntaa keväällä on vaikea ennustaa.

Houkutuskasvien käyttö kaalikärpästen hallinnassa

Vuonna 2001 kaalikärpäsmäärät jäivät alhaisiksi. Kiinankaalikaista keräsi pikkukaalikärpäset tehokkaasti, viljelykasvilla oli munintahuipun aikana vain 0,1 munaa kasvia kohti. Houkutuskaistan toimivuudessa oli ongelmia yhdellä viikolla isokaalikärpäsen huippulennon alkaessa: kukkakaalikaistan houkuttelevuus ei osunut yksiin isokaalikärpäsen munintahuipun aikana. Tällöin viljelykasville tuli jopa suurempi munamäärä kuin houkutuskasville. Tämän tuloksen vahvistivat myös syksyllä otetut kotelonäytteet, joissa 'Fremont'-kukkakaalikaistalla oli keskimäärin 4,3 isokaalikärpäsen koteloa juurta kohti

ja 'Lennox'-keräkaalilla 10,2 koteloa juurta kohti. Isokaalikärpäsen kotelomäärät olivat syksyllä yllättävän suuria alhaisiin munamääriin nähden.

Houkutuskasvikokeessa Kokemäellä isokaalikärpäsiä parhaiten houkuttelevaksi lajikkeeksi osoittautui 'Talbot', joka on pitkän kasvuajan vaativa talvikukkakaali, jota ei normaalisti viljellä Suomessa (Nissinen ym. 2003a).

Vuonna 2002 'Fremont'-kukkakaali korvattiin houkutuskaistalla 'Talbot'-lajikkeella. Tällä kertaa isokaalikärpäsen torjunnan ajoitus houkutuskasvien avulla onnistui täydellisesti. Isokaalikärpäsen huippulennon aikana houkutuskaistalle tuli noin nelinkertainen määrä munia kasvia kohti keräkaaliin verrattuna, ja houkutuskaistan keräämä munamäärä oli koko kasvukauden korkeampi kuin keräkaalin munamäärä. Kontrollilohkolle tuli vähemmän munintaa kuin houkutuskaistalla ympäröidylle lohkolle, koska houkutuskaista lohko sijoitettiin edellisen vuoden lohkon suuntaan ensimmäiseksi ottamaan vastaan kaalikärpäspaineen. Syksyn 2002 kotelonäytteissä yllättäen havaittiin, että syyskuun lopulla kaalin juurista löytyi edelleen isokaalikärpäsen toukkia, mikä viittaa siihen, että kasvukaudella 2002 olisi kehittynyt ainakin osittainen isokaalikärpäsen toinen sukupolvi.

Vuonna 2003 pikkukaalikärpäsen munintahuipun aikana keräkaalille tuli 1,9 munaa kasvia kohti, kun taas kiinankaalikaista keräsi 38,5 munaa kasvia kohti. Suurta isokaalikärpäspainetta tiedettiin odottaa ja houkutuskaistaan lisättiin keväällä yksi ylimääräinen kukkakaalirivi. Isokaalikärpäsen munintahuipun aikana kukkakaalikaistalla munia oli maksimissaan keskimäärin 95,5 kappaletta kasvia kohti, yksittäisessä tarkkailupisteessä jopa 147 munaa kasvia kohti. Houkutuskaista leikkasi suurinta munintapainetta tehokkaasti, mutta houkutuskasvin pinta-ala oli vieläkin liian pieni munintapaineeseen nähden. Osa isokaalikärpäsisistä siirtyi munimaan keräkaalille. Huippulennon aikana keskimääräinen munamäärä pienellä 'Lennox'-lohkolla nousi 16,9 munaan kasvia kohti. Tarkemmat tulokset on julkaistu aiemmin (Nissinen ym. 2003b).

Houkutuskaistasysteemi näyttää toimivan tehokkaasti yhdistelmällä: 'Yamiko'-kiinankaali uloinna kaistalla houkuttelemassa pikkukaalikärpästä ja 'Talbot'-kukkakaali sisempänä houkuttelemassa isokaalikärpästä. Kaista toimii tiettyyn paineeseen saakka sekä kirppojen että kaalikärpästen hallinnassa. Vuosina 2001 ja 2003 kirppapaine oli niin pieni, että kiinankaalikaista riitti pitämään kirpat poissa keräkaaleilta. Pitkän jatkunut lämmin ja kuiva sää keväällä lienee vaikuttanut kirppojen runsaaseen esiintymiseen vuonna 2002. Kirppapaine oli niin suuri, että kiinankaalit eivät riittäneet houkuttelemaan kirppoja, vaan ne levittyivät koko 13 ha:n kaalialueelle. Kirppoja jouduttiin torjumaan kaalilta kemiallisesti. Kaalikärpäksillä kaista näyttää toimivan, kun munintapaine jää 30–60 munaan kasvia kohti.

Houkutuskaistan kustannuksia laskettiin alustavasti vuonna 2001. Laskelmi-
en perusteella pelkkä kemiallinen torjunta oli halvin vaihtoehto, mutta houku-
tuskaista oli kustannuksiltaan noin puolet halvempi kuin harson käyttö (Nis-
sinen ym. 2002a).

Houkutuskaistatekniikan toimivuuteen vaikuttavat:

- kukkakaalin ikä isokaalikärpäsen lennon alkaessa,
- lajikevalinta
- rikkakasvitorjunnan onnistuminen
- houkutuskaistan ja viljelykasvin pinta-alojen suhde
- kaalikärpäspaine
- lohkojen välinen etäisyys.

Pikkukaalikärpästen torjunnassa houkutuskaistan avulla ei ole ollut ongelmia,
koska pikkukaalikärpäset suosivat selkeästi kiinankaalia, mikä on vahvistettu
myös uudessa ranskalaisessa tutkimuksessa (Rousse ym. 2003). Isokaalikär-
päsen hallinnassa suurin ongelma on ajoitus. Muninnan alkaessa kukkakaalin
on oltava vähintään 8 viikon ikäistä (kylvöstä lähtien) houkutelakseen iso-
kaalikärpäsiä. Tässä tutkimuksessa havaittiin eroja kukkakaalilajikkeiden
houkuttelevuudessa. On mahdollista, että keräkaaleistakin löytyy lajikkeita,
jotka ovat kukkakaalia houkuttelevampia. Rikkakasvien torjunnan onnistu-
minen kaistalla vaikuttaa kaistan houkuttelevuuteen. Jos kaista pääsee rikka-
ruohottumaan, rikkaruohot saattavat häiritä kaalikärpästen isäntäkasvin valin-
taa. Finch ja Collier (2000) ovat osoittaneet, että kaalikärpäsen on vaikeampi
löytää isäntäkasviaan, jos sen ympärillä kasvaa muita kasveja, esimerkiksi
apilaa. Laskeutumislento johtaa harvemmin isäntäkasvin hyväksymiseen
seoskasvustossa.

Kaalikärpäspaine vaihtelee vuosittain, alueittain ja jopa sukupolvittain (Ha-
vukkala ym. 1984). Paine vaikuttaa ratkaisevasti houkutuskaistojen toimivuu-
teen. Jotta kaalikärpäskantojen kasvulta vältyttäisiin, kaistojen tuhoamisesta
on syytä huolehtia ajoissa. Kiinankaalikaista tuhotaan kaksi viikkoa pikku-
kaalikärpäsen munintahuipun jälkeen. Jos kiinankaalit jäävät syyskesään
saakka paikoilleen, ne saattavat lisäksi kukkia ja varistaa siemenensä peltoon.
Kukkakaalikaista tuhotaan noin kolme viikkoa isokaalikärpäsen muninnan
jälkeen kuitenkin heti, kun pikkukaalikärpäsen toinen munintahuippu on saa-
vutettu. Heinäkuun 2003 lopussa kukkakaalit tuhottiin tasojrjimellä, mutta
niiden kunnollinen murskaaminen ja maahan muokkaus olisi vaatinut kela-
jrjimen käyttöä, koska kukkakaalit olivat suurikokoisia ja kovajuurisia hei-
näkuun lopulla.

Kahtena vuonna havaittiin, että suurin kaalikärpäspaine kohdistui edellisen
vuoden lohkoa lähinnä olleeseen kaalialaan. Kaistojen tehokas ja taloudellin-
nen käyttäminen vaatisikin mallintamista. Edellisen vuoden kotelomäärien ja
kaalipinta-alan perusteella arvioitaisiin talvehtivien kaalikärpästen määrää.

Seuraavan vuoden lohkon koon, etäisyyden ja suunnan perusteella mallinnet-taisiin tarvittavan houkutuskaistan koko suhteessa viljelykasvin pinta-alaan.

Yhteenveto

Porkkana

Porkkanakemppitutkimuksen tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa houkutus-karkotustekniikan toimivuuteen vaikuttavista perusmekanismeista kuten isäntäkasvin haihtuvista yhdisteistä, jotka houkuttelevat tai karkottavat kempejä. Tähän tavoitteeseen päästiinkin, mutta vasta tutkimuksen viime vaiheessa syys-lokakuussa 2003.

Pitkään on ollut epäselvää, mihin perustuu kemppien siirtyminen porkkanalta kuuselle talvehtimaan. Tässä tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan, että luonnonvalossa syksyllä kasvatetut kemppit reagoivat tietyssä seossuhteessa tehdyyn kolmen kuusen neulasissa esiintyvän monoterpeenin seokseen. Vastaa-vasti pitkän päivän olosuhteissa kasvatetut kemppit eivät reagoineet tähän seokseen. Tulos antaa viitteitä siitä, että päivän pituus on merkittävä tekijä kemppien isäntäkasvin valintaan liittyvässä hajukäyttäytymisessä ja siitä, että eri monoterpeenien väliset seossuhteet ovat tärkeämpiä kuin yhden yksittäisen monoterpeenin pitoisuus. Näiden kolmen monoterpeenin seos saattaa olla avain porkkanakemppin isäntäkasvin valinnassa myös keväällä, kun kemppit siirtyvät kuuselta porkkanalle.

Porkkanakemppikokeissa tutkittiin sekä limoneenin sekä limoneeni-karvoniseoksen karkotusvaikutusta siten, että karkoteaineet vapautettiin väli-aineesta, eikä niitä ruiskutettu suoraan kasveille. Aineita testattiin useissa häkkikokeissa eri pitoisuuksina ja eri porkkanakemppikannoilla. Näissä ko-keissa ei pystytty osoittamaan limoneenin tai limoneeni-karvoniseoksen kar-kottavuutta, vaikka hajuvirtauslaitteistossa aiemmin saatujen tuloksen mu-kaan limoneeni-karvoniseos oli karkottavampi kuin pelkkä limoneeni.

Käytännön mittakaavassa tehdyt ensimmäiset porkkanakemppin houkutuskais-takokeet osoittivat, että kemppin hallinta houkutuskaistojen avulla on hanka-lampaa kuin kaalikärpäsen. Ensimmäinen vaikeus oli sopivan houkutuslajik-keen löytäminen. IP-viljelmillä käytetty päälajike 'Fontana' osoittautui häk-kikokeessa houkuttelevammaksi kuin aiemmissa kokeissa testattu 'Lobbe-riker'-lajike, jota pidettiin potentiaalisena houkutuslajikkeena. Toinen on-gelma on kaistan sijoituspaikka intensiivisellä porkkananviljelyalueella, mis-sä kemppipaineen suuntaa on keväällä vaikea ennakoida. Kolmas ongelma on se, että toistaiseksi ei ole toimivaa karkoteainetta, jolla voitaisiin tehostaa houkutuskaistan vaikutusta. Tosin viimeisimmissä kokeissa löydetty keino-

koinen kuusen haju (monoterpeeniseos), joka houkuttelee kemppejä syksyllä saattaa osoittautua keväällä karkottavaksi.

Porkkanakemppitutkimus teetti moninkertaisen määrän töitä verrattuna siihen, mitä oli ajateltu etukäteen. Menetelmien kehittämiseen ja tarkistamiseen aina uusien tulosten perusteella kului runsaasti aikaa. Osoittautui, että kempikasvatuksissa 20 tunnin valojakso ei välttämättä ollut riittävä, vaikka aiemmassa ruotsalaisessa tutkimuksessa 17 tuntia pidettiin kriittisenä valojaksona. Karkotusvaikutteisten aineiden testaus jouduttiin keskittämään maaliskuun lopun ja kesäkuun lopun väliseen aikaan, jolloin luonnossa päivä pitee. Toimivaa häkkikoemenetelmää karkotusvaikutteisten aineiden testaamiseen ei löydetty lukuisista yrityksistä huolimatta. Olfaktometrissa kempit reagoivat monoterpeeneihin vain hyvin kapealla pitoisuusalueella ja vain tietyissä seossuhteissa. Tutkimuksen työläyteen vaikutti se, että monista tekijöistä, kuten kemppien jatkuvasta kasvatuksesta ja käyttäytymisestä hajuvirtauslaitteistossa ei ollut ennestään tietoja saatavilla.

Kaali

Houkutuskaistatekniikan soveltamisessa kaalikärpästen hallinnataan oli selkeästi käytännönläheisemmät tavoitteet kuin porkkanakemppitutkimuksessa. Tekniikan tavoitteena on kaalikärpästen hallinta suurilla pinta-aloilla harsolle vaihtoehtoisena torjuntamenetelmänä. Tekniikkaa pyrittiin kehittämään siten, että se on sovellettavissa kaikkiin viljelyjärjestelmiin ja hoidettavissa kaalinviljelyn normaalilla koneketjulla harsoa pienemmin kustannuksin. Ensimmäisen laajamittaisen kokeen tarkoituksena oli selvittää, kuinka pitkälle houkutuskaivien houkutusvaikutus ulottuu. Jos houkutusvaikutus olisi ulottunut vain muutaman metrin alueelle, tekniikalla ei olisi ollut mitään käytännön sovellutusmahdollisuuksia.

Pikkukaalikärpästen hallinta kiinankaalikaistan avulla onnistui hyvin kaikkina vuosina: muninta keskittyi selkeästi houkutuskaistoille. Isokaalikärpästen hallinta houkutuskaistatekniikan avulla oli hankalampaa kuin pikkukaalikärpästen, koska paine oli kaikkina vuosina suurempi. Vuonna 2001 houkutuskaistalla käytetty kukkakaalilajike 'Fremont' ei ehtinyt houkuttelevimpaan vaiheeseensa isokaalikärpäsen muninnan alkaessa. Seuraavana vuonna houkutuskaistalle vaihdettiin toinen kukkakaalilajike 'Talbot', jonka houkuttelevuus osui hyvin yhteen isokaalikärpäsen munintahuipun kanssa. Vuosina 2002–2003 kukkakaalikaistalle tuli munintahuipun aikana noin nelinkuusinkertainen määrä munia kasvia kohti keräkaaliin verrattuna. Isokaalikärpäspaine oli kuitenkin suuri, eikä kukkakaalikaistan pinta-ala ollut riittävän suuri munintapaineeseen nähden. Kaista leikkasi suurimman paineen mutta ei riittänyt pitämään munintaa kokonaan poissa keräkaalilta. Toisaalta isokaalikärpäsen lennon aikana kaalit kestävät paremmin vioitusta kuin pikkukaalikärpäsen ensimmäisen lennon aikana, koska niiden juuristo on ehtinyt

kasvaa. Pikkukaalikärpänen aiheuttaa suuremman satoriskin keräkaalilla kuin isokaalikärpänen.

Pikkukaalikärpästen lisääntyminen estettiin tuhoamalla kiinankaalikaistat noin kaksi viikkoa ensimmäisen munintahuipun jälkeen. Vuosina 2001 ja 2002 kukkakaalikaista jätettiin paikalleen syksyyn saakka, jotta se houkutteli myös pikkukaalikärpäsen toista sukupolvea. Kasvukaudella 2003 myös kukkakaalikaista tuhottiin heinäkuun lopussa suuren isokaalikärpästen munintapaineen takia. Houkutuskaistatekniikan toimintavarmuutta voitaisiin parantaa laatimalla edellisen kesän kotelonäytteiden perusteella ennuste talvehtivasta kaalikärpäskannasta ja arvioimalla seuraavan vuoden kaalilohkon koon ja etäisyyden perusteella tarvittavaa houkutuskasvien pinta-alaa.

Kirjallisuus

- Alborn, H., Karlsson, H., Lundgren, L., Ruuth, P. & Stenhagen, G. 1985. Resistance in crop species of the genus Brassica to oviposition by turnip root fly, *Hylemya floralis*. *Oikos* 44: 61-69.
- Birch, A. N. E. 1988. Field and glasshouse studies on components of resistance to root fly attack in swedes. *Annals of applied Biology* 113: 89-100.
- Ellis, P.R., Hardman, J. A., Crisp, P. & Johnson, A. G. 1979. The influence of plant age on resistance of radish to cabbage root fly egg-laying. *Annals of applied Biology* 93: 125-131.
- Finch, S. & Acle, C. M. 1977. Cultivated and wild host plants supporting populations of the cabbage root fly. *Annals of applied Biology* 85:13-22.
- Finch, S. & Collier, R. H. 2000. Host-plant selection by insects – a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insect of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96(2): 91-102.
- Freuler, J., Fischer, S., Gagnebin, F., Perko, J. Granges, A. & Mittaz, Ch. 1999. Résistance relative de quelques varieties d chou-fleur à la mouche du chou, *Delia radicum* L. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture*. 32(2): 109-113.
- Havukkala, I., Holopainen, J. K. & Virtanen, M. 1984. Flying periods and oviposition of cabbage root flies in southern and central Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 23: 1-7.
- Ibrahim, M.A., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tiilikkala, K. & Holopainen, J.K. 2001. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 243-259.

- Kainulainen, P., Nissinen, A., Piirainen, A., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. K. 2002. Essential oil composition in leaves of carrot varieties and preference of specialist and generalist sucking insect herbivores. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 211-216.
- Klepzig, K. D. & Schlyter, F. 1999. Laboratory evaluation of plant derived antifeedants against the pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 92(3): 644-650.
- Kristoffersen, L. 2003. The chemical ecology of Homoptera. Introductory paper no 147. Lund: Lund University, Department of Ecology. 39 s.
- Markkula, M., Laurema, S. & Tiittanen, K. 1976. Systemic damage caused by *Trioza apicalis* on carrot. *Symposia Biologica Hungarica* 16: 153-155.
- Mitchell, E. R., Hu, G. & Johanowics, D. 2000. Management of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage using collard as a trap crop. *HortScience* 35(5): 875-879.
- Nehlin, G., Valterova, I. & Borg-Karlson, A.-K. 1994. Use of conifer volatiles to reduce injury caused by carrot phyllid, *Trioza apicalis*, Förster (Homoptera, Psylloidea). *Journal of Chemical Ecology* 20: 771-783.
- Nissinen, A., Heponeva, K., Kallela, M., Ojanen, H., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. 2001b. Houkutuskasvitekniikka lähestyy käytännön sovellutusta kaalilla. *Puutarha & kauppa* 5(47): 10-11.
- Nissinen, A., Heponeva, K., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. 2002a. Houkutuskaistan kustannusvaikutukset IP- ja luomukaalinviljelyssä. *Kasvinsuojelu-lehti* 35: 7-11.
- Nissinen, A., Hirvonen, A., Kallela, M., Holopainen, J. & Tiilikkala, K. 2001a. Houkutuskasveista kaalikärpäsen torjunnassa lupaavia tuloksia. *Puutarha & kauppa* 5(1): 14-15.
- Nissinen, A., Holopainen, J., Kallela, M., Ibrahim, M., Hirvonen, A., Leinonen, P. & Tiilikkala, K. 2003a. Infokemikaalit tuholaiсторjunnassa. Teoksessa: Tiilikkala, K. (toim.). Biotorjunta osana ekologista kasvinsuojelua. Maa- ja elintarviketalous 10. Jokioinen: MTT. s. 10-29. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/met/pdf/met10a.pdf>. Verkkojulkaisun 2. versio päivitetty 13.8.2003.
- Nissinen A., Hulshof, J., Ojanen, H., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. 2003b. Houkutuskasvikokeen kolmen vuoden tuloksia: Viime kesä oli isokaalikärpästen kesä. *Puutarha & kauppa* 7(47): 10-11.
- Nissinen, A. & Piirainen, A. 1997. Luomuporkkananviljelijän vaikea kesä. *Puutarha & kauppa* 1(47): 4-5.

- Nissinen, A., Piirainen, A., Ojanen, H. & Kurppa, S. 2000. Measuring the damage to organic carrots caused by carrot psyllid (*Trioza apicalis*). Teoksessa: Alföldi, T. ym. (toim.). Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. Convention Center Basel. 28–31 August 2000. Zürich: vdf Hochschulverlag AG. s. 214.
- Nissinen, A., Taattola, K., Kallela, M., Ojanen, H., Tiilikkala, K. & Holopainen, J. 2002b. Kokemuksia houkutuskasvikokeesta 2002: Kaalikärpäset pysähtyvät aitaan, kirpat hyppivät yli! Puutarha & kauppa 6(47): 10-11.
- Pickett, J.A., Wadhams, L. J. & Woodcock, C. M. 1997. Developing sustainable pest control from chemical ecology. Agriculture, Ecosystems and Environment 64: 149-156.
- Piirainen, A. 2000. Houkutuskaistat porkkanan tuholaisten hallinnassa. Teoksessa: Luomuvihannesten kasvinsuojelu. Tieto tuottamaan 91. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 91. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto. s. 76.
- Rosenfeld, H., Aaby, K. & Lea, P. 2002. Influence of temperature and plant density on sensory quality and volatile terpenoids of carrot (*Daucus carota* L.) root. Journal of the Science of Food and Agriculture 82: 1384-1390.
- Rousse, P., Fournet, S., Porteneuve, C. & Brunel, E. 2003. Trap cropping to control *Delia radicum* populations in cruciferous crops: first results and future applications. Entomologia Experimentalis et Applicata 109: 133-138.
- Ruuth, P. 1988. Resistance of cruciferous crops to turnip root fly. Journal of Agricultural Science in Finland 60: 269-279.
- Schönwitz, R., Lohwasser, K., Kloos, M. & Ziegler, H. 1990. Seasonal variation in the monoterpenes in needles of *Picea abies* (L.) Karst. Trees 4: 34-40.
- Tiilikkala, K., Ketola, J. & Taivalmaa, S-L. 1996. Monitoring and threshold values for control of the carrot psyllid. IOBC/WPRS Bulletin 19, 11: 18-24.
- Valterová, I., Nehlin, G. & Borg-Karlson, A.-K. 1997. Host plant chemistry and preferences in egg laying *Trioza apicalis* (Homeoptera, Psylloidea). Biochemical Systematics and Ecology 25: 477-491.
- Varis, A.-L. 1967. Studies on the biology of the cabbage root fly (*Hylemya brassicae* Bouché) and the turnip root fly (*Hylemya floralis* Fall.). Annales Agriculturae Fenniae 6: 1-13.
- Walgenbach, P. 1979. Laboratory studies on host plant selection by *Hylemya brassicae* (Bouché) (Diptera; Anthomyiidea). Teoksessa: Proceedings of the Central Branch of the Entomological Society of America. s. 33:19.

Maa- ja elintarviketalous –sarjan kasvintuotantoteemassa ilmestyneitä julkaisuja

2004

- 49 Vaihtoehtoja ravinnetalouden ja kasvintuhoojien hallintaan laajamittaisessa luomuvihannesviljelyssä. *Kallela, M. ym.* 62 s. Hinta 20 euroa.
- 48 Rukiin jalostuksen ja viljelyn tehostaminen pohjoisilla viljelyalueilla. *Hovinen, S. ym. (toim.)* 199 s. Hinta 25 euroa.
- 46 Puutarhakasvien tihkukastelu ja kastelulannoitus avomaalla. Viljely, teknologia ja talous. *Suojala, T. ym.* 134 s. Hinta 25 euroa.
- 42 Kiinalaisten ja uhanalaisten rohdoskasvien viljelymahdollisuudet Suomessa. *Jokela, K & Galambosi, B.* 31 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met42.pdf).
- 41 Perunantyyvi- ja märkämädän epidemiologia, diagnostiikka ja hallintakeinot. *Hannukkala, A. & Segerstedt, M. (toim.)*. 58 s. Hinta 20 euroa.

2003

- 37 Adaptogeenikasvien viljelytutkimus ja käyttö Suomessa. Ruusujuuri-seminaari, Mikkeli, 18.6.2002. *Galambosi, B. (toim.)*. 106 s. Hinta 25 euroa.
- 26 Luomumansikan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Kirjallisuusselvitys. *Prokkola ym.* 160 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met26.pdf).
- 17 Uhanalaisten lääkekasvien markkinat ja viljely: Kirjallisuusselvitys. *Galambosi, B. & Jokela, K.* 88 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met17.pdf).
- 15 Lietelannan käyttö nurmikierrossa. *Mattila, P. (toim.)*. 80 s. Hinta 20 euroa.

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

