

**Sekaviljelyn vaikutus rypsin (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.)
kasvinsyöjiin ja niiden luontaisiin vihollisiin**

Riikka Armanto

Pro gradu -tutkielma

Turun yliopisto
Biologian laitos
18.2.2015

Linja: Ekologian linja
Erikoistumisala: Ekologiset
vuorovaikutussuhteet

Laajuus: 40 op

Tarkastajat:

1:

2:

Hyväksytty:

Arvolause:

*Turun yliopiston laatujärjestelmän
mukaisesti tämän julkaisun
alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

TURUN YLIOPISTO

Biologian laitos
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

ARMANTO, RIIKKA: Sekaviljelyn vaikutus rypsin (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.) kasvinsyöjiin ja niiden luontaisiin vihollisiin

Pro gradu –tutkielma, 34 s., 2 liitettä
Ekologia
Helmikuu 2015

Rypsi (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.) on tärkeä viljelty öljykasvi, jolla esiintyy useita ristikkukkaisille erikoistuneita, sadontuottoa alentavia kasvinsyöjälajeja. Vuonna 2014, jolloin Euroopan Unioni kielsi neonikotinoidi-yhdisteiden käytön pölyttäjiä houkuttelevilla viljelykasveilla, rypsin viljelypinta-ala pieneni Suomessa 22 % vuodesta 2013. Vaikka EU myönsi poikkeusluvan yhdisteiden käytölle vuodelle 2015, on kasvinsyöjien hallintaan tärkeää löytää kasvinsuojeluaineita korvaavia, ympäristöä vähemmän kuormittavia menetelmiä. Esimerkiksi viljeltyjen kasvustojen monimuotoisuuden lisäämisen on todettu olevan hyödyllistä maanviljelyn tuholistorjunnan kannalta. Sekaviljely, eli kahden tai useamman lajin samanaikainen kasvattaminen samalla paikalla, on yksi tapa lisätä viljelmien monimuotoisuutta.

Tässä tutkielmassa tutkin sekaviljelyn vaikutusta luonnonmukaisesti tuotetulla rypsilä esiintyviin niveljalkaisiin kasvinsyöjiin ja niiden luontaisiin vihollisiin. Lisäksi tarkastelen sekaviljelyn vaikutusta rypsin sadontuottoon. Tutkielman koeasetelmassa rypsiä kasvatettiin puhdaskasvustossa ja kolmen eri kumppanikasvin, rehuvirnan (*Vicia sativa* L.), haisusamettikukan (*Tagetes minuta* L.) ja valkoapilan (*Trifolium repens* L.) kanssa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Mikkelissä. Kontrollikasvustoa ja kutakin sekakasvustoa kasvatettiin neljällä 12 m² koeruudulla. Keräsin tietoa kasvustojen kasvinsyöjistä ja luontaisista vihollisista visuaalisilla havainnoinneilla, hyönteisimurilla, kuoppapyydyksillä ja liima-ansoilla. Rypsin siemensato korjattiin kultakin koeruudulta neliön alalta.

Haisusamettikukan sekundaariyhdisteet eivät karkottaneet odotusten mukaisesti kasvinsyöjiä rypsiltä vaan haisusamettikukka-rypsikasvustosta löytyi 32 % kaikista kasvukaudella havainnoiduista kasvinsyöjistä. Rehuvirnan kasvattaminen rypsin kanssa lisäsi merkittävästi kasvustossa esiintyvien vainopistiäisten (Braconidae) määrää. Valkoapila-rypsikasvustossa esiintyi vähemmän rapsikuoriaisia (*Meligethes aeneus*) kuin kontrollikasvustossa ja muissa sekakasvustoissa. Yleispetojen eli maakiitäjäisten (Carabidae), lyhytsiipisten (Staphylinidae) ja hämähäkkien (Araneae) määrään sekaviljelyllä ei ollut vaikutusta. Haisusamettikukka-rypsikasvusto tuotti pienimmän rypsisadon, mutta muuten kasvustojen sadontuotto oli yhtenevä. Suomessa sekaviljelyä on tutkittu huomattavan vähän, eikä rypsilä tehtyjä sekaviljelykokeita löydy paljoa ulkomailtaakaan. Koe toi siten arvokasta tietoa sekaviljelyn, kasvinsuojelun ja rypsin viljelytekniikan kehittämiseen Suomessa.

ASIASANAT: rypsi, sekaviljely, biologinen torjunta, loispistiäiset, kasvinsyöjät

UNIVERSITY OF TURKU
Department of Biology
Faculty of Mathematics and Natural Sciences

ARMANTO, RIIKKA:

The effect of intercropping on herbivores and their natural enemies in turnip rape (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.)

Master's thesis, 34 p., 2 appendices
Ecology
February 2015

Turnip rape (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.) is an important oilseed plant cultivated in Northern Europe. However, turnip rape yields are frequently decreased by specialized herbivores in the fields. In 2014 European Union prohibited the use of neonicotinoids in crops that attract pollinators and the field area of turnip rape decreased 22 % from year 2013 in Finland. Although the use of neonicotinoids was allowed for a year 2015, it would be crucial to find other methods than pesticides to control herbivore damage. For example the biodiversity of fields is shown to be beneficial to pest control. Intercropping, which means growing two or more plants simultaneously in same place, is one way to increase biodiversity.

In this thesis I study the effect of intercropping on arthropod herbivores and their natural enemies in organically grown turnip rape. I also examine how intercropping affects turnip rape yield. In the experimental design turnip rape was grown in pure stands and with three different companion plants: common vetch (*Vicia sativa* L.), southern cone marigold (*Tagetes minuta* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). Each vegetation type was repeated four times in field experiment. I collected data from the amount of herbivores and natural enemies with visual observations, insect vacuum sampler, pitfall traps and adhesive traps. In each plot the turnip rape yield was collected from one square meter area.

32 % of all herbivores observed in growing season were found from plots where southern cone marigold was grown with turnip rape. Common vetch increased the amount of Braconids. There were less pollen beetles (*Meligethes aeneus*) in stands with white clover and turnip rape than other mixture stands and turnip rape pure stands. Vegetation types did not have influence on distribution of Carabids, Staphylinids and spiders. Plots combining southern cone marigold and turnip rape produced least turnip rape seeds but other stands were quite similar in according to yield production.

KEYWORDS: *Brassica rapa* ssp. *oleifera*, intercropping, biological control, natural enemies, herbivores

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
2.1. Koeasetelma	4
2.2. Koekasvit ja kokeen perustaminen	5
2.3. Tarkasteltavat niveljalkaiset.....	7
2.3.1. Kasvinsyöjät.....	7
2.3.2. Kasvinsyöjiin erikoistuneita loispistiäisiä ja näihin erikoistuneita loispistiäisten loispistiäisiä	8
2.3.3. Muita luontaisia vihollisia.....	9
2.4. Keräysmenetelmät ja havainnointi	9
2.5. Aineiston analysointi.....	12
3. TULOKSET	14
3.1. Kasvinsyöjien esiintyminen.....	14
3.2. Loispistiäiset ja muut luontaiset viholliset	18
3.3. Sadontuotto.....	20
4. TULOSTEN TARKASTELU	22
4.1. Kumppanikasvien vaikutus rypsin kasvinsyöjiin	22
4.2. Kumppanikasvien vaikutus kasvinsyöjien luontaisiin vihollisiin	24
4.3. Kumppanikasvien vaikutus rypsin sadontuottoon	26
4.4. Koeasetelman ja keräysmenetelmien arviointi	27
5. LOPUKSI	29
KIITOKSET	30
KIRJALLISUUS	31
LIITTEET	35

1. JOHDANTO

Tehokkaan maanviljelyn harjoittaminen on Euroopassa, mutta myös muissakin maanosissa, päätenyt valtaosin nojaamaan yksinkertaisten ekosysteemien ja ulkoisten tuotantopanosten varaan. Viljelmien lajisto pyritään pitämään yksipuolisena kasvattamalla yhtä viljelylajiketta ja -lajia kerrallaan, poistamalla kilpailevat kasvit ja rajoittamalla kasvinsyöjien esiintymistä. Myös maaperän eliöiden runsauteen vaikutetaan osin tahattomastikin säännöllisellä voimakkaalla muokkauksella. Lainehtiva viljapelto nähdään yksinkertaisuudessaan helpommin hallittavana kokonaisuutena kuin tarkoituksellisesti monilajinen ja siten monimuotoisempi systeemi.

Toiminnallisella, geneettisellä ja lajistollisella monimuotoisuudella on kuitenkin merkittävä rooli ekosysteemin toiminnan kannalta. Peltoekosysteemissä ravinteiden kierrätys, mikroilmaston, hydrologisten prosessien ja yksittäisten eliöiden runsauden säätely ja myrkyllisten yhdisteiden muuntaminen myrkyttömään muotoon ovat monimuotoisuuden mukanaan tuomia tuotannollisia etuja (Altieri 1999). Kasvuston monimuotoisuuden vaikutusta kasvinsyöjien esiintymiseen ja käyttäytymiseen on tutkittu maanviljelyn näkökulmasta paljon ja sen lisäämisen on todettu olevan tuholiaistorjunnan kannalta hyödyllistä (Letourneau ym. 2011).

Sekaviljely ('intercropping') eli kahden tai useamman lajin samanaikainen kasvattaminen samalla paikalla (Ofori & Stern 1987) on yksi tapa lisätä viljelmien monimuotoisuutta. Joillain alueilla Afrikassa, Etelä-Amerikassa ja Intiassa sekaviljely on huomattavan yleistä ja sillä on pitkät perinteet (Vandermeer 1989). Sekaviljelyyn kuuluu myös aluskasvien ('cover crop') käyttö ja päällekkäisviljely ('relay intercropping'), jossa esimerkiksi syysvilja kylvetään jo keväällä kasvamaan yksivuotisen kevätkylvöisen kasvin kanssa (Känkänen 2000). Sekaviljelyä, jossa lajit kylvetään yhtenä seoksena, kutsutaan suomeksi usein seosviljelyksi. Kumppanikasvilla ('companion crop') tarkoitetaan tieteellisissä julkaisuissa pääkasvin kanssa tarkoituksellisesti kasvatettavaa toista kasvilajia. Puutarhanhoitoon liittyvässä kirjallisuudessa kumppanikasveilla taas viitataan usein lajeihin, joiden ajatellaan samalla kasvupaikalla edistävän toistensa kasvua (Keil & Vainio 1996). Tieteellisissä julkaisuissa termi itsessään ei ota kantaa kasvienvälisen vuorovaikutussuhteen hyödyllisyyteen.

Ravintoketjun alemman tason yhteisön monimuotoisuus vaikuttaa seuraavien tasojen yhteisöihin monien eri mekanismien kautta. Root (1973) on *resurssien kasautumisen hypoteesissaan* esittänyt, että erikoistuneet kasvinsyöjät todennäköisesti löytävät

isäntäkasvinsa helpommin yksilajisessa kuin monilajisessa ympäristössä. Mikäli olosuhteet ovat suotuisat, ne myös jäävät kasville pidemmäksi aikaa kuin lajit, joilla ei ole yhtä tarkkoja vaatimuksia kasvin ominaisuuksien suhteen. Muutamat erikoistuneet kasvinsyöjälajit pääsevät lisääntymään tehokkaasti muiden lajien kustannuksella, jolloin käytössä olevat resurssit kasaantuvat näihin populaatioihin. Root (1973) piti resurssien kasautumista tärkeimpänä syynä kasvinsyöjien määrän ja lajiston eroihin yksinkertaisten ja monimuotoisten kasvustojen välillä.

Tämän lisäksi kasvinsyöjien luontaisten vihollisten populaatiot ovat Rootin (1973) *vihollishypoteesin* mukaan runsaampia monimuotoisissa ympäristöissä kuin yksinkertaisissa. Monimuotoinen kasvusto tarjoaa luontaisille vihollisille enemmän mahdollisuuksia suojaan, useampia saalislajeja ja vaihtoehtoista ravintoa yksilajiseen ympäristöön verrattuna (Xu ym. 2011). Esimerkiksi kasvien tuottama hiilihydraattipitoinen mesi on tärkeä ravinnonlähde monille loispistiäislajeille (Wäckers 2004). Wäckersin (2004) mukaan meden saatavuudella voi olla suuri vaikutus loispistiäisten kautta toimivan biologisen torjunnan tehokkuuteen. Biologisella torjunnalla tarkoitetaan muiden eliöiden avulla tapahtuvaa kasvinsyöjäpopulaation rajoittamista (Flint ym. 1998). Toisaalta hyvin erikoistuneiden luontaisten vihollisten kuten loispistiäisten voi olla vaikeampaa löytää kohdettaan vaihtelevassa ympäristössä (Sheehan 1986).

Ympäröivän yhteisön ja sen monimuotoisuuden merkitystä voi tarkastella myös yksilön näkökulmasta. Lajitoverien ja toisten lajien yksilöiden tai aikaansaamia muutoksia tarkasteltavan yksilön herkkyyteen joutua syödyksi tai loisituksi kutsutaan *assosiatiiviseksi vaikutukseksi* (Underwood ym. 2014). Vuorovaikutussuhde voi olla tarkasteltavan yksilön kannalta negatiivinen (*assosiatiivinen alttius*) tai positiivinen (*assosiatiivinen vastustuskyky/ puolustautuminen*). Kasveista puhuttaessa assosiatiivista alttiutta ja vastustuskykyä voidaan molempia pitää epäsuorina vaikutuksia, jotka johtuvat kasvinsyöjien ja luonnollisten vihollisten erilaisista vasteista kasvien ominaisuuksiin (Barbosa ym. 2009). Loogisesti näitä naapurivaikutuksia voi ilmetä vain sellaisten yksilöiden välillä, jotka esiintyvät samassa ajassa ja tilassa. *Assosiatiivisen vastustuskyvyn hypoteesi* esittää, että monimuotoisen kasvuston tuottamat kemialliset ärsykkeet vaikeuttavat kasvinsyöjien mahdollisuuksia löytää sopiva isäntäkasvi (Tahvanainen & Root 1972; Hambäck ym. 2000). Assosiatiivinen vastustuskyky voi ilmetä esimerkiksi silloin, kun naapurikasvin maku tai haihtuvat yhdisteet karkottavat kasvinsyöjiä tai vetävät niitä puoleensa (Stiling ym. 2003). *Karkotekasvihypoteesin* mukaan jotkin kasvilajit suojaavat naapureitaan kasvinsyöjiltä haihtuvien ja myrkyllisten yhdisteiden, hajujen, piikkien tai varjostuksen avulla (Atsatt &

O'Dowd 1976). Kasvinsyöjiä karkottavien ja houkuttelevien kasvien yhtäaikaista käyttöä hyödynnetään esimerkiksi 'push-pull' –strategiaksi kutsutussa torjuntamenetelmässä. Sen ideana on luotaantyöntävän kasvilajin avulla ohjata kasvinsyöjiä pois pääkasviltä kohti houkuttelevaa kumppanikasvia (Cook ym. 2007). Pelkästään houkuttelevien naapurikasvien kanssa kasvaminen saattaa tosin lisätä kasvinsyöjien liikettä kohti pääkasvia ja siten lisätä alttiutta vahingoittumiselle (Emerson ym. 2012).

Tässä tutkielmassa tutkin sekaviljelyn vaikutusta luonnonmukaisesti tuotetulla rypsilä (*Brassica rapa* ssp. *oleifera* L.) esiintyviin niveljalkaisiin kasvinsyöjiin ja niiden luontaisiin vihollisiin. Rypsi on tärkeä öljykasvi ja sillä esiintyy useita ristikkukkaisille erikoistuneita kasvinsyöjiä kuten rapsikuoriaisia (*Meligethes aeneus*), kaalikoita (*Plutella xylostella*) ja kirppoja (*Phyllotreta* sp). Vuonna 2013 rapsikuoriaisten ja kirppojen torjuntaan käytetyt neonikotinoidi-yhdisteet kiellettiin vuodesta 2014 alkaen öljykasvien viljelyssä Euroopan Unionin alueella, sillä niiden epäiltiin edesauttavan mehiläiskuolemia (Salonen 2013). Käyttökiellon pelättiin hankaloittavan rypsin ja rapsin viljelyä Suomessa (Nurro 2013). Rypsin viljelyala pienenikin 21,8 % ja rapsin 9,6 % vuodesta 2013 vuoteen 2014 (Tike 2014). Vuoden 2015 alussa EU kuitenkin myönsi poikkeusluvan neonikotinoidien käytölle öljykasvien peittäusaineena, sillä kirppojen torjuntaan ei ole käytettävissä korvaavia tehokkaita keinoja (Liesipuu 2015). Sekaviljelyä tutkimalla rypsilä esiintyvien kasvinsyöjien hallintaan voitaisiin mahdollisesti löytää kasvinsuojeluaineita korvaavia ja ympäristön kannalta parempia menetelmiä, jotka soveltuvat myös luonnonmukaisen rypsin tuotantoon.

Tutkielman koeasetelmassa rypsiä kasvatetaan kolmen eri kumppanikasvin, valkoapilan (*Trifolium repens* L.), rehuvirnan (*Vicia sativa* L.) ja haisusamettikukan (*Tagetes minuta* L.) kanssa. Vertaan sekaviljelyiltä koeruuduilta löytyvien kasvinsyöjien ja luontaisten vihollisten määrää ja lajistoa rypsin puhdaskasvustoon. Valkoapilan ajatellaan pienentävän rypsilä esiintyvien kasvinsyöjien populaatioita (*resurssien kasautumisen hypoteesi*, Root 1973) ja rehuvirnan lisäävän kasvinsyöjien luontaisia vihollisia (*vihollishypoteesi*, Root 1973). Haisusamettikukan tuottamien haihtuvien yhdisteiden odotetaan vähentävän kasvuston houkuttelevuutta (*karkotekasvihypoteesi*, Atsatt & O'Dowd 1976). Lisäksi rehuvirna ja valkoapila voivat typensitojakasveina parantaa pääkasvin typensaantia (Pirhofer-Walzl ym. 2012). Tutkielman tarkoituksena on arvioida valittujen kumppanikasvien kautta tapahtuvan biologisen torjunnan onnistumista ja sekaviljelyn vaikutusta rypsin sadontuottoon.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Keräsin aineistoni kesällä 2014 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen vanhemman tutkijan Sari Himasen perustamalla kenttäkokeella osana tutkimusavustajan työtä. Kolmevuotinen Suomen Akatemian rahoittama koe kuului Himasen tutkijatohtoriprojektiin ”Specialist herbivores under climatic warming: Bottom-up and top-down regulation and trophic chain stability”.

2.1. Koeasetelma

Koe perustettiin kesällä 2013 ja toistettiin vuonna 2014. Alue sijaitsee Mikkelin Rantakylässä, MTT Mikkelin entisen tutkimusaseman Karilan pellolla (koordinaatit: 61°40'33.5"N 27°13'40.6"E). Kutakin käsittelyä (haisusamettikukka, rehuvirna ja valkoapila) oli neljä koeruutua, samoin kuin kontrolliruutuja (rypsin puhdaskasvusto). Koeruutuja oli siis yhteensä 16. Tämän lisäksi kaikki koeruudut oli jaettu kahteen osaruutuun, joista toisessa lämpötilaa oli kohotettu lämmittimen avulla (Kuva 1). Lämmittimet laitettiin päälle, kun ensimmäisestä kylvöstä oli kulunut kaksi viikkoa. Kohotetun lämpötilan vaikutuksen arvioiminen kuului yhtenä osana Himasen tutkijatohtoriprojektiin, mutta kohotetun lämpötilan vaikutuksen arviointi jää pro gradu – tutkielmani ulkopuolelle.



Kuva 1. Rypsikokeen osaruutujen lämmittimet ja kontrollilinjat. Kuva: Riikka Armanto

Osaruudut olivat kooltaan 6 m² ja koeruudut siten yhteensä 12 m² (Liite 1). Koeruudut olivat joka suunnasta 2,5 metrin etäisyydellä toisistaan. Rehuvirna ja valkoapila kasvoivat koeruuduilla seoksena rypsin kanssa. Haisusamettikukat esikasvatettiin ja

istutettiin ruutujen pitkille sivuille. Koeruudut olivat vuonna 2014 samassa keskinäisessä järjestyksessä kuin ensimmäisenä vuonna. Ruutuja ympäröi timoteinurmi. Koealueen toisella laidalla, rypsikokeesta vasemmalle oli samaan aikaan parsakaalien kasvinsyöjiä tutkiva koe. Oikealla puolella koealue loppui peltotiehen. Vaikka koealan perustettiin mahdollisimman tasalaatuiselle alueelle, koealan puoliskojen välillä oli nähtävissä pientä vaihtelua maan kaltevuuden suhteen. Koealue oli aidattu ja aidan ulkopuolella kasvoi heinänurmea.

2.2. Koekasvit ja kokeen perustaminen

Rypsi (*Brassica rapa* ssp. *oleifera*) on ristikukkaiskasvien (Brassicaceae) heimoon, kaalien (*Brassica*) sukuun kuuluva keltakukkainen öljykasvi. Se on läheistä sukua rapsille (*Brassica napra* ssp. *oleifera*), joka on eniten viljelty öljykasvi Pohjois- ja Keski-Euroopassa (Williams 2010).

Hernekasvien heimoon kuuluvaa valkoapilaa (Fabaceae: *Trifolium repens* L.) käytetään Suomessa yleisesti laitumilla ja säilörehunurmista (Aaltonen & Peltonen 2011). Valkoapilaa käytetään myös aluskasvina (Sustainable Agriculture Research & Education 2007), sillä palkokasvina se sitoo biologisesti typpeä ja voi lisätä pääkasvin typensaintia (Pirhofer-Walzl ym. 2012). Sekaviljelyssä valkoapilan etuja ovat sen matalakasvuisuus ja hyvä maanpeittävyys rikkakasveja vastaan. Aluskasvina käytettyjen apiloiden on havaittu vähentävän kasvinsyöjiä (Finch & Kienegger 1997) ja lisäävän joidenkin yleispetojen (Booij ym. 1997) määrää kaalikasveilla. Korkeakasvuisten apilalajien kilpailukyky voi kuitenkin heikentää pääkasvin satoa (Björkman ym. 2009).

Rehuvirna (*Vicia sativa* L.) on virnojen (Fabaceae) sukuun kuuluva rentovartinen typensitojakasvi. Rypsin kumppanikasvina rehuvirna kasvaa rypsin varsiin tukeutuen ja kasvustoa tihentäen. Violettien kukkiensa lisäksi rehuvirnalla on korvakkeita, jotka tuottavat sokeripitoista mettä kukista riippumatta (Katayama & Suzuki 2011). Näitä korvakkeita kutsutaan mesiäisiksi ja kukan ulkopuolella tuotettavaa mettä kutsutaan EFN:ksi (extrafloral nectar) (Koptur 1992). Rehuvirnan on todettu lisäävän tiettyjen loispistiäislajien esiintymistä (Geneau ym. 2012).

Haisusamettikukka (Asteraceae: *Tagetes minuta*) kuuluu samettikukkien sukuun. Haisusamettikukan lehtien ja kukkien tuottamat eteeriset öljyt sisältävät runsaasti sekundaariyhdisteitä kuten terpenoideja (Vasudevan ym. 1997). Terpenoideilla on havaittu tuhohyönteisiä, sukkulamatoja ja sieniä torjuvia vaikutuksia.

Haisusamettikukan bioaktiiviset yhdisteet vaikuttavat niveljalkaisiin myrkkujen tavoin ja voivat ilmaan haihtuvina karkottaa niitä (Vasudevan ym. 1997; Tomova ym. 2005).

Ennen kylvöä koeruudut lannoitettiin Arvo-luomulannoitteella (4% typpeä, 1% fosforia ja 2 % kaliumia). Alalle levitettiin myös biotiittia (5% kaliumia, 7% kalsiumia, 10% magnesiumia) pH-arvon nostamiseksi. Biotiittiin (6 000 kg/ha, kullekin ruudulle 13,5 kg) ja lannoitteen (2000 kg/ha, kullekin ruudulle 5,5 kg) tarve arvioitiin koealalta otetun maaperänäytteen perusteella. Maa-alue kynnettiin, jyrättiin ja jyrättiin ennen kylvöä.

Rypsin (lajike 'Cordelia'), virnan (lajike 'Ebena') ja apilan (lajike 'Hebe') siemenet kylvettiin 4. kesäkuuta 2014. Rypsiä kylvettiin 6, rehuvirnaa 15 ja valkoapilaa 3 kg hehtaarille yleisen käytännön mukaan. Rypsi-rehuvirnaruudut ja rypsi-valkoapilaruudut kylvettiin seoksina. Rypsi ja rehuvirna sekä rypsi ja valkoapila kylvettiin kahtena peräkkäisenä kylvönä näille koeruuduille siemenkoon erojen vuoksi.

Haisusamettikukan siemenet kylvettiin 23.4. esikasvatettavaksi kasvihuoneessa. Taimet istutettiin 5.6. noin kuuden viikon ikäisinä ja metrin korkuisina neljän koeruudun pitkille sivuille. Kutakin neljää koeruutua reunustamaan istutettiin 40 taimea (Kuva 2). Koealueen reunat ja ruutujen välit kylvettiin timotein siemenellä (noin 20 kg/ha).



Kuva 2. Haisusamettikukat (*Tagetes minuta*) istutettiin kasvamaan rypsiaruutujen pitkille sivuille. Kuva: Riikka Armanto

Kesäkuun puolella välissä tehtiin lisäksi käsin täydennyskylvö kaikille koeruuduille (6 kg/ha rypsin siementä, kullekin ruudulle 6 g), sillä ensimmäisen kylvön jälkeisten runsaiden sateiden vuoksi rypsi oli noussut joissakin ruuduissa erittäin huonosti.

Kitkin kahdesti koeruuduilta juolavehnää ja muita rikkoja taimien ollessa pieniä. Koeruuduilla tehtiin kasvusto- ja hyönteishavainnoiteja ja kerättiin näytteitä niveljalkaisten määristä kuoppapyödyksillä, liima-ansoilla ja hyönteisimurilla eri vaiheissa kasvukautta. Jokaiselta osaruudulta korjattiin käsin kaikki maanpäällinen kasvusto yhden neliömetrin alalta rypsin tuleentumisen jälkeen 18.-19.9.2014.

2.3. Tarkasteltavat niveljalkaiset

Rypsillä esiintyy useita ristikukkaisille kasveille erikoistuneita kasvinsyöjälajeja. Erityisesti kovakuoriaisten lahkosta löytyy lajeja, joiden toukat ja aikuiset voivat vioittaa kasvia ja vaikuttaa siementuottoon. Useat erilaiset perhoset voivat munia rypsin lehdille, jolloin niiden toukat käyttävät lehtiä ravinnokseen koteloitumiseensa asti. Ristikukkaisille kasveille erikoistuneita kasvinsyöjiä löytyy myös kaksisiipisten ja nivelkärsäisten lahkosta. Lisäksi voidaan olettaa, että kokeella esiintyy kasvinsyöjien luontaisia vihollisia. Luontaisia vihollisia voivat olla tietyille kasvinsyöjälajille erikoistuneet loispistiäiset tai kaikkiruokaiset yleispedot, kuten hämähäkit ja muutamat kovakuoriaisheimot. Seuraavaksi esiteltävien niveljalkaislajien ja -lajiryhmien odotettiin esiintyvän kokeella.

2.3.1. Kasvinsyöjät

Rapsikuoriaiset (Nitidulidae: *Meligethes aeneus*) vioittavat rypsin kukkia ja nappuja käyttämällä niitä ravinnokseen ja munimalla niihin (Vainio & Väänänen 1995). Rapsikuoriaisen toukat syövät nappujen ja kukkien siitepölyä (Williams 2010). Kaalikasvien heimoon erikoistunut sinappikuoriainen (Chrysomelidae: *Phaedon cochleariae*) (Kuehnle & Mueller 2009) vahingoittaa lehtiä syömällä niitä reikäisiksi (Van Emden 2013). Taimivaiheessa aikuiset kirpat (Chrysomelidae: *Phyllotreta* sp.) voivat syödä rypsin lehdet riekaleiksi (Vainio & Väänänen 1995).

Nystykärsäkäs (Curculionidae: *Ceutorhynchus pallidactylus*) munii lehtien alapintojen lehtiruotoihin ja välillä myös nuorten lehtien varsiin. Rapsikärsäkkäät (Curculionidae: *Ceutorhynchus assimilis*) ja litukärsäkkäät (Curculionidae: *Ceutorhynchus napi*) purevat suosillaan reiän litujen kuoreen ja munivat niihin. Toukat aiheuttavat sadon menetystä syömällä siemeniä. Litusääski (Diptera: *Dasineura brassicae*) käyttää

kärsäkkäiden tekemiä reikiä hyödyksi laskeakseen omat munansa lituihin. Lidut alkavat toukkien kehittyessä turvota ja muuttua keltaisiksi. Litusääsken toukkien vaikutuksesta lidut aukeavat ennenaikaisesti. (Williams 2010).

Kaalikoin (Plutellidae: *Plutella xylostella*) ja kaaliperhosten (Lepidoptera: Pieridae) toukat syövät lehtiin ikkunakuvioidisia vaurioita ja suuria reikiä. Kaaliperhoset (Pieridae: *Pieris brassicae*) ehtivät usein munia kaksi sukupolvea yhden kesän aikana. Rapsipistiäisten (Hymenoptera: *Athalia rosae*) toukkia saattaa esiintyä joukoittain vioittaen ristikukkaisten lehtiä. (Vainio & Väänänen 1995).

Peltoluteelle (Hemiptera: *Lygus rugulipennis*) kelpaavat ravinnoksi hyvin monet kasvilajit, mutta se suosii asteri-, herne- ja ristikukkaiskasveihin kuuluvia lajeja (Rintala & Rinne 2011). Rintalan ja Rinteen (2011) mukaan se on yksi Suomen yleisimmistä ludelajeista ja esimerkiksi Euroopassa perunan, kaalin, sokerijuurikkaan ja lantun viljelytuholainen. Lude aiheuttaa valkoisia läikkiä syömiinsä lehtiin (Chinery 1993). Kaalilude (Hemiptera: *Eurydema oleraceum*) käyttää ravinnokseen ristikukkaiskasveja (Rintala & Rinne 2011). Se ruokailee pääosin kasvien lisääntymisosilla ja kasvupisteen läheisyydessä (Fasulati ym. 2008).

Lehtikirvat (Hemiptera: Aphididae) ovat merkittäviä virustautien levittäjiä ja niiden sokeripitoinen uloste, mesikaste, toimii homeiden kasvualustana (Vainio & Väänänen 1995). Rypsilä saattaa esiintyä erityisesti ristikukkaisiin kasveihin erikoistunutta kaalikirvaa (Aphididae: *Brevicoryne brassicae* L.) ja nauriskirvaa (Aphididae: *Lipaphis erysimi*) (Ekbom 2010). Myös kaskaat (Hemiptera: Auchenorrhyncha) saattavat toimia virusten levittäjinä (Vainio & Väänänen 1995).

2.3.2. Kasvinsyöjiin erikoistuneita loispistiäisiä ja näihin erikoistuneita loispistiäisten loispistiäisiä

Kuutta Euroopassa merkittävintä rapsin tuhohyönteislajia, rapsikirppaa (*Psylliodes chrysocephala*), nystykärsäkästä (*Ceutorhunchus pallidactylus*), rapsikärsäkästä (*Ceutorhunchus assimilis*), litukärsäkästä (*Ceutorhunchus napi*), rapsikuoriaista (*Meligethes aeneus*) ja litusääskeä (*Dasineura brassicae*), loisii tutkimusten mukaan 80 eri loispistiäislajia (Ferguson ym. 2010). Erityisesti Parasitica-ryhmän yläheimoissa loispistiäismäiset (Hymenoptera: Ichneumonoidea) ja kiilupistiäiset (Chalcioidea) on useita lajeja, jotka ovat merkittäviä kasvinsyöjien luontaisia vihollisia. Esimerkiksi kaaliperhosen loispistiäinen (Braconidae: *Cotesia glomerata*) munii kaaliperhosen toukkaan, jota kuoriutuneet pistiäistoukat alkavat käyttää ravintonaan sisältä päin (Kirk

2011). Yhdessä isännässä saattaa olla kehittymässä useita vainopistiäistoukkia (Vainio & Väänänen 1995). Myös kaalikoin loispistiäinen (Braconidae: *Cotesia plutellae*) ja rapsikuoriaispistiäinen (Ichneumonidae: *Phradis morinellus*) ovat kokeella todennäköisesti esiintyviä loispistiäislajeja.

Toisaalta kiilupistiäisten yläheimosta ja ahmaspistiäisten heimosta (Ichneumonidae) löytyy lajeja, jotka ovat toisten loispistiäisten luontaisia vihollisia. Esimerkiksi *Tetrastiscus galactopus* (Chalcioidea: Eulophidae) munii vainopistiäisiin kuuluvan kaaliperhosen loispistiäisen (*Cotesia glomerata*) toukkiin, jotka ovat joko jo jättäneet isäntänsä tai ovat vielä sen sisällä (Kirk 2011). Myös ahmaspistiäisten heimon *Lysibia nana* loisii kaaliperhosen loispistiäistä, mutta munii sen koteloihin (Kirk 2011). Tätä toisten loisten loisimista kutsutaan hyperparasitismiksi tai hyperloisinnaksi (Vainio & Väänänen 1995).

2.3.3. Muita luontaisia vihollisia

Maakiitäjäiset (Coleoptera: Carabidae) ovat nopeita, enimmäkseen maanpinnalla juoksentelevia kaikkiruokaisia kovakuoriaispetoja (Vainio and Väänänen 1995). Maakiitäjäinen on yksi yleisimmistä ja tärkeimmistä viljelmillä esiintyvistä selkärangattomista pedoista (Williams ym. 2010). Sekä toukat että aikuiset syövät pieniä hyönteisiä ja niiden toukkia ja munia (Vainio and Väänänen 1995). Myös lyhytsiipisten kovakuoriaisheimon (Coleoptera: Staphylinidae) useimmat lajit ovat petoja (Vainio & Väänänen 1995). Vaikka heimon lajeille kelpaavat muiden eläinten lisäksi kasvit ja sienet, niitä pidetään tyypillisinä viljelmien yleispetoina (Van Emden 2013).

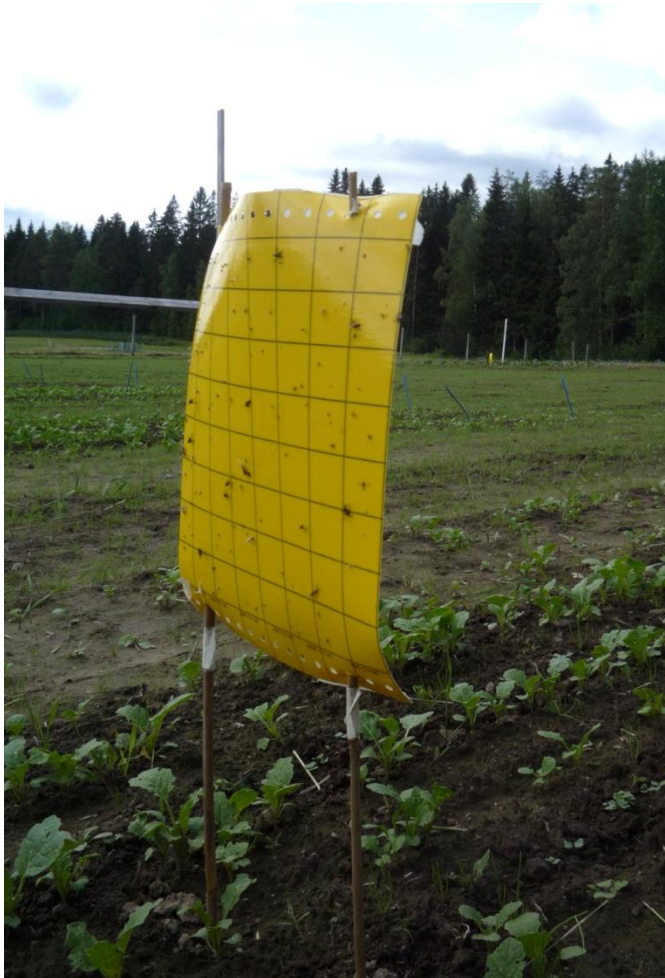
Leppäkuoriaisiin (Coleoptera: Coccinellidae) kuuluva seitsenpistepirkko (*Coccinella septempunctata*) on heimonsa yleisin laji ja kemppien, kirvojen, punkkien ja ripsiäisten luontainen vihollinen. Aikuiset ja toukat ovat molemmat tehokkaita petoja. Hämähäkit (Araneae) taas saalistavat hyönteisiä seitistä rakentamiensa pyyntiverkkojen avulla ja ovat tärkeitä luontaisia vihollisia monille kasvinsyöjille. (Vainio & Väänänen 1995).

2.4. Keräysmenetelmät ja havainnointi

Keräsin tietoa kolmesta toiminnallisesti erilaisesta niveljalkaisten ryhmästä: kasvinsyöjistä, kasvinsyöjien loispistiäisistä ja kaikkiruokaisista yleispedoista. Aineiston keruuseen valitsin yhdessä Sari Himasen kanssa menetelmiä, joilla todennäköisimmin voitaisiin tunnistaa kokeella esiintyvien toiminnallisten ryhmien lajistoa ja arvioida

runsautta. Tämän lisäksi tietoa kerättiin rypsin korkeudesta ja kasvuasteesta, kumppanikasvin korkeudesta ja rypsin tuottaman sadon määrästä.

Jokaisen koeruudun keskelle sijoitettu liima-ansa keräsi kasvuston niveljalkaisia 10.6.-9.9. välisenä aikana (Kuva 3). Liima-ansat olivat ruudulla aina viikon kerrallaan, minkä jälkeen ne vietiin kylmään odottamaan tarkastelua. Ansoilla kerättiin tietoa erityisesti kaalikoin ja loispistiäisten määristä.



Kuva 3. Liima-ansat sijoitettiin koeruudun keskelle aina samaan suuntaan. Kuva: Riikka Armanto

Selkärangattomien esiintymistä ja määrää seurattiin myös visuaalisin havainnoinsein kerran viikossa 18.6.-14.8.2014 paitsi viimeisen kahden viikon aikana vain kerran. Valitsin kultakin ruudulta satunnaisesti viisi kasviyksilöä, joilta laskin ja tunnistin löytyvät selkärangattomat. Havainnointia ja tunnistusta teki lisäksi Sari Himanen. Loispistiäisiä ei pystynyt nopealla visuaalisella havainnoinnilla tunnistamaan kuin yleisesti ja on todennäköistä, että pienimpiä pistiäisiä on jäänyt myös huomaamatta. Havainnoiteja tehtiin vain osaruutujen keskeltä yhden neliömetrin alalta. Visuaalisten havainnointien tarkoitus oli arvioida kasvinsyöjien ja luontaisten vihollisten esiintymistä poistamatta niitä koealueelta.

Tämän lisäksi käytin aineiston keruuseen hyönteisimuria ja kuoppapyydyksiä. Kuoppapyydyksillä kerättiin näytteitä maan pinnalla kuljeskelevista niveljalkaisista. Keräsin kuoppapyydysnäytteitä kahdesti (9.-11.7. ja 27.-29.8.2014). Kullakin osaruudulla oli pyydys ja ne olivat maassa kahden vuorokauden ajan. Pyydysten tilavuus oli 120 millilitraa, josta noin kolmasosa tilavuudesta täytettiin saippuasuolavesiliuoksella. Jokaista pyydystä suojasi 13 x 13 cm –kokoinen vanerinen sadekatto, joka asetettiin maahan kahteen nurkkaan naulattujen pitkien naulojen varaan (Kuva 4). Katot asetettiin pyydyksen päälle noin 2 cm:n korkeudelle maanpinnasta. Ensimmäisen pyyntijakson aikana kuivaan maahan satoi voimakkaita kuuroja, jolloin muutama näytepurkki täyttyi vedellä ja maa-aineksella sadekatoista huolimatta. Myös toisella kerralla satoi runsaasti, mutta koska maa oli valmiiksi hyvin kosteaa, kaikki näytteet pysyivät puhtaina.



Kuva 4. Kuoppapyydys sadekattoineen sijoitettiin mahdollisimman lähelle osaruudun keskustaa kahden cm:n korkeudelle maan pinnasta rypsirivien väliin. Kuva: Sari Himanen

Keräsin hyönteisimurilla (Insect Vortis Vacuum® sampler, Burkard Ltd., UK) kasvilla oleskelevia kasvinsyöjiä ja luontaisia vihollisia 8. elokuuta 2014. Jokaisen pääruudun keskeltä otettiin yksi näyte pieniin muovipusseihin imuroimalla 30 sekuntia kasvustoa latvoista puoleen väliin rypsin varsia niin alas kuin putki ylettyi. Imurointipäivä oli aurinkoinen ja tyyni. Imuroinnin jälkeen näytteet pakastettiin.

Siirsin hyönteisimurilla ja kuoppapyydyksillä kerätyt näytteet 70-prosenttiseen etanoliin ja analysoin ne stereomikroskooppia käyttäen. Laskin ja tunnistin kaikki näytteissä esiintyneet selkärangattomat pääosaksi heimo- tai sukutasolle. Sinappikuoriaiset, rapsikuoriaiset, kaalikoit, peltoluteet, kaaliluteet ja leppäkertut tunnistin lajilleen. Loispistiäisistä tunnistin vainopistiäisten ja ahmaspistiäisten heimot. Loput loispistiäiset

luokittelin ryhmään muut Parasitica. Suuri osa niistä oli todennäköisesti kiilupistiäisiin ja muihin heimoihin kuuluvia loistenloisia. Ahmaspistiäiset jätin tulosten ulkopuolelle, sillä niiden joukossa on sekä kasvinsyöjien luontaisia vihollisia että loistenloisia. Jätin aineiston käsittelyn ulkopuolelle myös toukat, joita en kyennyt tunnistamaan.

Tunnistuksen apuna käytin teoksia *Naturalist's handbook 18: Insects on cabbages and oilseed rape* (Kirk 2011), *Insects of Britain and Northern Europe* (Chinery 1993) ja *Handbook of agricultural entomology* (Van Emden 2013).

Liima-ansoista laskin vain merkittävät kasvinsyöjät ja luontaiset viholliset. Kaalikoit, rapsipistiäiset, kirpat, rapsikuoriaiset, kaaliperhoset ja leppäkertut oli helppo tunnistaa liima-ansoistakin, mutta loispistiäisten suhteen oli mahdotonta päästä tarkempaan heimotason tunnistukseen. Loispistiäisten löytämiseen ja laskemiseen käytin apuna luoppia. Laskelmien ulkopuolelle jäivät kaikki kaksisiipiset, kirvat ja satunnaiset muut perhoset.

Rypsin korkeutta, kasvuastetta, sivuversojen määrää ja kumppanikasvin korkeutta seurattiin 18.6.-28.8.2014 välisenä aikana viikoittain, paitsi loppuvaiheessa harvemmin. 18.6.2014 koealueelle asennettu sääasema antureineen mittasi koko kesän koealueelta ja vaihtuvilta neljältä osaruudulta lämpötilaa. Alueen sääasema mittasi lisäksi sadantaa, ilman suhteellista kosteutta sekä tuulen suuntaa ja voimakkuutta.

Kasvukauden lopuksi kultakin osaruudulta korjattiin kaikki maanpäällinen kasvusto käsin yhden neliömetrin alalta. Kasvusto lajiteltiin laboratorioissa pääkasviin eli rypsiin, kumppanikasviin ja rikkakasveihin. Rypsin siemenet irrotettiin liduista ja eroteltiin mahdollisimman hyvin roskista. Siementen mukaan jäi kuitenkin aina jonkin verran myös roskaa ja esimerkiksi jauhosavikan siemeniä. Kaikki materiaali punnittiin tuoreena ja kahden päivän ajan 60 asteessa kuivattuina uudestaan.

2.5. Aineiston analysointi

Tuotin aineistojen tunnusluvut SAS Enterprise Guiden (versio 6.1) Summary Statistics –toiminnolla. Alustavan tarkastelun perusteella valitsin eri keräysmenetelmillä tuotetuista aineistoista oleelliset osat ja tein niistä tarkempia tilastollisia analyysejä. Tilastolliseen analyysiin käytin yleistettyä lineaarista sekamallia (SAS Glimmix-proseduuri). Mallien vastemuuttujina olivat hyönteisimurilla kerättyjen vainopistiäisten määrä, visuaalisesti havaittujen rapsikuoriaisten, loispistiäisten ja kasvinsyöjien kokonaismäärä ja yhden neliömetrin alalta kerätty rypsin siemenmassa tuoreena ja kuivattuna. Selittävinä tekijöinä olivat kasvustotyyppi (kontrolli/ rehuvirna-rypsi/

haisusamettikukka-rypsi/ valkoapila-rypsi) ja ruutujen sijainti koealalla keskilinjaan nähden (oikea/vasen). Testasin koealan puoliskon merkitystä niveljalkaisten määrään, sillä koealueen toisella reunalla oli samaan aikaan parsakaalien kasvinsyöjiä tarkkaileva koe. Myös maan kaltevuudessa oli havaittavissa eroa puoliskojen välillä, joten ruudun sijainti keskilinjaan nähden on voinut vaikuttaa kasvuston kuntoon ja siten rypsin sadontuottoon. Niissä tapauksissa, joissa koeruudun sijainti vaikutti vastemuuttajaan, testasin kasvustotyyppien vaikutusta vastemuuttajaan erikseen kummallekin puoliskolle. Vertasin kasvustotyyppiä toisiinsa Glimmix-proseduurin Contrast-lauseella.

Kokeellisessa tutkimuksessa tuotettu lukumääräaineisto, jonka vastemuuttajan keskiarvo on melko alhainen, ei todennäköisesti ole normaalisti jakautunut vaan noudattaa enemmän negatiivista binomijakaumaa tai Poissonin jakaumaa. Kaikissa tapauksissa, joissa vastemuuttajana oli niveljalkaisia, negatiivinen binomijakauma sopi kuvaamaan muuttujan jakaumaa paremmin kuin Poissonin jakauma. Siementuoton massa-aineistot olivat visuaaliset tarkastelun ja Shapiro-Wilkis ja Kolmogorov-Smirnov -testien mukaan kohtuullisesti normaalijakautuneita.

Lisäksi vertasin kasvustotyyppien visuaalisesti havaittujen loispistiäisten määrän suhdetta rapsikuoriaisten määrään Fisherin tarkalla testillä (SAS Frekvenssi-proseduuri). Testin käyttämisen tarkoituksena oli arvioida, esiintyikö eri kasvustotyypeillä loispistiäisiä samassa suhteessa kuin niiden mahdollista isäntälajia, rapsikuoriaista. Sekä Fisherin tarkan testin että yleistetyn lineaarisen sekamallin tilastollisen merkitsevyyden rajana käytin yleistä 5% todennäköisyyttä sille, että tulos olisi voitu saada sattumalta.

3. TULOKSET

3.1. Kasvinsyöjien esiintyminen

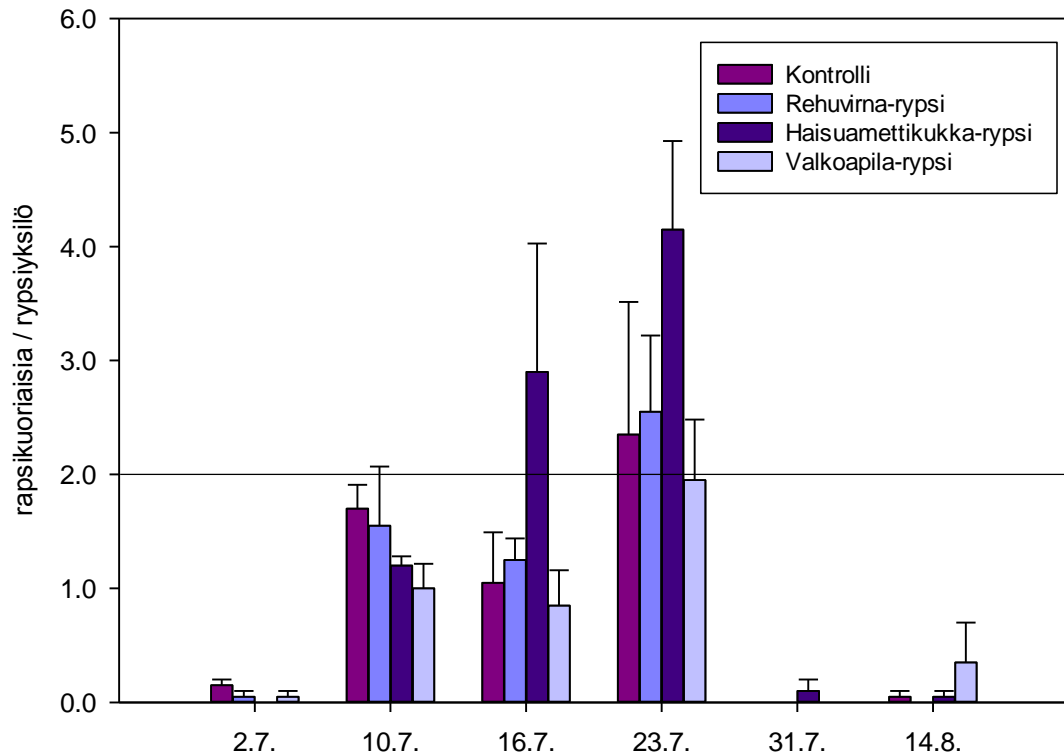
Visuaalisin havainnoinein 18.6.-14.8.2014 kerätyn aineiston perusteella koealueella tavattiin 11 tunnistettua kasvinsyöjälajia tai -lajiryhmää (rapsikuoriaisia, sinappikuoriaisia, kaalikoita, kaaliperhosia, naurisperhosia, kirppoja, kirvoja, kaskaita, kaaliluteita, peltoluteita ja kaksisiipisiä). Kontrollikasvustosta eri lajeja ja lajiryhmiä löytyi kymmenen, samettikukka-rypsikasvustosta vain seitsemän (Liite 2). Kaikista kasvinsyöjistä 32 % tavattiin havaintojakson aikana haisusamettikukka-rypsikasvustossa. Kasvustotyyppin ja koeruudun sijainnin yhdysvaikutus kasvinsyöjien yhteismäärään oli erittäin merkitsevä ($F_{3,8}=20,14$; $p<0,001$). Koealan oikealla puolella haisusamettikukka-rypsikasvusto erosi merkitsevästi muista kasvustotyypeistä ($F_{1,4}=60,46$; $p<0,002$), mutta vasemmalla puolella kasvustotyyppillä ei ollut merkitystä kasvinsyöjien määrään.

Runsaslukuisimpia kasvinsyöjiä koealueella olivat rapsikuoriaiset, sinappikuoriaiset, kirpat ja kaalikoit. Rapsikuoriaisia, sinappikuoriaisia ja kaalikoita tavattiin kesän aikana eniten haisusamettikukka-rypsikasvustosta ja kirppoja valkoapila-rypsikasvustosta (Taulukko 1). Kasvustotyyppin ja koeruudun sijainti vaikuttivat yhdessä merkitsevästi rapsikuoriaisten ($F_{3,8}=8,33$; $p<0,01$) ja sinappikuoriaisten ($F_{3,8}=6,54$; $p<0,02$) esiintymiseen. Sekä rapsikuoriaisten että sinappikuoriaisten tapauksessa kasvuston laadulla oli merkitystä vain koealan oikealla puolella. Valkoapila-rypsikasvustossa oli merkitsevästi vähemmän rapsikuoriaisia kuin muissa sekakasvustoissa ($F_{1,4}=12,05$; $p<0,03$). Ero johtuu lähinnä haisusamettikukka-rypsikasvustosta, jossa rapsikuoriaisia esiintyi merkitsevästi enemmän kuin kontrollissa ($F_{1,4}=32,46$; $p<0,005$) tai muissa sekakasvustoissa ($F_{1,4}=13,92$; $p=0,02$). Myös sinappikuoriaisia tavattiin haisusamettikukka-rypsikasvustossa merkitsevästi enemmän kuin muissa kasvustoissa ($F_{1,4}=8,75$; $p<0,04$). Kasvustotyyppillä tai ruudun sijainnilla ei ollut merkitystä kaalikoiden ja kirppojen määriin.

Taulukko 1. Kirppojen, rapsikuoriaisten, sinappikuoriaisten, kaalikoin ja loispistiäisten kokonaismäärät visuaalisten havaintojen perusteella eri kasvustotyypeillä (kontrolli ja rypsin ja kumppanikasvien sekakasvustot) 18.6.-14.8.2014. Rapsikuoriaisiin ja sinappikuoriaisiin on laskettu mukaan toukat ja aikuiset, kaalikoihin myös kotelot. Loispistiäiset on tunnistettu vain omaksi toiminnalliseksi ryhmäkseen, ei tarkemmin heimotasolle.

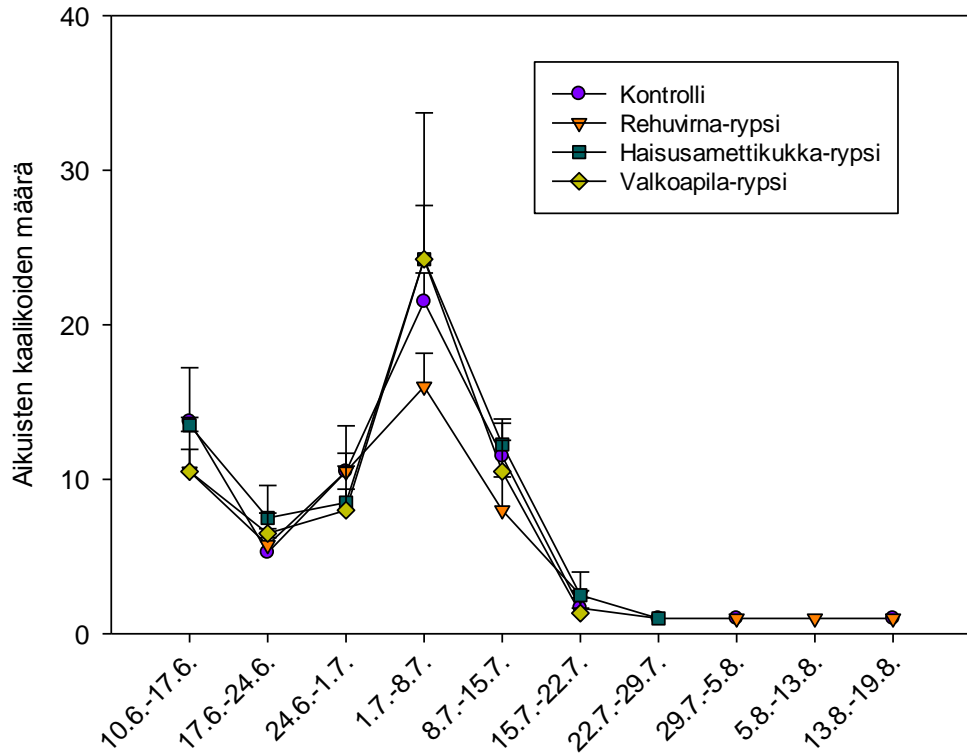
Kasvusto	Kerranne	Puolisko	Kirpat	Rapsikuoriainen	Sinappikuoriainen	Kaalikoi	Loispistiäiset
Kontrolli	I	vasen	2	14	18	16	0
	II	oikea	1	38	45	17	0
	III	oikea	5	36	25	35	2
	IV	vasen	0	18	37	14	0
		yhteensä		8	106	125	82
Rehuvirna-rypsi	I	vasen	4	30	49	18	3
	II	oikea	1	28	20	22	2
	III	vasen	1	29	36	27	1
	IV	oikea	0	21	11	17	1
		yhteensä		6	108	116	84
Haisusamettikukka-rypsi	I	oikea	2	50	49	32	6
	II	vasen	2	27	32	23	4
	III	oikea	3	50	56	28	5
	IV	vasen	1	41	32	19	3
		yhteensä		8	168	169	102
Valkoapila-rypsi	I	oikea	7	12	12	25	1
	II	vasen	4	31	36	31	3
	III	vasen	2	22	48	13	0
	IV	oikea	3	19	40	24	2
		yhteensä		16	84	136	93

Öljykasvinviljelijän oppaassa (Lassi & Tulisalo 2012) viljelijöille suositellaan rapsikuoriaisen kemiallista torjuntaa, mikäli aikaisessa nappuvaiheessa kasvia kohti löydetään yksi kuoriainen. Lähellä kukinnan alkua myöhäisessä nappuvaiheessa oppaassa suositellaan torjuntakynnykseksi kahdesta kolmeen kuoriaista kasvia kohden. Visuaalisten havaintojen perusteella rapsikuoriaisten esiintymishuippu sijoittui heinäkuun toiseksi viimeiselle viikolle (Kuva 5). Aikaisen nappuvaiheen torjuntakynnys ei ylittynyt millään koeruudulla, mutta myöhäisen nappuvaiheen torjuntakynnys ylittyi kontrolli- ja rehuvirna-rypsikasvustossa heinäkuun toisen viikon havaintokerralla 10.7. Seuraavalla havaintokerralla 16.7. rypsin kukinta oli alkanut lähes koko koelalla, joten torjuntakynnyksen ylittämällä ei voida katsoa olevan enää sen jälkeen merkitystä. Korkein yksittäinen arvo (kuusi rapsikuoriaista / kasvi) löytyi kahdesti haisusamettikukka-rypsikasvustosta. Kirppojen määrä pysyi melko alhaisena, eikä Öljykasvinviljelijän oppaassa mainittu kaalikoin torjuntakynnys (neljästä kuuteen toukkaa / kasvi) ylittynyt millään kasvustotyypillä havaintojakson aikana.

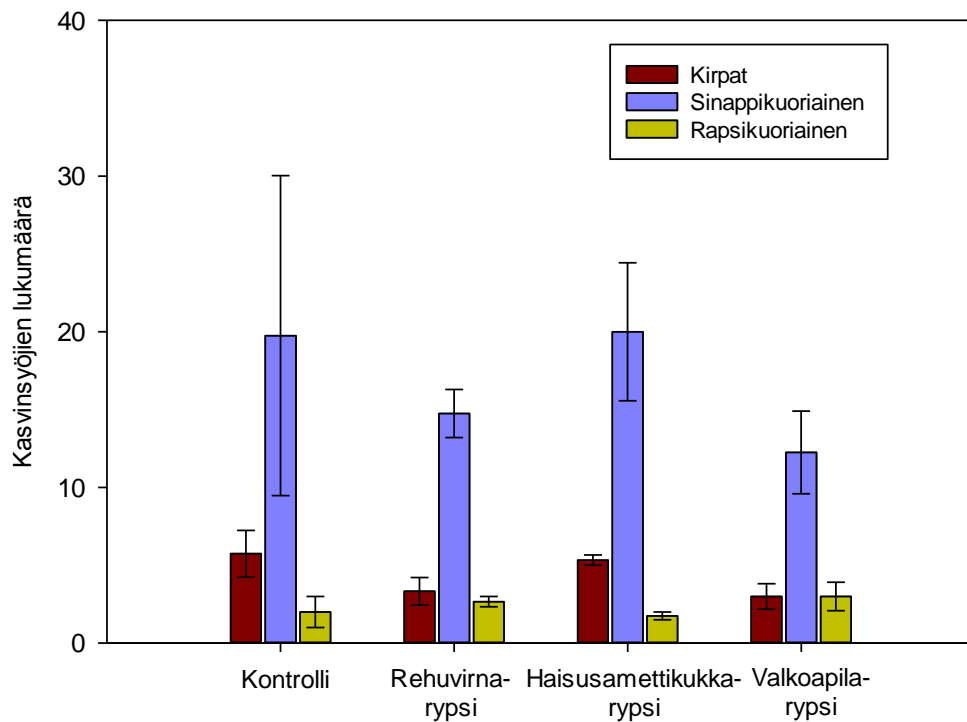


Kuva 5. Kasvikohtaisten rapsikuoriaismäärien keskiarvot ja keskivirheet 2.7.-14.8.2014 visuaalisten havaintojen perusteella rypsin puhdaskasvustossa (kontrolli) ja rypsin ja kumppanikasvien (rehuvirna, haisusametitikukka, valkoapila) sekakasvustoissa ja kuoriaisten ohjeellinen torjuntakynnys myöhemmässä nappuvaiheessa (2 kuoriaista/ kasvi).

Liima-ansoilla kerätyn aineiston perusteella kasvustotyyppi tai ruutujen sijainti ei vaikuttanut aikuisten kaalikoiden esiintyminen koealalla. Korkeimmillaan niiden määrä oli heinäkuun alussa (Kuva 6). Kasvustotyyppi tai ruutujen sijainti ei vaikuttanut myöskään kasvustosta imuroitujen kirppojen, sinappikuoriaisten ja rapsikuoriaisten määriin (Kuva 7). Sinappikuoriaisia löytyi kaikilta käsittelyiltä selkeästi enemmän kuin rapsikuoriaisia ja kirppoja, joita löytyi elokuun alussa imuroiduista näytteistä melko vähän.



Kuva 6. Liima-ansojen avulla kerätyt aikuiset kaalikoit rypsin puhdaskasvustossa (kontrolli) ja rypsin ja kumppanikasvien (rehuvirna, haisusamettikukka, valkoopila) sekakasvustoissa 10.6.-19.8.2014. Kaalikoiden viikottaisen määrän keskiarvo ja keskivirhe kullakin kasvustotyypillä.



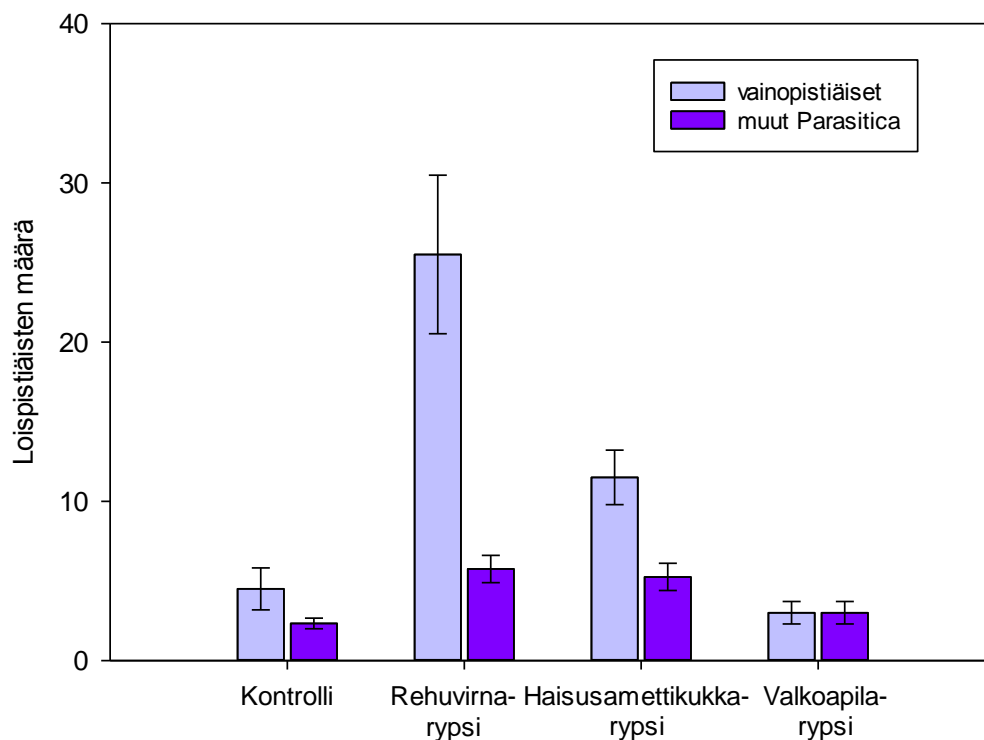
Kuva 7. Hyönteisimurilla 8.8.2014 kerättyjen runsaslukuisimpien kasvinsyöjien määrien keskiarvot ja keskivirheet rypsin puhdaskasvustossa (kontrolli) ja rypsin ja kumppanikasvien (rehuvirna, haisusamettikukka ja valkoopila) sekakasvustoissa.

3.2. Loispistiäiset ja muut luontaiset viholliset

Kasvustotyyppi vaikutti merkitsevästi hyönteisimurilla kerättyjen vainopistiäisiin kuuluvien kasvinsyöjien loispistiäisten määrään (Taulukko 2). Koeruudun sijainnilla ei ollut merkitystä. Eniten vainopistiäisiä löydettiin rehuvirna-rypsi kasvustosta (Kuva 8). Kontrolli erosi sekakasvustoista ($F_{1,8}=14,91$; $p<0,005$) ja rehuvirna-rypsi muista sekakasvustoista ($F_{1,8}=23,12$; $p<0,002$) merkitsevästi.

Taulukko 2. Kasvustotyypin, koeruudun sijainnin ja näiden yhdysvaikutuksen merkitys koealalta imuroitujen vainopistiäisten määrään yleistetyllä lineaarisella sekamallilla.

Selittävä tekijä	Vapausasteet	F-arvo	p-arvo
Kasvustotyyppi	3 8	21,83	0,0003
Koeruudun sijainti	1 8	0,63	0,452
Kasvuston laatu * koeruudun sijainti	3 8	0,96	0,457



Kuva 8. Imurilla 8.8.2014 kerättyjen vainopistiäisten ja muiden Parasitica-ryhmän pistiäisten määrän keskiarvot ja keskivirheet rypsin puhdaskasvustossa (kontrolli) ja rypsin ja eri kumppanikasvien (rehuvirna, haisusamettikukka, valkoapila) sekakasvustoissa.

Muut Parasitica –ryhmään kuuluviksi tunnistettuihin loispistiäisiin kuuluu kasvinsyöjien loisia, mutta myös loisten loisia. Kontrollikasvustossa Parasitica –ryhmän loispistiäisiä esiintyi vähemmän kuin rehuvirna-rypsi- ja haisusamettikukka-rypsikasvustoissa, mutta niiden määrä ei muuten näytä riippuvan vainopistiäisten määrästä. Visuaalisten

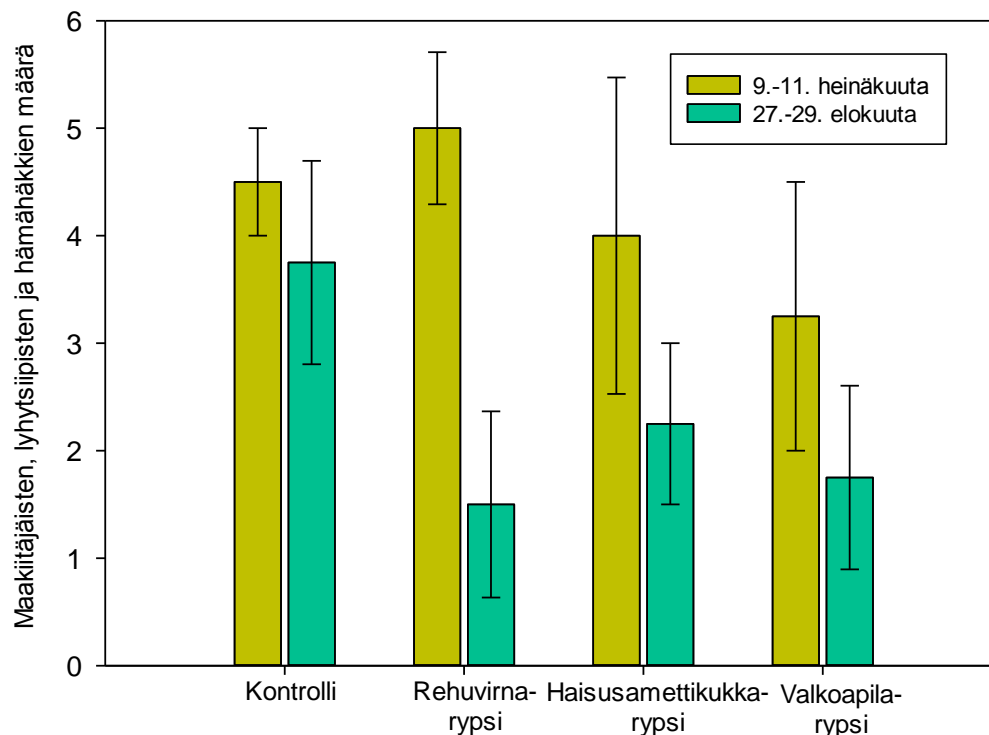
havaintojen perusteella kasvuston laadulla oli merkitsevä vaikutus yleisesti tunnistettujen loispistiäisten esiintymiseen ($F_{3,8}=4,6$; $p<0,05$). Eniten loispistiäisiä esiintyi haisusamettikukka-rypsikasvustossa (Taulukko 2) ja ero kontrolliin ($F_{1,8}=5,05$; $p<0,05$) ja muihin sekakasvustoihin ($F_{1,8}=9,12$; $p<0,02$) oli merkitsevä. Koeruudun sijainnilla ei ollut vaikutusta loispistiäisten määrään.

Fisherin testin perusteella kontrollikasvustossa ja haisusamettikukka-rypsikasvustossa visuaalisesti havaittujen loispistiäisten ja rapsikuoriaisten suhteelliset osuudet niiden kokonaismäärästä erosivat toisistaan merkitsevästi (Taulukko 3). Näillä kahdella kasvustotyyppillä tavatuista loispistiäisistä 90 % ja rapsikuoriaisista 61 % löydettiin haisusamettikukka-rypsikasvustosta. Loispistiäisiä ei siis esiintynyt kasvustotyypeillä samassa suhteessa kuin niillä esiintyi rapsikuoriaisia. Muut kasvustotyyppien väliset parittaiset vertailut eivät olleet merkitseviä.

Taulukko 3. Eri kasvustotyyppien parittainen vertailu ja Fisherin tarkalla testillä laskettu p-arvo sille, eroavatko kasvustotyyppit rapsikuoriaisten ja loispistiäisten suhteen toisistaan. Merkitsevä kasvustotyyppien välinen ero on lihavoitu.

Kasvusto	Rehuvirna-rypsi	Haisusamettikukka-rypsi	Valkoapila-rypsi
Kontrolli	$p=0,1727$	$p=0,0084$	$p=0,1446$
Rehuvirna-rypsi	.	$p=0,3901$	$p=1,0000$
Haisusamettikukka-rypsi	.	.	$p=0,4983$

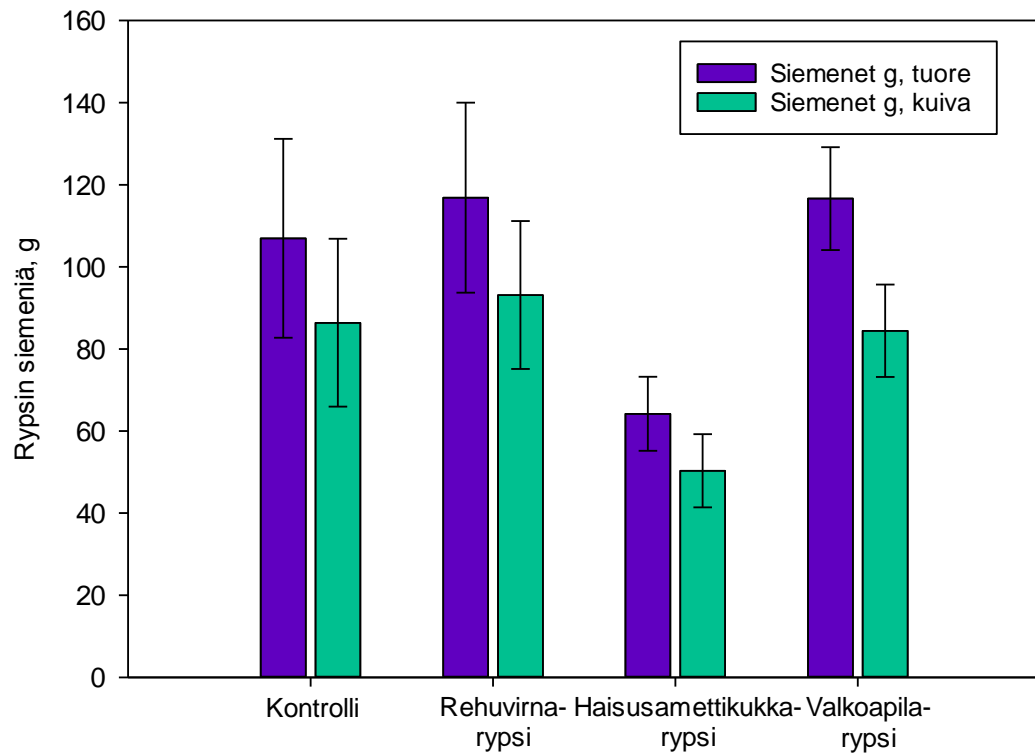
Kuoppapyydyksillä pyydettyjen maakiitäjäisten, lyhytsiipisten ja hämähäkkien yhteismäärät eivät eronneet kasvustotyyppien tai koealan puolten välillä. Heinäkuussa saalistajia saatiin kiinni enemmän kuin elokuun lopussa (Kuva 9). Kaiken kaikkiaan niiden määrät eivät olleet millään ruudulla kovin suuria. Heinäkuun pyynnissä suurin yhteenlaskettu määrä yleispetoja (seitsemän kappaletta) saatiin haisusamettikukka-rypsi – ja rehuvirna-rypsikasvustosta, elokuussa (viisi kappaletta) rypsin puhdaskasvustosta.



Kuva 9. Kuoppapyydyksillä (9.-11.7. ja 27.-29.8.2014) pyydettyjen muiden luontaisten vihollisten (maakiitäjäisten, lyhytsiipisten ja hämähäkkien) määrien keskiarvot ja keskivirheet rypsin puhdaskasvustossa (kontrolli) ja rypsin ja kumppanikasvien (rehuvirna, haisusamettikukka, valkoopila) sekakasvustoissa.

3.3. Sadontuotto

Kultakin koeruudulta neliömetrin alalta kerätty rypsin siemensato oli keskimääräisesti pienin haisusamettikukka-rypsikasvustossa (Kuva 10). Muut kasvustotyyppit tuottivat keskenään hyvin tasaisen neliösadon. Kasvustotyyppi ja ruudun sijainti vaikuttivat yhdessä merkitsevästi neliön alalta kerätyn sadon tuore- ($F_{3,7}=4,39$; $p<0,05$: yksi puuttuva arvo valkoopila-rypsikasvustosta) ja kuivapainoon ($F_{3,8}=4,12$; $p<0,05$). Koealan oikealla puolella haisusamettikukka-rypsikasvuston tuottaman siemensadon kuivapaino erosi merkitsevästi rehuvirna-rypsikasvustosta ($F_{1,4}=8,17$; $p<0,05$). Vasemmalla puolella kasvustotyyppien välillä ei ollut merkitseviä eroja.



Kuva 10. Kultakin koeruudulta neliön alalta kerätyn rypsisadon tuore- ja kuivapainon (g) keskiarvot ja keskivirheet kontrollikasvustossa ja rypsin ja eri kumppanikasvien (rehuvirna, haisusamettikukka, valkooapila) sekakasvustossa.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Hyönteisimurilla kerätyn aineiston perusteella kasvustotyypillä ei ollut merkitystä kasvinsyöjien määrään rypsilä. Myöskään liima-ansoilla kerättyjen aikuisten kaalikoiden määrissä ei löytynyt eroa kasvustotyyppien väliltä. Kasvustotyyppi vaikutti kuitenkin visuaalisesti havaittujen kasvinsyöjien määrään koealan oikealla puolella. Koealan vasemmalla puolella kasvuston laadulla ei ollut merkitystä kaikkien kasvinsyöjien kokonaismäärään tai runsaimpien kasvinsyöjien eli kirppojen, rapsikuoriaisten, sinappikuoriaisten tai kaalikoin määriin.

Kasvustotyyppi vaikutti merkitsevästi erikoistuneiden luontaisten vihollisten esiintymiseen koealalla. Vaikutukset olivat koko koealalla samanlaisia eivätkä ne riippuneet koeruudun sijainnista koealan keskilinjaan nähden. Yleispetojen määrään kasvustotyyppi tai koealan puoli eivät vaikuttaneet. Rypsin sadontuottoon kasvustotyypillä oli merkitystä vain koealan oikealla puolella.

4.1. Kumppanikasvien vaikutus rypsin kasvinsyöjiin

Tahvanaisen ja Rootin (1972) mukaan monilajisessa kasvustossa ilmenevä *assosiatiivinen vastustuskyky* häiritsee kasvinsyöjän kohdekasvin etsintää ja siten ehkäisee kasvinsyöjien aiheuttamilta vahingoilta. Heidän kokeissaan kirppapopulaation (*Phyllotreta cruciferae*) havaittiin olevan runsaampi yksilajisessa kaalikasvustossa (*Brassica oleracea*) kuin kaalikasvustossa, jota ympäröi luonnollinen monilajinen niittykasvusto. Lisäksi yksilajisesti kasvatetut kaalit kärsivät enemmän vahinkoa kuin tomaatin (*Solanum lycopersicum*) ja tupakan (*Nicotiana tabacum*) kanssa kasvatetut.

Oman tutkielmani kokeessa rehuvirnalla ei ollut juuri vaikutusta kasvinsyöjien esiintymiseen. Viljelijöille suositeltu rapsikuoriaisen myöhäisen nappuvaiheen torjuntakynnys ylittyi kuitenkin vain rehuvirna-rypsikasvustossa ja rypsin puhdaskasvustossa. Rehuvirnan kukkien ja kukkien ulkopuolisten mesiäisten tarjoamasta medestä voivat luontaisten vihollisten ja pölyttäjien lisäksi hyötyä myös kasvinsyöjät.

Finch ja Kienegger (1997) ovat todenneet, että maa-apila (*Trifolium subterraneum*) kaalin ja nauriin (*Brassica rapa*) aluskasvina vähentää sinappikuoriaisen, kaaliperhosen, naurisperhosen (*Pieris rapae*), kaalikärpäsen (*Delia radicum*), kaalikoin, kaalikoisan (*Evergestis forficalis*), kaalitarhayökkösen (*Mamestra brassicae*) ja kaalikirvan määriä isäntäkasveilla. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että aluskasvin

korkeuden on oltava vähintään 50 % pääkasvin korkeudesta, jotta sillä on vaikutusta. Oman tutkielmani kokeessa apilakasvusto oli kaikilla ruuduilla koko kesän ajan ensimmäistä viikkoa lukuun ottamatta alle puolet rypsin korkeudesta. Koealan oikealla puolella valkoapila-rypsikasvustossa havaittiin silti merkitsevästi vähemmän rapsikuoriaisia kuin muissa sekakasvustoissa. Muiden kasvinsyöjien esiintymiseen valkoapilalla ei ollut vaikutusta. Aluskasvillisuuden merkitystä tarkastelevassa Helsingin yliopistossa valmistuneessa Pro gradu –työssä rypsin puhdaskasvusto ja rypsin ja puna-apilan sekaviljelmä eivät eronneet toisistaan rapsikuoriaisten määrän suhteen (Perälä 1995). Toisaalta Perälän kokeessa rapsikuoriaiset saapuivat myöhemmin apila-rypsikasvustoon kuin puhdasviljelmään ja kuoriaisten esiintymishuippu jäi sekakasvustossa merkitsevästi pienemmäksi.

Voimakkaiden tuoksujen on arveltu olevan osa naapurivaikutusten aiheuttamaa muutosta niveljalcaisten käytöksessä. Esimerkiksi laventelin (*Lavendula angustifolia*) eteerisen öljyn on tutkittu hidastavan rapsikuoriaisen kolonisaatiota rapsille (*Brassica napus* sp. *oleifera*), mikäli rapsi on käsitelty öljyllä ennen kuoriaisten saapumista (Mauchline ym. 2013). Ryhmäsamettikukka (*Tagetes patula nana*) ja tarhakehäkukka (*Calendula officinalis*) taas vähensivät kaalikirvojen ja kirppojen esiintymistä keräkaalilla (*Brassica oleracea capitata*) (Jankowska ym. 2009). Ryhmäsamettikukka ja häkukka häiritsivät perhosten munintaa ja pienensivät naurisperhosen, kaaliperhosen, kaalitarhayökkösen ja kaalikoin munien ja toukkien määrää.

Oman tutkielmani kokeessa haisusamettikukan kasvattaminen rypsikasvuston reunassa ei kuitenkaan vähentänyt kasvinsyöjien määrää rypsilä Atsattin ja O'Dowdin (1976) *karkotekasvihypoteesin* mukaisesti. Päinvastoin haisusamettikukan ympäröimästä rypsikasvustosta havainnoitiin eniten rapsikuoriaisia, sinappikuoriaisia ja kaalikoita. Haisusamettikukka-rypsikasvuston rapsi- ja sinappikuoriaismäärät olivat koealan oikealla puolella merkitsevästi korkeammat kuin muilla kasvustotyypeillä. Myös kasvinsyöjien kokonaismäärä koealan oikealla puolella oli haisusamettikukka-rypsikasvustossa merkitsevästi suurempi kuin muilla kasvustotyypeillä. Muut sekaviljelmät ja rypsin puhdaskasvusto olivat kasvinsyöjien kokonaismäärän suhteen hyvin tasaisia. Haisusamettikukan kasvattaminen rypsikasvuston reunalla saattoikin eristää koeruudun muista ruuduista ja estää kasvinsyöjiä liikkumasta pois koeruudulta kerran sinne saavuttuaan.

Haisusamettikukka-rypsikasvustossa havaittiin myös vähiten erilaisia kasvinsyöjälajeja tai –lajiryhmiä, mikä saattaa kertoa Rootin (1973) *resurssien kasautumisen hypoteesin* mukaisesta kasvinsyöjälajiston harvenemisestä tiettyihin runsaimpiin lajeihin. Koska

haisusamettikukan ympäröimä rypsikasvusto oli koeruutujen keskellä käytännössä yksilajinen, yksilajisesta ympäristöstä johtuvaa resurssien kasautumista tietyille kasvinsyöjälajeille muiden lajien kustannuksella on saattanut tapahtua. Toisaalta kontrollikasvustosta löytyi eniten kasvinsyöjälajeja tai –lajiryhmiä. Rypsin puhdaskasvusto ja haisusamettikukka-rypsikasvusto eivät siis olleet kasvinsyöjien näkökulmasta samanlaisia, vaan haisusamettikukka vaikutti niiden käyttäytymiseen ja esiintymiseen.

4.2. Kumppanikasvien vaikutus kasvinsyöjien luontaisiin vihollisiin

Korvakkeellisen, kukattoman rehuvirnan on havaittu nostavan *Microplitis mediator* –vainopistiäisen kykyä loisia kaalitarhayökkösiä keräkaalilla (Geneau ym. 2012). Meden saatavuus pidensi vainopistiäisen esiintymisaikaa ja nosti huomattavasti yhden yksilön elinaikanaan loisimien kaalitarhayökkösten määrää. Samaten kukkiva maustetilli (*Anethum graveolens*) lisäsi kaalilla esiintyvien naurisperhosten toukkien joutumista loisituksi (Kaasik ym. 2012). Imurilla kerätyn aineiston perusteella rehuvirna toimi hyvin vainopistiäisiä houkuttelevana kumppanikasvina. Vainopistiäisten määrä rehuvirnarypsi-kasvustossa erosi merkittävästi muista sekakasvustoista ja kontrollista. Vaikka rehuvirna nosti Rootin (1973) *vihollishypoteesin* mukaisesti sekakasvustossa esiintyvien vainopistiäisten määrää, kasvinsyöjien määrään sillä ei ollut vaikutusta. Luontaisten vihollisten vaikutus kasvinsyöjiin nouseekin tyypillisesti esille viiveellä, sillä loisinta vaikuttaa vasta kasvinsyöjien seuraavaan sukupolveen.

Pistiäisten määrä ei myöskään välttämättä kerro loisinnan onnistumisesta. Winklerin ym. (2010) kokeessa maustetillikaistaleet eivät nostaneet kaalikoiden loisimisastetta, vaikka kaalikoin loispistiäisen (Ichneumonidae: *Diadegma semiclausum*) määrä ruusukaalilla (*Brassica oleracea* ssp. *gemmifera*) oli selvästi korkeampi. Kumppanikasvien fysiologiset ja kemialliset tekijät voivat jopa häiritä niitä kemiallisia vihjeitä, joita loispistiäiset käyttävät isäntäeliön löytämiseen kasvillisuuden joukosta (Gols ym. 2005). Korianteri vähensi kaalikoin toukkia ja koteloita (Adati ym. 2011) ja puna-apila naurisperhosen koteloita (Björkman ym. 2010) sekaviljeltynä kaalin kanssa, vaikkei kumppanikasvilla ollut kummassakaan tapauksessa vaikutusta luontaisten vihollisten määrään tai loisimisasteeseen. Myöskään Al-Doghairin ja Cranshaw'n (2004) kokeissa useiden kukkivien kasvien kuten rehuvirnan, tattarin ja tillin kasvattaminen ei vaikuttanut kaaliperhosen, tupsumetalliyökkösen (*Trichoplusia ni*), kaalikoin ja kaalikirvan munien, toukkien tai loisittujen yksilöiden määrään.

Yleisesti tunnistettuja loispistiäisiä havaittiin kesän aikana merkitsevästi enemmän haisusamettikukka-rypsikasvustosta kuin kontrollista tai muista sekakasvustoista. Kontrollin ja haisusamettikukka-rypsikasvuston välinen vertailu Fisherin tarkalla testillä osoitti, ettei loispistiäisiä esiintynyt kasvustoissa samassa suhteessa kuin niiden mahdollisen isäntälajin, rapsikuoriaisen, määrästä olisi voinut odottaa. Lisäksi haisusamettikukka-rypsikasvustossa esiintyi yhteensä eniten kasvinsyöjiä, mutta vähiten kasvinsyöjälajeja tai –lajiryhmiä. Ilmeisesti haisusamettikukka on tarjonnut suotuisat olosuhteet sekä tietyille kasvinsyöjille että niiden loispistiäisille. Voi siis olla, että haisusamettikukka-rypsikasvustossa on toiminut yhtä aikaa Rootin (1973) *resurssien kasautumisen hypoteesi* ja *vihollishypoteesi*. Toisaalta on hyvin mahdollista, että näiden yleisesti tunnistettujen loispistiäisten joukossa on sellaisia lajeja, jotka loisivat toisia loispistiäisiä.

Kaikkiruokaisiin saalistajiin kasvuston monilajisuudella ei ole yksiselitteistä vaikutusta. Hollannissa valko- ja maa-apilan viljely kaalin aluskasvina lisäsi maakiitäjäisten ja *Philonthus*-suvun lyhytsiipisten määrää ja kasvatti maakiitäjäisten lajirunsautta (Booij ym. 1997). Heidän kokeissaan kumppanikasvi vaikutti maakiitäjäisten ja lyhytsiipisten määrään etenkin alkukesästä. Myös oman tutkielmani rypsikokeelta yleispetoja saatiin kiinni enemmän heinäkuun alussa kuin elokuun lopussa. Japanissa tomaatin ja kaalin sekaviljely nosti tarkasteltujen petojen (maakiitäjäisten, hämähäkkien ja sammakoiden) populaatiotiheyttä (Xu ym. 2011). Ruotsissa maakiitäjäisten ja lyhytsiipisten populaatiotiheys oli päinvastoin pienempi kaalin ja puna-apilan sekaviljelmässä kuin yksilajisessa kaalikasvustossa (Björkman ym. 2010).

Oman tutkielmani rypsikokeessa kasvustotyyppi ei vaikuttanut yleispetojen eli maakiitäjäisten, lyhytsiipisten ja hämähäkkien esiintymiseen. Aikuiset maakiitäjäiset ja lyhytsiipiset kykenevät saalista etsiessään ja sopivia elinalueita etsiessään liikkumaan isollakin alueella (Martins ym. 2012). Eräs maakiitäjäislaji pystyy liikkumaan viljapellossa jopa 20 km/tunnissa (Williams ym. 2010). Kovakuoriaiset ovat siis todennäköisesti liikkuneet isommalla alueella kuin yhdellä koeruudulla. Kumppanikasvi ei vaikuttanut maakiitäjäisten, lyhytsiipisten tai hämähäkkien määrään myöskään Perälän (1995) kokeessa Helsingin Viikissä eikä sillä ollut merkitystä maakiitäjäispopulaatioon vehnä-rapsikasvustossa Kanadassa (Hummel ym. 2012).

Finchin ja Kieneggerin (1997) mielestä kasvinsyöjien vähäisempi määrä sekakasvustoissa ei useinkaan ole yksistään seurausta *vihollishypoteesin* ennustamasta luontaisten vihollisten populaatioiden runsastumisesta. Myös Adati ym. (2011) on tutkimustuloksiinsa perustuen päätellyt, ettei kumppanikasvi välttämättä lisää

kasvinsyöjän alttiutta joutua ravinnoksi vaan ennemminkin kasvinsyöjän on sekaviljelmässä vaikeampi paikantaa isäntäkasviaan. Finch ja Collier (2000) ovatkin esitelleet teorian *sopivasta/epäsopivasta laskeutumipaikasta*, joka heidän mukaansa selittää *resurssien kasautumisen hypoteesia* ja *vihollishypoteesia* tarkemmin, miten monimuotoinen kasvusto vaikuttaa kasvinsyöjiin. Teoria pohjautuu tietoon, että etenkin lentokykyiset kasvinsyöjät etsiytyvät mieluiten vihreille lehdille välttämällä laskeutumasta paljaalle maalle. Mikäli kasvinsyöjä laskeutuu sekakasvustossa muulle kuin kohdekasville, sen täytyy nousta lentoon ja yrittää uudelleen. Teorian hypoteesina on, että kumppanikasvi lisää huomattavasti niitä tilanteita, jolloin kasvinsyöjä ei löydäkään kohteeseensa ja jatkaa lentoaan. Näin etsinnän tehokkuus laskee ja kohdekasvin löytäminen monilajisessa kasvustossa vie enemmän aikaa.

4.3. Kumppanikasvien vaikutus rypsin sadontuottoon

Neliön alalta korjattu rypsin siementuotto ei eronnut kasvustotyyppien välillä koealan vasemmalla puolella. Koealan oikealla puolella rehuvirna-rypsikasvuston tuottama rypsin kuivattu siementuotto oli merkitsevästi suurempi kuin haisusamettikukka-rypsikasvuston siementuotto. Haisusamettikukka-rypsikasvuston muita huonompi sadontuotto on saattanut johtua kasvuston runsaista kasvinsyöjien määrästä. Lisäksi jossain vaiheessa kasvukautta havaittiin, että peipot näyttivät viihtyvät korkeiden haisusamettikukkien reunustamassa rypsikasvustossa. Ne ovat saattaneet etsiä muita suojausammasta kasvustosta siemeniä ravinnoksi.

Vaikka sekaviljelmissä esiintyvä lajienvälinen kilpailu voi pienentää pääkasvin tai kumppanikasvin satoa (Yang ym. 2013; Qasim ym. 2013), oman tutkielmani rypsikokeessa rehuvirna-rypsi – ja valkoapila-rypsikasvustot tuottivat neliön alalta yhtä paljon rypsin siementä kuin rypsin puhdaskasvusto. Sekaviljelmissä typensitojakasvien on myös todettu parantavan maankäytön tehokkuutta (Li ym. 2009; Dordas ym. 2012) ja vähentävän lannoitustarvetta (Känkänen ym. 2012). Maankäyttö tehostuu, mikäli sekakasvusto tuottaa enemmän satoa kuin samojen kasvien puhdaskasvustot samankokoisella maa-alalla (Mao 2013). Tiheydeltään ja lajeiltaan erilaisten alojen maankäytön tehokkuutta vertaillaan usein 'maan vastavuussuhde' –indeksillä (land equivalent ratio, LER) (Mead & Willey 1980).

4.4. Koeasetelman ja keräysmenetelmien arviointi

Koealan koko saattoi osaltaan vaikuttaa siihen, ettei kasvustotyyppi vaikuttanut maakiitäjäisten ja lyhytsiipisten esiintymiseen. Koeruutujen välinen 2,5 metrin etäisyys toisistaan on tuskin ollut esteenä näiden kovakuoriaisten liikkumiselle. Myös aikuisten kaalikoiden näkökulmasta koeala on luultavasti ollut liian pieni, sillä lentävinä hyönteisinä nekin pystyvät helposti liikkumaan koeruudulta toiselle. Toisaalta niiden kerääminen liima-ansoilla kertoi kuitenkin sen, etteivät kaalikoit suosineet laskeutuessaan mitään erityistä kasvustotyyppiä vaan keltainen väri houkutti niitä kaikilla koeruuduilla yhtäläisesti.

Koealan oikea puoli erosi kasvinsyöjien määrän ja sadontuoton suhteen koealan vasemmasta puolesta. Koealan vasemmalla puolella kasvuston laadulla ei ollut merkitystä kasvinsyöjien määriin ja sadontuottoon, mutta koealan oikealla puolella kasvustotyypit erosivat toisistaan. Kasvinsyöjien erilaiset vasteet kasvustotyyppeihin koealan eri puolilla ovat voineet osaksi johtua koealan vasemmalla puolella samaan aikaan olleesta parsakaalin kasvinsyöjiä tutkivasta kokeesta. Vaikka koealojen välillä oli etäisyyttä noin 25 metriä, parsakaalilta kasvinsyöjät ovat saattaneet vieraillla rypsilä ja toisin päin. Sadontuoton erot eri puolten välillä taas johtuvat todennäköisesti maan kaltevuuseroista tai muista kasvutekijöistä. Luontaisten vihollisten esiintymiseen koeruutujen sijainti koealan keskilinjaan nähden ei vaikuttanut.

Rypsi iti joillakin koealan ruuduilla hyvin epätasaisesti eikä siementen täydennyskylvö juuri auttanut aukkojen paikkaamisessa. Koeruutujen välinen kasvustojen epätasaisuus on siten saattanut lisätä kasvustotyyppien sisäisiä eroja ja kaventaa eroja kasvustotyyppien välillä. Jos eri kasvustotyyppien koeruutujen toistomäärä olisi suurempi, kasvuston epätasaisuuden ja kokeen ympäristön merkitys niveljalkaisten esiintymiseen ja sadontuottoon vastaavasti pienenesi. Sekaviljelyn vaikutusta voisi tutkia myös yksinkertaisemmalla koeasetelmalla keskittymällä vain yhteen kumppanikasviin. Siten samankokoisella koealalla olisi samalla työmäärällä tutkinut kaksinkertaisen määrän toistoja kasvustotyyppiä kohden (n=8). Myös kokeen mittakaavaa voisi suurentaa. Yhtä kasvustotyyppiä voisi helposti kasvattaa vaikka tämän tutkielman koeasetelman kokoisella tai isommalla alueella ja aineistoa voisi kerätä satunnaisista kohdista koeruudun keskeltä. Tämän tutkielman koeasetelman melko pienestä toistomäärästä (n=4) ja koealan ympäristön yllättävistä vaikutuksista huolimatta kasvustotyyppien välille kuitenkin löytyi vahvasti merkitseviä eroja.

Jälkeenpäin arvioituna aineiston keräysmenetelmät sopivat tarkoituksiinsa hyvin. Loispistiäisten keräämiseen parhaiten tuntui soveltuvan hyönteisimuri, sillä loispistiäisten tunnistukseen perehtymättömän on pelkästään visuaalisella tarkastelulla mahdotonta päästä tarkempaan heimotason määrittelyyn. Mikäli imurointia olisi suunnitelmien mukaan tehty aikaisemmin, ainakin rapsikuoriaisia olisi todennäköisesti löytynyt paljon enemmän. Nyt imuroinnin ajankohta oli rapsikuoriaisten esiintymishuippua ajatellen liian myöhään. Useammalla imurointikerralla olisi lisäksi saatu tietoa myös kasvinsyöjiä ja loispistiäisten populaatiokoon ajallisesta vaihtelusta.

Kuoppapyydykset ovat helppo ja hyvä tapa kerätä maassa kuljeskelevia luontaisia vihollisia, vaikkakin runsaat sateet voivat huonontaa näytteitä pelto-olosuhteissa. Liima-ansoilla voi melko vaivatta kerätä tietoa niveljalkaisten määrästä kasvukauden aikana, mutta liiskaantuneiden ja liimaantuneiden yksilöiden tunnistaminen on muutamia helppoja lajeja lukuun ottamatta hankalaa. Sekä imurinäytteiden, että kuoppapyydyksnäytteiden analysointi ja niveljalkaisten tunnistaminen stereomikroskoopilla on huomattavasti tarkempaa kuin liima-ansojen käyttö tai visuaalisesti kentällä tehty havainnointi. Toisaalta on muistettava, että liima-ansat, imurointi ja kuoppapyydykset vaikuttavat kaikki kasveilla eläviin populaatioihin yksilöitä poistamalla. Helposti tunnistettavien niveljalkaisten kohdalla visuaalisten havaintojen tekeminen oli vaivalloisuudestaan huolimatta toimivaa.

5. LOPUKSI

Sekaviljelyllä on monia tutkittuja etuja yksilajiseen viljelyyn nähden. Sen harjoittamisen tavoitteina voivat olla muun muassa satovarmuuden kasvattaminen vaihtelevissa sääoloissa, maankäytön tehostaminen, maan rakenteen parantaminen, ravinteiden kierron lisääminen, huuhtoutumisen vähentäminen ja kasvinsyöjien ja kasvitautien aiheuttamien satovahinkojen pienentäminen (Lithourgidis ym. 2011). Sekaviljelyn avulla lisätyn monimuotoisuuden tarjoamista eduista huolimatta sekaviljely on Suomessa vielä harvinaista. Suurilla ruuantuotannollisilla peltoaloilla ja yksilajista viljelyä varten suunnitelluilla koneilla sekaviljelyn harjoittaminen käytännössä koetaan usein hankalaksi. Nurmentuotanto on kuitenkin yksi esimerkki Suomessa yleisestä sekaviljelyn muodosta. Rehuntuotannossa palko- ja seosviljojen käyttö on helppo tapa lisätä viljelyn monimuotoisuutta.

Oman tutkielmani tulosten ja muiden tieteellisten julkaisujen perusteella kasvuston monimuotoisuudella on kiistatta vaikutusta kasvinsyöjien määriin ja esiintymiseen. Koska kasvuston monilajisuuden myötä lisääntyneet eliöiden väliset vuorovaikutukset voivat vaikuttaa pääkasviin monien eri mekanismien kautta, kaikkien vaikutusten yhteistä lopputulosta voi olla vaikea päätellä etukäteen. Monissa tapauksissa tulokset osoittavat, että monimuotoisuutta lisäämällä voidaan pienentää kasvinsyöjien määrää ja vähentää satovahinkoja, mutta on paljon myös sellaisia tutkimuksia, joissa merkitseviä vaikutuksia ei ole havaittu. Vielä epävarmempaa näyttää olevan se, kuinka monimuotoinen ympäristö vaikuttaa luontaisiin vihollisiin ja vähentääkö kasvuston monilajisuus loisinnan ja saalistuksen tehokkuutta. Vuorovaikutusten moninaisuudesta johtuen voi myös olla vaikeaa erotella esimerkiksi sekakasvustossa esiintyvän kilpailun, typensidonnan ja biologisen torjunnan vaikutuksia sadon määrään.

On toivottavaa, että rypsin viljely voisi Suomessa jatkua, vaikka neonikotinoidi-yhdisteiden käyttökielto tulisi vielä voimaan. Ulkomailla ristikukkaisia kasveja on tutkittu kasvinsyöjien esiintymisen ja sekaviljelyn näkökulmasta paljon, mutta rypsilä tehtyjä kokeita löytyy hyvin vähän ja kotimaisia sekaviljelytutkimuksia vielä vähemmän. Etenkin luonnonmukaisen tuotannon kannalta sekaviljelytutkimus on hyödyllistä, sillä luomutuotannossa kasvinsyöjien torjuntaan on käytettävissä vähemmän keinoja kuin tavanomaisessa tuotannossa. Muiltakin osin sekaviljelyn käytön tavoitteet sopivat luonnonmukaiseen tuotantoon hyvin. Vaikka tarkastelin omassa tutkielmassani vain yhden kasvukauden tuloksia, etenkin rehuvirnan ja valkoapilan käytön rypsin kumppanikasveina voi sanoa ansaitsevan lisätutkimuksia. Koe toi arvokasta Suomessa

tuotettua tietoa sekaviljelyn, kasvinsuojelun ja rypsin viljelytekniikan kehittämistä ajatellen.

KIITOKSET

Kiitos tutkielman ja työn etenemisen ohjauksesta Sari Himaselle (Luonnonvarakeskus), Irma Saloniemelle (Turun yliopisto) ja Marjo Helanderille (Turun yliopisto). Erityinen kiitos Sari Himaselle mahdollisuudesta olla mukana suomalaisessa sekaviljelytutkimuksessa. Kiitos myös MTT Mikkelin henkilökunnalle avusta kenttä- ja laboratoriotöissä: Zsuzsanna Galambosille, Riitta Savikolle, Marja Harmoiselle, Heli Lehtiselle, Ritva Valolle, Mauri Nissiselle ja Juha Nykäselle. Lisäksi kiitän Veijo Jormalaista hyvistä aineiston analysointiin liittyvistä vinkeistä graduseminaarissa. Terhi Sandbergille suuri kiitos tekstin oikolukemisesta.

KIRJALLISUUS

- Aaltonen R, Peltonen S (2011) Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö. ProAgria Keskusten Liitto, Vantaa.
- Adati T, Susila W, Sumiartha K, Sudiarta P, Toriumi W, Kawazu K, Koji S (2011) Effects of mixed cropping on population densities and parasitism rates of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Applied Entomology and Zoology* **46**:247–253.
- Al-Doghairi MA, Cranshaw WS (2004) The effect of interplanting of nectariferous plants on the population density and parasitism of cabbage pests. *Southwestern Entomologist* **29**:61–68.
- Altieri MA (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* **74**:19–31.
- Atsatt PR, O'Dowd DJ (1976) Plant defense guilds. *Science* **193**:24–29.
- Barbosa P, Hines J, Kaplan I, Martinson H, Szczepaniec A, Szendrei Z (2009) Associational resistance and associational susceptibility: having right or wrong neighbors. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. Annual Reviews, Palo Alto, s.1–20.
- Björkman M, Hambäck PA, Hopkins RJ, Ramert B (2010) Evaluating the enemies hypothesis in a clover-cabbage intercrop: effects of generalist and specialist natural enemies on the turnip root fly (*Delia floralis*). *Agricultural and Forest Entomology* **12**:123–132.
- Björkman M, Hopkins RJ, Hambäck PA, Ramert B (2009) Effects of plant competition and herbivore density on the development of the turnip root fly (*Delia floralis*) in an intercropping system. *Arthropod-Plant Interactions* **3**:55–62.
- Booij CJH, Noorlander J, Theunissen J (1997) Intercropping cabbage with clover: Effects on ground beetles. *Biological Agriculture & Horticulture* **15**:261–268.
- Chinery M (1993) *Insects of Britain and Northern Europe*. HarperCollins, London.
- Cook SM, Khan ZR, Pickett JA (2007) The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*. Annual Reviews, Palo Alto, s. 375–400.
- Dordas CA, Vlachostergios DN, Lithourgidis AS (2012) Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. *Crop & Pasture Science* **63**:45–52.
- Ekbohm, B (2010) Pests and their enemies in spring oilseed rape in Europe and challenges to integrated pest management. Teoksessa: Williams IH (toim.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer-Verlag Berlin, Berlin s. 151–165.
- Emerson SE, Brown JS, Whelan CJ, Schmidt KA (2012) Scale-dependent neighborhood effects: shared doom and associational refuge. *Oecologia* **168**:659–670.
- Fasulati SR, Afonin AN, Greene SL, Dzyubenko NI, Frolov AN (2008) Economic plants and their diseases, pests and weeds: *Eurydema oleracea* L., Rape Bug. Tietokannassa: Frolov AN (toim.) *Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries [online]*. <http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Eurydema_oleracea/>[luettu 9.1.2015]
- Ferguson AW, Williams IH, Castle LM, Skellern M (2010) Key parasitoids of the pests of oilseed rape in Europe: a guide to their identification. Teoksessa: Williams IH (toim.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer-Verlag Berlin, Berlin, s. 77–114.
- Finch S, Collier RH (2000) Host-plant selection by insects - a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **96**:91–102.
- Finch S, Kienegger M (1997) A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of *Brassica* crops. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **84**:165–172.
- Flint ML, Dreistadt SH (1998) *Natural enemies handbook / Illustrated guide to biological pest control*. University of California, Oakland.
- Geneau CE, Wäckers FL, Luka H, Daniel C, Balmer O (2012) Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. *Basic and Applied Ecology* **13**:85–93.

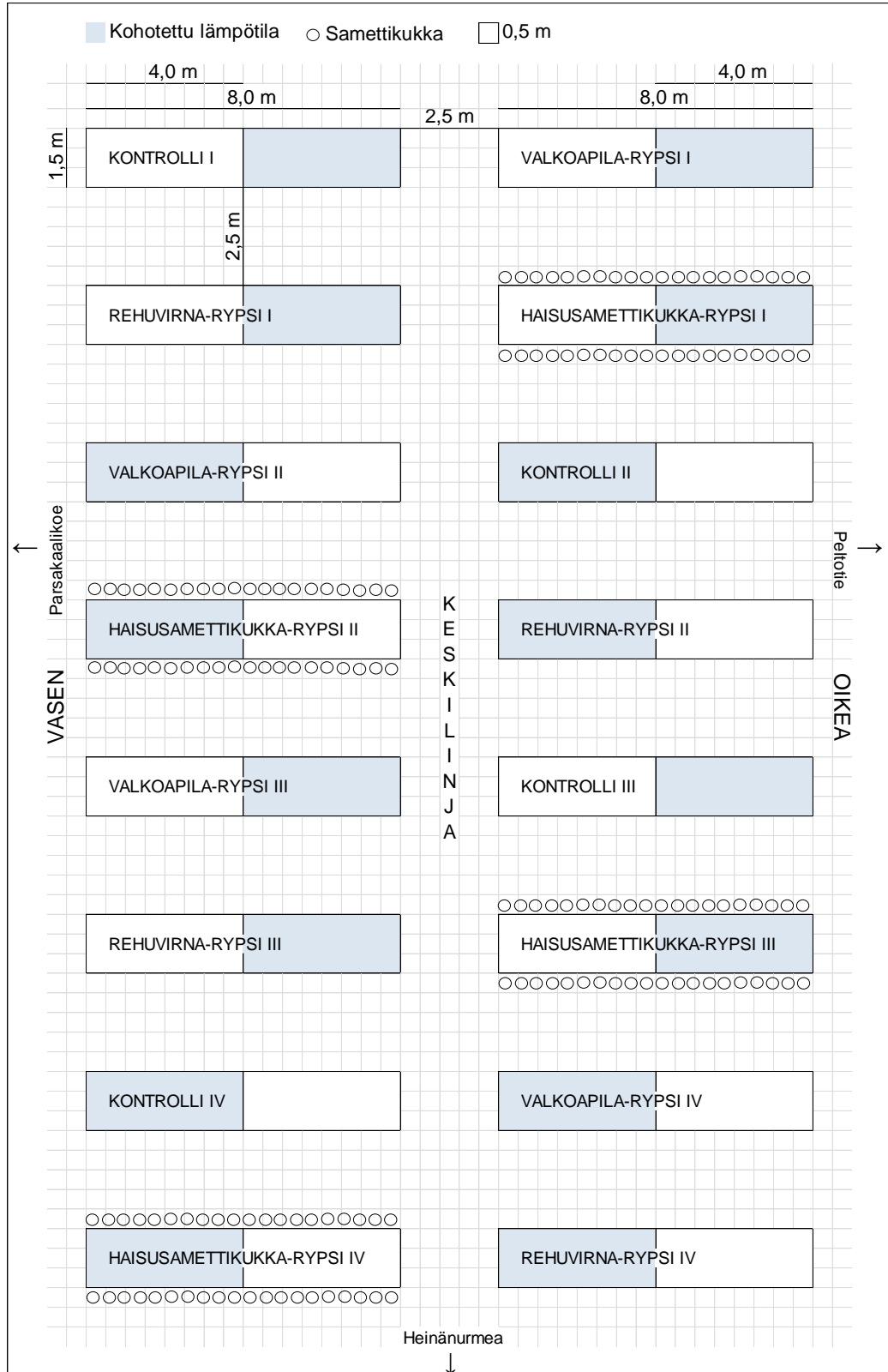
- Gols R, Bukovinszky T, Hemerik L, Harvey JA, Van Lenteren JC, Vet LEM (2005) Reduced foraging efficiency of a parasitoid under habitat complexity: implications for population stability and species coexistence. *Journal of Animal Ecology* **74**:1059–1068.
- Hambäck PA, Agren J, Ericson L (2000) Associational resistance: Insect damage to purple loosestrife reduced in thickets of sweet gale. *Ecology* **81**:1784–1794.
- Hummel JD, Dosedall LM, Clayton GW, Harker KN, O'Donovan JT (2012) Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity, activity density, and community structure in a diversified agroecosystem. *Environmental Entomology* **41**:72–80.
- Jankowska B, Poniedzialek M, Jedrszczyk E (2009) Effect of intercropping white cabbage with French Marigold (*Tagetes patula nana* L.) and Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) on the colonization of plants by pest insects. *Folia Horticulturae* **21**:95–103.
- Kaasik R, Kovács G, Luik A, Veromann E (2012) The impact of companion planting on the parasitism rate of the small white butterfly *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *IOBC-WPRS Bulletin* **75**:109–113.
- Katayama N, Suzuki N (2011) Anti-herbivory defense of two *Vicia* species with and without extrafloral nectaries. *Plant Ecology* **212**:743–752.
- Keil G, Vainio H (1996) *Luomutarhurin opas : asiantuntijan neuvoja seka- ja kateviljelystä, viherlannoituksesta, kompostoinnista, maanparannuksesta sekä luonnonmukaisesta kasvinsuojelusta*. WSOY, Helsinki.
- Kirk WDJ (2011) Naturalists' Handbooks 18: Insects on cabbages and oilseed rape. *Beekeepers Quarterly* **106**.
- Koptur S (1992) Plants with extrafloral nectaries and ants in everglades habitats. *Florida Entomologist* **75**:38–50.
- Kuehnle A, Mueller C (2009) Differing acceptance of familiar and unfamiliar plant species by an oligophagous beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **131**:189–199.
- Känkänen, H (2000) *Kokemuksia päällekkäisviljelystä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja 86*. Maatalouden tutkimuskeskus, Jokioinen.
- Känkänen H, Suokangas A, Tiilikkala K, Nykänen A (2012) Biologinen typensidonta fossiilisen energian säästäjänä. *MTT Raportti 76*. MTT, Jokioinen.
- Lassi K, Tulisalo U (2012) *Öljykasvinviljelijän opas: Viljelytekniikka. Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto MTK ja Elintarviketeollisuuden Öljynpuristamoyhdistys, Helsinki*.
- Letourneau DK, Armbrecht I, Rivera BS, Lerma JM, Carmona EJ, Daza MC, Escobar S, Galindo V, Gutierrez C, Lopez SD, Mejia JL, Rangel AMA, Rangel JH, Rivera L, Saavedra CA, Torres AM, Trujillo AR (2011) Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* **21**:9–21.
- Li CY, He XH, Zhu SS, Zhou HP, Wang YY, Li Y, Yang J, Fan JX, Yang JC, Wang GB, Long YF, Xu JY, Tang YS, Zhao GH, Yang JR, Liu L, Sun Y, Xie Y, Wang HN, Zhu YY (2009) Crop diversity for yield increase. *Plos One* **4**:6.
- Liesipuu S (2015) Kevättrypsin viljely pelastui taas vuodeksi. *Maatilan Pellervo* 1/2015.
- Lithourgidis AS, Dordas CA, Damalas CA, Vlachostergios DN (2011) Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* **5**:396–410.
- Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tike (2014) *SVT: Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2014 - ennakkotiedot 26.6.2014*.
- Mao LL, Zhang LZ, Li WQ, van der Werf W, Sun JH, Spiertz H, Li L (2012) Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. *Field Crops Research* **138**:11–20.
- Martins ICF, Cividanes FJ, Ide S, Haddad GQ (2012) Diversity and habitat preferences of Carabidae and Staphylinidae (Coleoptera) in two agroecosystems. *Bragantia* **71**:471–480.
- Mauchline AL, Cook SM, Powell W, Osborne JL (2013) Effects of non-host plant odour on *Meligethes aeneus* during immigration to oilseed rape. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **146**:313–320.
- Mead R, Willey RW (1980) The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* **16**:217–228.

- Nurro M (2013) Neonikotinoidien vaikutusta mehiläisiin tutkitaan. *MTT Elo* 29.9.2013. <<http://mttelo.mtt.fi/neonikotinoidien-vaikutusta-mehilaisiin-tutkitaan#>>[luettu 12.6.2014]
- Ofori F, Stern WR (1987) Cereal-legume intercropping systems. *Advances in Agronomy* **41**:41–90.
- Perälä TH (1995) *Rapsikuoriainen ja sen luontaiset viholliset rypsi-apila –sekakasvustossa*. Pro gradu – työ, Helsingin yliopisto, Maatalous-eläintieteellinen tiedekunta.
- Pirhofer-Walzl K, Rasmussen J, Høgh-Jensen H, Eriksen J, Soegaard K (2012) Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil* **350**:71–84.
- Qasim SA, Anjum MA, Hussain S, Ahmad S (2013) Effect of pea intercropping on biological efficiencies and economics of some non-legume winter vegetables. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* **50**:399–406.
- Rintala T, Rinne V (2011) *Suomen luteet*. Hyönteistarvike Tibiale, Helsinki.
- Root RB (1973) Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats the fauna of collards *Brassica oleracea*. *Ecological Monographs* **43**:95–124.
- Salonen K (2013) Neonikotinoidit kielletään öljykasvin peittauksessa. *Maaseudun Tulevaisuus* 29.4.2013. <<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/neonikotinoidit-kiellet%C3%A4%C3%A4n-%C3%B6ljykasvien-peittauksessa-1.38494>>[luettu 12.6.2014]
- Sheehan W (1986) Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification - a selective review. *Environmental Entomology* **15**:456–461.
- Stiling P, Rossi AM, Cattell MV (2003) Associational resistance mediated by natural enemies. *Ecological Entomology* **28**:587–592.
- Sustainable Agriculture Research & Education (2007) Managing cover crops profitably, 3rd Edition. *Handbook Series Book 9*. National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture.
- Tahvanainen JO, Root RB (1972) Influence of vegetational diversity on population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* **10**:321–346.
- Tomova BS, Waterhouse JS, Doberski J (2005) The effect of fractionated *Tagetes* oil volatiles on aphid reproduction. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **115**:153–159.
- Underwood N, Inouye BD, Hambäck PA (2014) A conceptual framework for associational effects: when do neighbors matter and how would we know? *Quarterly Review of Biology* **89**:1–19.
- Vainio A, Väänänen V-M (1995) *Maatalouseläintiede: lajintuntemus*. Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Van Emden HF (2013) *Handbook of agricultural entomology*. Hoboken NJ (toim.), Wiley-Blackwell.
- Vandermeer JH (1989) *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Vasudevan P, Kashyap S, Sharma S (1997) *Tagetes*: A multipurpose plant. *Bioresource Technology* **62**:29–35.
- Wäckers FL (2004) Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* **29**:307–314.
- Williams IH (2010) The Major Insect Pests of Oilseed Rape in Europe and Their Management: An Overview. Teoksessa: Williams IH (toim.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer-Verlag Berlin, Berlin, s. 1–43.
- Williams IH, Ferguson AW, Kruus M, Veromann E, Warner DJ (2010) Ground beetles as predators of oilseed rape pests: incidence, spatio-temporal distributions and feeding. Teoksessa: Williams IH (toim.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*. Springer-Verlag Berlin, Berlin, s. 115–149.
- Winkler K, Wäckers FL, Termorshuizen AJ, van Lenteren JC (2010) Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. *Biocontrol* **55**:719–727.
- Xu QC, Fujiyama S, Xu HL (2011) Biological pest control by enhancing populations of natural enemies in organic farming systems. *Journal of Food Agriculture & Environment* **9**:455–463.

Yang WT, Li ZX, Wang JW, Wu P, Zhang Y (2013) Crop yield, nitrogen acquisition and sugarcane quality as affected by interspecific competition and nitrogen application. *Field Crops Research* **146**:44–50.

LIITTEET

Liite 1. Kaavio rypsiokkeen koeastelmasta ja koeruutujen sijainnista toisiinsa ja keskilinjaan nähden. Rehuvirna (*Vicia sativa*) ja valkoapila (*Trifolium repens*) kasvoivat rypsin joukossa, haisusamettikukka (*Tagetes minuta*) ruutujen pitkällä sivuilla. Ruutujen ulkopuolella kasvoi timoteinurmi.



Liite 2. Kasvustoilla (kontrolli eli rypsin puhdaskasvusto ja rypsin ja kumppanikasvin sekakasvustot) esiintyneiden ja tunnistettujen kasvinsyöjiä ja lajiryhmien kokonaismäärät visuaalisten havaintojen perusteella 18.6.-14.8.2014. Visuaalisesti kokeella havaittuja lajeja ja lajiryhmiä olivat rapsikuoriainen, sinappikuoriainen, kaalikoi, kaaliperhonen, naurisperhonen, kirpat, kirvat, kaskaat, kaalilude, peltolude ja kaksisiipiset. Rapsikuoriaisista ja sinappikuoriaisista mukaan on laskettu sekä aikuiset ja toukat, kaalikoista myös kotelot. Muista perhosista nähtiin havaintohetkinä vain toukkavaiheita.

Kasvusto	Kerranne	Puolisko	Kavinsyöjiä	Lajiryhmiä
Kontrolli	I	vasen	56	
	II	oikea	103	
	III	oikea	104	
	IV	vasen	71	
	yht		336	10
Rehuvirna-rypsi	I	vasen	105	
	II	oikea	75	
	III	vasen	96	
	IV	oikea	55	
	yht		332	9
Haisusamettikukka-rypsi	I	oikea	142	
	II	vasen	88	
	III	oikea	142	
	IV	vasen	96	
	yht		468	7
Valkopila-rypsi	I	oikea	59	
	II	vasen	109	
	III	vasen	86	
	IV	oikea	88	
	yht		342	8