

**SALAATTIKIRVAN BIOLOGISEN TORJUNNAN TEHOSTAMINEN
KASVIHUONEVILJELYSSÄ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, puutarhatalous

syksy, 2019

Minna Pajunen

Puutarhatalous
Lepaa

Tekijä	Minna Pajunen	Vuosi 2019
Työn nimi	Salaattikirvan biologisen torjunnan tehostaminen kasvihuoneviljelyssä	
Työn ohjaajat	Sirkka Jaakkola, Arto Vuollet	

TIIVISTELMÄ

Salaattikirva (*Nasonovia ribisnigri*) on maailmanlaajuisesti yksi salaatin tärkeimmistä tuholaisista ja sitä esiintyy yhä useammin suomalaisilla salaattia viljelevillä kasvihuoneviljelmillä. Salaattikirva viihtyy salaatin sisäosissa ja on siten hankalasti torjuttava.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Biotus Oy. Työn tarkoituksena oli selvittää salaattikirvan biologisen torjunnan tehostamista tutkimalla eri torjuntaeliöiden toimivuutta salaattikirvan torjunnassa. Työhön liittyy kirjallisuuskatsaus salaattikirvan biologisesta torjunnasta tehdyistä tutkimuksista. Tutkimus oli kaksiosainen. Esikokeella etsittiin ne eliöt, joilla on torjuntavaikutusta salaattikirvaan. Kokeessa oli mukana salaattikirvan biologisessa torjunnassa yleisesti käytettyjen harsokorenon toukan (*Chrysoperla carnea*) ja kirvakiilukaisen (*Aphelinus abdominalis*) lisäksi isosukkulamadot (*Steinernema feltiae*), kesärikkalude (*Orius majusculus*) ja jauhiaislude (*Macrolophus pygmaeus*). Isosukkulamadoilla ei ollut vaikutusta salaattikirvaan. Kirvakiilukainen ei sopinut käytettyyn koemalliin, ja jätettiin siksi pois tutkimuksen toisesta osasta.

Kolmen kokeen koesarjana tehtyyn tutkimuksen toiseen osaan valikoituivat harsokorenon toukka, kesärikkalude ja jauhiaislude. Ne osoittautuivat toimiviksi salaattikirvan torjunnassa häkkikokeessa, jossa salaattikirva oli torjuntaeliöiden ainoa ravinnonlähde. Kesärikkalude tappoi kahdessa päivässä 86 % kirvoista. Harsokorenon toukka tappoi samassa ajassa 70 %, ja jauhiaislude 61 % kirvoista. Kokeiden perusteella ei voida päätellä, kuinka hyvin kyseiset torjuntaeliöt saalistavat salaattikirvaa todellisessa tilanteessa kasvihuoneviljelmällä. Tämä vaatii lisätutkimuksia.

Avainsanat Salaattikirva, *Nasonovia ribisnigri*, biologinen torjunta, salaatti, torjuntaeliöt

Sivut 30 sivua

Horticulture
Lepaa

Author	Minna Pajunen	Year 2019
Subject	Enhancing the biological control of the currant-lettuce aphid in greenhouse production	
Supervisors	Sirikka Jaakkola, Arto Vuollet	

ABSTRACT

The currant-lettuce aphid (*Nasonovia ribisnigri*) is one of the most important pests of lettuce worldwide and it is increasingly found in Finnish greenhouses. The currant-lettuce aphid feeds in the heart of lettuce plants, making it difficult to control.

The commissioner of the thesis is Biotus Oy. The purpose of this thesis was to investigate the biological control of the currant-lettuce aphid by using different control agents. The thesis includes a literature review of studies of the biological control of the currant-lettuce aphid. The study was in two parts. Preliminary experiment was performed in order to find out which biological control agents would affect the currant-lettuce aphid. *Chrysoperla carnea*, *Aphelinus abdominalis*, *Steinernema feltiae*, *Orius majusculus* and *Macrolophus pygmaeus* were included in the experiment. *S. feltiae* did not affect the currant-lettuce aphid. *A. abdominalis* was left out from the second part of the study because it did not work on the experimental model.

The second part of the study was conducted as a series of three experiments. *C. carnea*, *O. majusculus* and *M. pygmaeus* were selected for the experiments. All three worked well in no-choice cage experiment, where currant-lettuce aphids were the only source of food. *O. majusculus* killed 86 % of aphids in two days. *C. carnea* killed 70 % and *M. pygmaeus* 61 % of aphids at the same time. Based on these experiments, it is not possible to conclude how well these predators will prey currant-lettuce aphids in actual greenhouse conditions. Further research is needed on this subject.

Keywords Currant-lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri*, biological control, lettuce, control agents

Pages 30 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SALAATTIKIRVA.....	1
2.1	Salaattikirvan levinneisyys ja merkitys tuholaisena.....	1
2.2	Salaattikirvan biologia ja elinkierto.....	2
2.3	Salaattikirvan tunnistaminen.....	3
3	KATSAUS SALAATTIKIRVAN BIOLOGISEN TORJUNNAN TUTKIMUKSIIN.....	4
3.1	Harsokorenonn toukka salaattikirvan torjunnassa.....	4
3.2	Kirvasääsket salaattikirvan torjunnassa.....	6
3.3	Kirvojen loispistiäiset salaattikirvan torjunnassa.....	6
3.4	Petoluteet salaattikirvan torjunnassa.....	7
3.5	Kukkakärpäset salaattikirvan torjunnassa.....	8
3.6	Entomopatogeeniset sienet salaattikirvan torjunnassa.....	9
3.7	Muita biologisen kirvatorjunnan tutkimuksia.....	9
4	KOKEISSA KÄYTETYT TORJUNTAELIÖT.....	10
4.1	Petoluteet.....	10
4.1.1	Kesärikkalude.....	11
4.1.2	Jauhiaislude.....	11
4.2	Harsokorento.....	12
4.3	Kirvakiilukainen.....	13
4.4	Isosukkulamato.....	14
5	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	15
5.1	Salaattikirvojen kasvatus koetta varten.....	15
5.2	Esikokeen koejärjestelyt.....	16
5.3	Koesarjan koejärjestelyt.....	17
6	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	18
6.1	Esikoe.....	18
6.2	Koesarja.....	19
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	23
8	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET.....	26

1 JOHDANTO

Salaattikirva (*Nasonovia ribisnigri*) on salaatinviljelyn merkittävimpiä tuholaisia niin Euroopassa kuin muuallakin maailmassa. Muista salaatin (*Lactuca sativa*) lehtikirvoista poiketen se lisääntyy salaatin sisäosissa lähellä kasvin kasvupistettä, mistä sen havaitseminen ja torjunta on vaikeaa. Kulluttajat eivät siedä tuholaisia tuorevihanneksissa, minkä takia viljelijät ympäri maailmaa ovat takavuosina käyttäneet kemiallista torjuntaa ennaltaehkäisevästi. Tällöin salaattikirvakin on kehittänyt resistenssin monia tehoaineita vastaan. Salaatin lyhyt viljelyaika rajoittaa osaltaan kemiallisen torjunnan käyttöä eikä tilannetta helpota hyväksytyjen torjunta-aineiden valikoiman supistuminen.

Luonnossa salaattikirva vaihtaa isäntäkasvia keväällä ja syksyllä. Se talvehtii herukoilla, ja elää kasvukaudella asterikasveilla. Kasvihuoneoloissa salaattikirva lisääntyy salaatilla ilman luonnossa tapahtuvaa isäntäkasvin vaihtoa ja suvullisen lisääntymisen vaihetta.

Salaattikirvaa esiintyy suomalaisilla ruukkusalaattiviljelmillä satunnaisesti, mutta viljelmälle päädyttyään se on kiusallinen ongelma, josta on hankala päästä eroon. Ongelma on lisääntynyt huomattavasti viimevuosina. Salaattikirvan biologiseen torjuntaan on käytetty harsokorenon toukkia, kirva-kiilukaisia ja kirvasääskiä vaihtelevin tuloksin.

Tässä Biotus Oy:n tilaamassa opinnäytetyössä halutaan selvittää, mitkä torjuntaeliöt toimivat salaattikirvan torjunnassa häkkikokeissa ja mitä kaupallisesti saatavilla olevia eliöitä näiden kokeiden perusteella voitaisiin käyttää viljelmillä. Perinteisten kirvojen torjuntaan käytettävien eliöiden lisäksi kokeissa selvitetään myös epätyypillisempien torjuntaeliöiden toimivuutta. Opinnäytetyö sisältää kirjallisuuskatsauksen salaattikirvan biologisen torjunnan tutkimuksista.

2 SALAATTIKIRVA

2.1 Salaattikirvan levinneisyys ja merkitys tuholaisena

Salaattikirva on eurooppalaista alkuperää mutta 1970-luvulla sen havaittiin levinneen Kanadan itäosiin ja pian sitä löydettiin myös Brittiläisestä Kolumbiasta Kanadan länsiosista ja Yhdysvaltojen luoteisosista, josta se on edelleen levinnyt Kaliforniaan. Salaattikirvaa löytyy myös Etelä-Amerikasta. (Capinera, 2001, s. 311) Vuonna 2002 tehtiin ensimmäiset havainnot Uudessa-Seelannissa (Stufkens, Teulon & Bulman, 2002) ja Australiaan salaattikirva levisi kaksi vuotta myöhemmin (Zwaan, 2018). Salaattikirvaa

esiintyy myös Keski-Aasiassa ja Lähi-idässä (Blackman & Eastop 2000, s. 311).

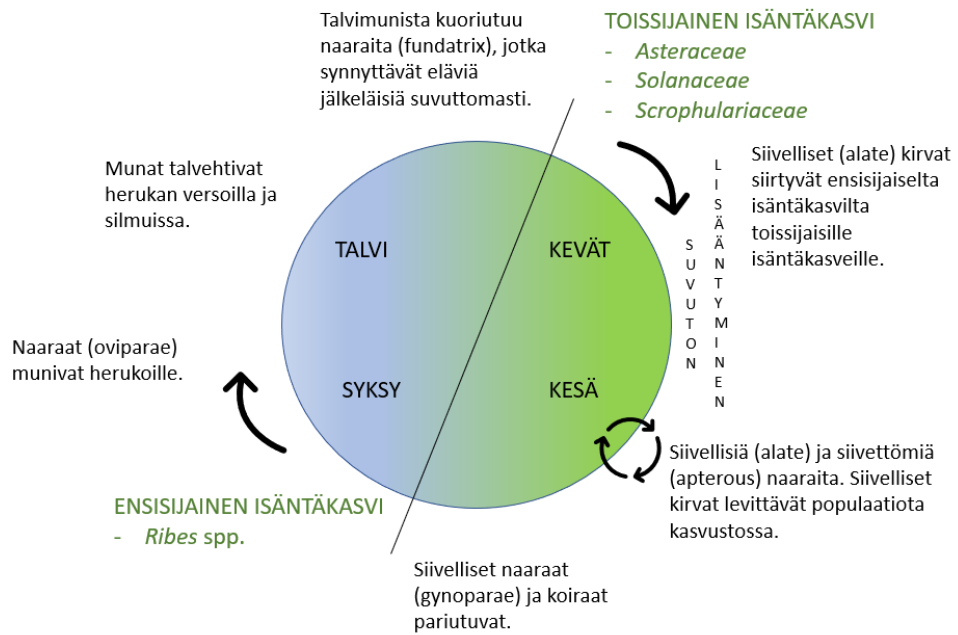
1990-luvun alussa tehtiin selvitys salaatin kirvojen esiintymisestä avomaan viljelyssä Euroopassa. Salaattikirva oli selvityksen mukaan yleisin kirvalaji. Sitä esiintyi kaksi kertaa niin paljon, kuin toiseksi tullutta ansarikirvaa (*Macrosiphum euphorbiae*). Salaatin juurikirva (*Pemphigus bursarius*) oli kolmanneksi yleisin. Persikkakirvaa (*Myzus persicae*) esiintyi runsaasti yhdessä tutkimuskohteessa. Kirvojen esiintymistä tutkittiin kuudessa eri maassa: Englannissa, Ranskassa, Saksassa, Hollannissa, Sveitsissä ja silloisessa Tšekkoslovakiassa. (Reinink & Dieleman, 1992, s. 56)

Reininkin ja Dielemanin (1992, s. 59) selvityksessä kaikki tutkimuksessa mukana olleet salaattilajikkeet, villiä rohtosalaatin (*Lactuca virosa*) kantaa PIVT280 lukuun ottamatta, osoittautuivat salaattikirvalle alttiiksi. Rohtosalaatilta löydettyjen salaattikirvalle resistenttien kantojen avulla onkin saatu jalostettua resistenttejä viljelylajikkeita. Salaattikirva on kuitenkin sittemmin kehittänyt resistenssin murtavan biotyypin, Nr:1, joka on levinnyt suureen osaan Eurooppaa. (Cid, Ávila, García, Abad & Fereres, 2012, s. 656)

Salaattikirva levittää virustauteja herukoilla ja salaatilla. Sen tiedetään levittävän ainakin kukkakaalin ja kurkun mosaiikkivirusta. (Blackman & Eastop 2000, s. 311) Ilmeisesti salaattikirva ei kuitenkaan levitä salaatin mosaikkivirusta (Blackman & Eastop 2000, s. 311; Nebreda, Moreno, Pérez, Palacios, Seco-Fernández & Fereres, 2003, s. 83). Herukoilla ja karviaisilla salaattikirva aiheuttaa keväällä lehtien käpristymistä ja versokasvun heikkenemistä (Capinera, 2001, s. 312). Salaatilla suuret kirvasaastunnat aiheuttavat kasvuhäiriöitä, mutta jo vähäisetkin kirvamäärät johtavat salaattien hylkäämiseen lajittelussa ja siten taloudellisiin menetyksiin (Dransfield & Brightwell, n.d.).

2.2 Salaattikirvan biologia ja elinkierto

Salaattikirvan ensisijaisia isäntäkasveja ovat herukat (*Ribes* spp.), kuten mustaherukat ja karviaiset. Niille talvehtivat munat munitaan syksyllä. Keväällä munista kehittyvät kirvat lisääntyvät suvuttomasti. Säiden lämmetessä alkaa kehittyä yhä enemmän salaattikirvojen siivellisiä muotoja, jotka levittäytyvät toissijaisille, useimmiten asterikasvien (*Asteraceae*) heimoon kuuluville isäntäkasveille, joilla suvuton lisääntyminen jatkuu. Myös koisokasveihin (*Solanaceae*) kuuluvat tupakka ja petunia saattavat houkuttaa salaattikirvaa, kuten myös jotkin naamakukkaiskasvit (*Scrophulariaceae*). Syksyllä salaattikirvat palaavat herukoille, joilla koiraat ja suvullisesti lisääntyvät naaraat pariutuvat ja tuottavat talvimunat. (Kuva 1.) (Blackman & Eastop 2000, s. 311)



Kuva 1. Salaattikirvan elinkierto. Mukaeltu Williamsin ja Dixonin kuvasta (2007, s. 70).

Salaattikirvan kehitys aikuiseksi kestää Diazin ja Fereresin (2005, s. 527–534) tutkimuksen mukaan lämpötilasta riippuen 6,2–31,5 vuorokautta. Pisin kehitysaika mitattiin 8 °C:n, ja lyhin 26 °C:n lämpötilassa. Näissä ääri­lämpötiloissa osa salaattikirvanymfeistä kävi läpi viisi kehitysastetta tyypilisen neljän sijaan. Korkeissa lämpötiloissa (26–28 °C) joillakin nymfeillä oli jopa kuudes kehitysaste.

Lämpötiloilla oli Diazin ja Fereresin (2005, s. 527–534) mukaan myös huomattava vaikutus siihen, kuinka suurelle osalle populaatiosta kehittyi siivet. Alle 16 °C:n lämpötiloissa yli 90 % aikuisista salaattikirvoista oli siivettömiä. 20–28 °C lämpötiloissa noin puolet kirvoista kehittyi siivellisiksi. Siivellisten kehitysaika oli aina noin vuorokauden pidempi, kuin siivettömillä. Lämpötilan noustessa 28 °C:een kuolleisuus kasvoi ja samalla lisääntymisen pysähtyi. Korkeat lämpötilat näyttävät olevan salaattikirvalle haitallisempia, kuin matalat. Ihanteellinen lämpötila salaattikirvapopulaation kasvulle oli tutkimuksen mukaan noin 20–24 °C.

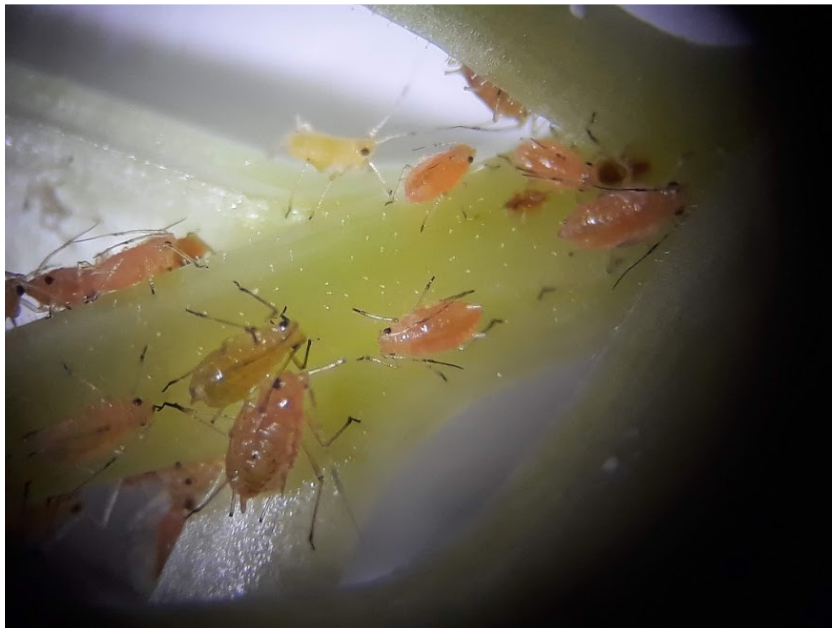
2.3 Salaattikirvan tunnistaminen

Aikuinen salaattikirva voi olla joko siivellinen tai siivetön (Kuva 2.). Siivetön muoto on 1,3–2,7 mm pitkä ja väriltään vaalean kellertävästä omenanvihreään ja joskus punertavaan (Kuva 3.). Selkäputkien ja tuntosarvien päät, sekä raajojen nivelkohdat ovat tummat. Selässä on usein näkyvissä seitsemän mustaa pisteparia. Salaattikirvan siivettömät aikuiset elävät toissijaisen isäntäkasvin lehtien alapinnoilla tai kukkavarsissa. Pesäkkeitä löytyy läheltä kasvin kasvupistettä. Siivellinen muoto on pituudeltaan 1,5–2,5 mm

ja sillä on ruumiissaan laajasti mustaa pigmenttiä. (Blackman & Eastop 2000, s. 310; Malais & Ravensberg 2003, s. 142)



Kuva 2. Vasemmalla siivetön ja oikealla siivellinen aikuinen salaattikirva. (Minna Pajunen)



Kuva 3. Salaattikirvan punaisia nymfejä, taaempana yksi vihreä. (Minna Pajunen)

3 KATSAUS SALAATTIKIRVAN BIOLOGISEN TORJUNNAN TUTKIMUKSIIN

3.1 Harsokorennon toukka salaattikirvan torjunnassa

Kaliforniassa tutkittiin vuonna 1999 harsokorennon (*Chrysoperla carnea*) munien levitystä avomaan salaattiviljelmille. Tarkoituksena oli löytää salaattikirvan torjuntaan biologisen torjunnan muoto, jota voitaisiin yhdistää valikoiviin tuholaistorjunta-aineisiin. Salaattikirva oli tuolloin uusi

tuholainen alueella ja sitä pyrittiin torjumaan valikoimattomilla tuholais-torjunta-aineilla. Tämä vaaransi integroidun tuholais-torjunnan kehityksen. (Chaney & Wunderlich, 2000)

Chaneyn ja Wunderlicin kokeessa harsokorenon munat levitettiin lähellä niiden kuoriutumisaikaa. Kantoaineena käytettiin vettä ja levitys tehtiin tarkoitukseen suunnitellulla laitteella. Levityksiä tehtiin kahdeksan, joista kolme epäonnistui jo ennen levitystä sattuneiden munien käsittely- ja laiteongelmien takia. Lopuista viidestä levityksestä vain yksi tuotti häkkiko-keiden ja peltotarkkailun perusteella odotettuja tuloksia. Viikko levityksen jälkeen kyseisellä pellolla oli keskimäärin 1,2 harsokorenon toukkaa kasvia kohden. Tuolloin käsittelemättömällä vertailupellolla keskiarvo oli 0. Tulosta pidettiin kuitenkin heikkona, koska käsitellyllä pellolla oli samaan aikaan keskimäärin 65 kirvaa/kasvi. Harsokorenon toukkien todettiin saalistavan kirvoja kasvustossa, mutta kirvapopulaatio oli päässyt suureksi jo ennen munien levitystä, eivätkä toukat pystyneet enää hallitsemaan populaation kasvua. Aikaisempi käsittely olisi mahdollisesti tuottanut paremman tuloksen. (Chaney & Wunderlich, 2000)

Pääasiallisena syynä Chaneyn ja Wunderlicin kokeen huonoille tuloksille pidettiin sitä, että vesi kantoaineena ei edesauttanut harsokorenon munien kiinnittymistä kasvustoon. Juuri kuoriutuneet ensimmäisen kehitysasteen harsokorenon toukat ovat hyvin pieniä, eivätkä ne ehkä kyenneet tavoittamaan saalista jouduttuaan pois kasveilta. Myös paikalliset sääolosuhteet (sade, tuuli, kuumuus) koealueilla haittasivat kokeen onnistumista. (Chaney & Wunderlich, 2000)

Harsokorenon munien levitys todettiin lupaavaksi menetelmäksi salaatin kasvihuoneviljelyssä Quentinin, Hommesin ja Basedown kokeessa (1995, s. 227–232), jossa tutkittiin salaattihuoneeseen tuuletusluukkujen kautta kulkeutuneiden kirvojen torjuntaa. Kohteena olivat koisokirva (*Aulacorthum solani*), ansarikirva (*Macrosiphum euphorbiae*), salaattikirva (*Nasonovia ribisnigri*) ja persikkakirva (*Myzus persicae*) Ensimmäiset harsokorenonmunalevitykset tehtiin salaattintaimille jo ennen istutusta ja levitykset toistettiin kolmesti viikon välein. Munia levitettiin 25–30 kpl/m². Harsokorenon eduksi katsottiin, että sen jäljiltä kirvoista ei jää juurikaan näkyviä jäännöksiä salaatille, ja harsokorenon toukat poistuvat kasveilta saaliin loppuessa. Salaatti säilyy näin siistinä ja kauppakelpoisena.

Shresthan ja Enkegaardin (2013) tutkimuksessa verrattiin kumpaa saalista harsokorenon toukka suosii kun sillä on mahdollisuus valita salaattikirvan ja kalifornianripsiäisen (*Frankinella occidentalis*) välillä. Kokeessa kirvoja ja ripsiäisiä tarjottiin kolmannen kehitysasteen harsokorenon toukalle eri suhteilla (10 kirvaa:80 ripsiäistä, 25 kirvaa:65 ripsiäistä, 45 kirvaa:45 ripsiäistä, 65 kirvaa:25 ripsiäistä, ja 80 kirvaa:10 ripsiäistä). Harsokorenon toukka näytti suosivan salaattikirvaa kahdella saalissuhteella: 10 kirvaa:80 ripsiäistä ja 65 kirvaa:25 ripsiäistä.

Shresthan ja Enkegaardin (2013) kokeessa ripsiäisten kuolleisuus oli 40–90 % ja kirvojen kuolleisuus 52–98 %. Enimmillään harsokorenonn toukat saalistivat noin 42 salaattikirvaa ja 71 ripsiäistä kolmen tunnin koejaksoilla, kun niitä oli ensin pidetty 24 tuntia nälässä. Päätelmän mukaan harsokorenonn toukka pystyisi saalistamaan 230 salaattikirvaa 16 tunnin valotusjakson aikana, mitä pidettiin suurena määränä verrattuna muilla kirvalajeilla tehtyihin kokeisiin. Oletettavasti nälkiinnyttäminen johti siihen, että toukat söivät kolmen tunnin aikana normaalia enemmän, ja syöntimäärä olisi tasaantunut, mikäli koetta olisi jatkettu.

3.2 Kirvasääsket salaattikirvan torjunnassa

Quentinin ym. (1995) tutkimuksessa todettiin, että kirvasääsken (*Aphidoletes aphidimyza*) toimivuutta salaattikirvan torjunnassa rajoitti salaatin viljelytekniikka. Kirvasääsken munien kehitys vaatii yli 80 % suhteellisen il-mankosteuden (Quentin ym., 2005, s. 229), kun taas salaatille ihanteellinen il-mankosteus on 60–80 % (Campiotti, Morosinotto, Puglisi, Schettini & Vox, 2015, s. 665). Lisäksi tutkimuksessa mainittiin kirvasääskinaaraan vaativan muniakseen jopa 40 kirvaa kasvia kohden. (Quentin ym., 2005, s. 229) Myös Malais ja Ravensberg (2003, s. 145) toteavat kirvasääsken muninnan riippuvan kirvatiheydestä. Kirvasääsket munivat pieniin kirvaesiintymiin vähemmän kuin suuriin esiintymiin. Kirvasääskien muninta tapahtuu häm-märän aikaan, jolloin kasvuston runsas valotus saattaa häiritä niiden toimintaa.

3.3 Kirvojen loispistiäiset salaattikirvan torjunnassa

Kirvojen loispistiäisten toimintaa salaattikirvan torjunnassa on selvitetty useissa tutkimuksissa. Quentinin ym. kokeessa (1995, s. 227–232) selvitet-tiin *Aphidius matricariae* toimivuutta salaatin kirvojen torjunnassa. *A. matricariae* ei hyväksynyt koisokirvaa ja salaattikirvaa isännäkseen. Ansa-rikirvan loisiminen onnistui vain harvoin. Persikkakirvan torjuntaan *A. mat-ricariae* soveltuu hyvin, mutta kyseisessä kokeessa persikkakirvan merkitys oli muuten vähäinen.

Kirvakiilukaisen (*Aphelinus abdominalis*) osalta saatiin lupaavia tuloksia Shresthan, Skovgårdin ja Enkegaardin (2014, s. 1535–1541) tutkimuksessa, jossa verrattiin kirvakiilukaisen, *Lysiphlebus testaceipes*in ja isokirvavaino-kaisen (*Aphidius colemani*) kykyä loisia salaattikirvaa. Kirvakiilukaisen to-dettiin pystyvän loisimaan salaattikirvaa onnistuneesti. Toisin kuin Quenti-nin ym. (1995) kokeessa, tässä kokeessa isokirvavainokainen loisi salaatti-kirvaa, samoin kuin *L. testaceipes*. Ne eivät kuitenkaan kyenneet kehitty-mään muna- tai toukka-astetta pidemmälle. Epätäydellisestä loisinnasta huolimatta myös ne aiheuttivat huomattavaa kuolleisuutta salaattikirva-populaatiossa, eikä kokonaiskuolleisuudessa lopulta ollut näiden kolmen loispistiäisen osalta merkitseviä eroja. Kirvakiilukainen on kuitenkin ainoa,

joka kykenee tuottamaan elävän sukupolven ja ylläpitämään kantaansa salaattikirvalla.

Shrestha, Skovgård, Steenberg ja Enkegaard (2015, s. 463–471) jatkoivat aiheen tutkimista selvittämällä kirvakiilukaisen loisimisen onnistumista salaattikirvan eri kehitysasteilla. Kokeessa käytettiin kehitysasteita 1–4, sekä siivettämiä aikuisia. Tutkijaryhmä totesi kirvan kehitysasteiden 1–3 olevan alttiimpia loisinnalle. Nuorimmilla kehitysasteilla oli eniten epätäydellisesti onnistuneita loisintoja, mikä viittaa siihen, että nuoret kirvat (erityisesti 1. aste) saavat herkemmin kuolettavia vammoja loisimisen yhteydessä. Nuoret kehitysasteet saattavat myös tarjota heikommat olosuhteet kiilukaisen kehitykselle. Kokeessa 4. kehitysasteen nymfien ja siivettämiä aikuisten kyvyn vastustaa loisintaa arveltiin perustuvan tehokkaisiin puolustautumiskeinoihin, kuten ruumiin ravisteluun, potkimiseen, pois kävelyyn ja tiiviiseen ryhmäytymiseen, eikä niinkään loisimista häiritseviin fysiologisiin ominaisuuksiin.

Shrestha, Skovgård, Reddy, Steenberg ja Enkegaard (2017) selvittivät kirvakiilukaisen (*A. abdominalis*) loisimiskäyttäytymistä ansarikirvan (*M. euphorbiae*) ja salaattikirvan (*N. ribisnigri*) välillä, ja sitä, kuinka kirvan kasvustoon sijoittuminen vaikuttaa loisimisen onnistumiseen. Häkkikokeessa kirvakiilukainen loisi molempia kirvalajeja yhtä hyvin, mutta valintatilanteessa se suosi ansarikirvaa. Kirvakiilukainen pystyy loisimaan kirvoja kaikissa kasvinosissa, mutta onnistumisprosentti on kuitenkin merkittävästi suurempi silloin, kun kirvat ovat levittäytyneet salaatile tasaisesti. Lähellä kasvupistettä loisimisen onnistuminen on heikompaa. Molempien kirvalajien esiintyessä kasvustossa, kiilukainen loisii paremmin salaatin ulkolehdillä viihtyvää ansarikirvaa. Kirvakiilukaista pidettiin kuitenkin potentiaalisena osana salaattikirvan biologisessa torjunnassa, mikäli sen tukena käytetään esimerkiksi muita petoja tai entomopatogeenisiä sieniä.

3.4 Petoluteet salaattikirvan torjunnassa

Petoluteiden käytöstä salaattikirvan biologisessa torjunnassa on julkaistu varsin vähän tutkimuksia. Gomez-Polo ym. (2015) on tutkinut Välimeren alueen avomaan salaattiviljelmällä mitä saalislajeja luonnonvaraisena esiintyvä kesärikkalude (*Orius majusculus*) käyttää ravintonaan. Tutkimuksessa analysoitiin luteiden vatsan sisältöä. Kesärikkaluteen todettiin saalistavan salaatin kahta merkittävää tuholaista: salaattikirvaa ja kalifornianripsäistä. Keväällä salaattikirvan osuus luteiden ravinnosta oli suurempi, kun taas kesällä ne saalistivat enemmän kalifornianripsäistä (Gomez-Polo ym, 2015, s. 277). Näyttää siltä, että kesärikkalude kohdistaa saalistuksensa kulloinkin yleisempänä esiintyvään tuholaiseen.

Kesärikkaluteen todettiin Gomez-Polon ym. (2015, s. 278) tutkimuksessa saalistavan tuholaisten lisäksi muitakin salaattiviljelmällä esiintyneitä lajeja, kuten hyppyhäntäisiä ja monia hyötyeliöitä. Kesärikkaluteen saaliiksi

jäi muun muassa kukkakärpäsen toukkia, hämähäkkejä, leppäpirkkoja ja jopa muita Orius-suvun luteita.

3.5 Kukkakärpäset salaattikirvan torjunnassa

Kukkakärpäsiä (*Syrphidae*) on tutkittu salaattikirvan torjunnassa enimmäkseen avomaalla. Niitä esiintyy luonnossa yleisesti ja tutkimuksissa on keskitytty houkuttelemaan luonnonvaraisia kukkakärpäsiä viljelmille erilaisien kukkivien kaistojen avulla (Hogg, Nelson, Mills & Daane, 2011; Gillespie, Wratten, Sedcole & Colfer, 2011). Näissä Kaliforniassa tehdyissä tutkimuksissa on käytetty hyvällä menestyksellä tuoksupielusta (*Lobularia maritima*). Aikuiset kukkakärpäset käyttävät ravintonaan siitepölyä ja mettä. Hoggin ym. tutkimuksessa tuoksupielus lisäsi kukkakärpästen jälkeläistuottoa (2011, s. 141). Kukkakärpäsen munista kehittyvät toukat käyttävät ravinnokseen kirvoja. Tuoksupieluksen lisäksi kukkivaa korianteria (*Coriandrum sativum*) on käytetty kukkakärpäsiä houkuttavana ravintokasvina (Bugg, Colfer, Chaney, Smith & Cannon, 2008, s.13; Pineda & Marcos-García, 2013). Pinedan ja Marcos-Garcían (2013, s. 491) paprikalla tekemässä tutkimuksessa korianterin ja tuoksupieluksen käyttäminen lisäsi kukkakärpästen määrää espanjalaisella kasvihuoneviljelmällä.

Kukkakärpäset ovat taitavia lentäjiä. Ne löytävät kirvapesäkkeet nopeasti ja tarkasti, mutta ne ovat myös melko sääherkkiä. Kylmä, märkä ja tuulinen, tai liian kuuma sää häiritsee niiden lentoa. Myös toukkien aktiivisuus vaihtelee päivästä toiseen lämpötilan muutosten myötä. (Bugg ym, 2008, s. 12)

Hopper, Nelson, Daane ja Mills (2011) tutkivat neljän kukkakärpäslajin tehokkuutta salaattikirvan torjunnassa. Tutkimuksessa mitattiin syötyjen kolmannen asteen salaattikirvojen kappalemäärää ja biomassaa. Tutkimuksessa mukana olleet kukkakärpäslajit olivat *Allograpta obliqua*, *Eupeodes fumipennis*, *Sphaerophoria sulphuripes*, ja *Toxomerus marginatus*. Näistä Suomessa esiintyy *Eupeodes* ja *Sphaerophoria* -sukujen kukkakärpäsiä (Suomen Lajitietokeskus, n.d.). Hopperin ym. (2011, s. 275) mukaan *E. fumipennis* tappoi salaattikirvoja eniten niin kappalemääräisesti, kuin biomassallakin mitattuna. Kaikilla tutkituiden kukkakärpäslajien toukilla kirvojen syöntimäärässä oli havaittavissa selvä piikki juuri ennen toukan koteloitumista. Tutkimuksessa todetaan kukkakärpäsen toukan kehitysajan (21,8 päivää) 20 °C:n lämpötilassa olevan huomattavasti pidempi salaattikirvan nymfin kehitykseen (8–9 päivää) verrattuna, minkä takia salaattikirva kykenee tuottamaan useita sukupolvia yhden kukkakärpässukupolven aikana. Kukkakärpäsen muninnan olisi siis syytä ajoittaa heti salaatinviljelyn alkuvaiheisiin, juuri kun salaattikirva alkaa levittäytyä kasvustoon. Tällöin sillä olisi parhaat mahdollisuudet pitää salaattikirvapopulaatio kurissa. (Hopper ym., 2011, s. 274–275)

3.6 Entomopatogeeniset sienet salaattikirvan torjunnassa

Fournier & Brodeur (1999) tutkivat kahta *Verticillium lecanii* -sienen kantaa salaattikirvan, persikkakirvan ja koisokirvan torjunnassa salaatile. *V. lecanii* sienen kannat olivat DAOM 198499 ja Vertalec®. Tutkimukset tehtiin sekä laboratorio-, että kasvihuoneolosuhteissa. Laboratoriokokeissa molemmat kannat torjuivat kaikkia kirvoja hyvin, mutta kasvihuoneolosuhteissa kanta DAOM 198499 osoittautui tehottomaksi, mahdollisesti levitysteknisistä syistä. Salaattikirva osoitti suurempaa herkkyyttä Vertalec®-valmisteelle laboratoriokokeessa kuin kasvihuoneolosuhteissa, missä se reagoi sienivalmisteeseen muita kirvalajeja heikommin. Ilmeisesti syynä oli salaattikirvan sijoittuminen kasvustossa. Vertalecin® todettiin toimivan salaatin vesiviljelyssä kasvihuoneolosuhteissa.

Ongelmia Fournierin ja Brodeurin (1999, s. 80) tutkimuksessa aiheuttivat valmisteen jättämät valkoiset jämmät salaatin lehdille, mikä johtui ilmeisesti käytetystä korkeasta pitoisuudesta (2×10^6 itiötä/ml). Lisäksi salaatin lehdistä löytyi usein sienirihmaston peittämiä kirvojen jäännöksiä. Tällaiset salaatit ovat kauppakelvottomia. Näihin asioihin voidaan tutkijoiden mukaan vaikuttaa etsimällä optimaalinen käyttöpitoisuus sienivalmisteelle, sekä ajoittamalla valmisteen käyttö mahdollisimman varhaiseen viljelyn vaiheeseen.

Shrestha, Enkegaard ja Steenberg (2015) tutkivat *Beauveria bassiana* sienemmän GHA toimivuutta salaattikirvan torjunnassa. Tutkimus tehtiin laboratorio-olosuhteissa salaattikirvan eri kehitysasteilla ja samalla selvitetiin sienemmän vaikutusta kirvan jälkeläistuottoon.

Shresthan ym. (2015, s. 42–43) tutkimuksessa *B. bassiana* sieni-infektioille alttiimmiksi osoittautuivat neljännen kehitysasteen salaattikirvat, sekä siivettömät aikuiset. Ensimmäisen ja toisen kehitysasteen kirvojen kestävyys infektioita vastaan oletettiin johtuvan nuorten nymfiiden usein tapahtuvasta nahan luomisesta, jolloin ne pääsivät samalla eroon suuresta osasta sieni-itiöistä. *B. bassiana* -tartunta vähensi salaattikirvan jälkeläistuottoa.

Beauveria bassiana kanta GHA on hyväksytty Suomessa tammikuussa 2019 käytettäväksi ansarijauhiasen (*Trialeurodes vaporariorum*) ja etelänjauhiasen (*Bemisia tabaci*) torjuntaan kurkulta, tomaatilta, paprikalta, mansikalta, melonilta, kesäkurpitsalta, munakoisolta, koristekasveilta, ja puiden taimilta kasvihuoneessa (Tukes, 2019). Sitä ei ole hyväksytty käytettäväksi salaatilella.

3.7 Muita biologisen kirvatorjunnan tutkimuksia

Kirvojen biologista torjuntaa eri viljelykasveilla on tutkittu runsaasti. Tässä luvussa tarkastellaan vain kahta tähän opinnäytetyöhön vertailuksi soveltuvaa tutkimusta harsokorenon ja petoluteiden osalta.

Yadavin ja Pathakin (2010, s. 271–272) kokeessa harsokorennon toukan saalistustehoa vertailtiin eri lämpötiloissa neljällä eri kirvalajilla (*Aphis craccivora*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* ja *Lipaphis erysimi*). Kokeet tehtiin viidellä vakiolämpötilalla: 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C ja 30 °C. Kokeessa seurattiin harsokorennon toukan käyttämän kirvaravinnon määrää koko sen kehityksen ajan. Toukan kuluttamien kirvojen määrä laskettiin 24 tunnin välein. Harsokorennon toukan käyttämän ravinnon kokonaismäärä väheni merkittävästi lämpötilan noustessa 15 °C asteesta 30 °C asteeseen. Yadav ja Pathak toteavat harsokorennon toukan saalistustehon riippuvan lämpötilan lisäksi toukan kehitysasteesta sekä saaliin koosta ja kehitysasteesta. Harsokorennon toukkien kokonaiskulutus oli enimmillään 15 °C asteessa noin 320 kirvaa (*A. craccivora*) toukan kehityksen aikana. Pienimmillään kulutus oli 30 °C asteessa noin 140 kirvaa (*L. erysimia*).

Messelink, Bloemhard, Kok ja Janssen (2011, 115–118) tutkivat paprikalla persikkakirvan ja kalifornianripsisiäen torjuntaa jauhiaisluteella (*Macrolophus pygmaeus*), kesärikkaluteella (*Orius majusculus*) ja ripsiäisrikkaluteella (*Orius laevigatus*). Kokeessa koeosastoihin tehtiin useita kirvasaastutuksia. Jauhiaislute onnistui estämään pysyvän kirvakannan muodostumisen paprikalle. Sen torjuntavaikutusta pidettiin erinomaisena. Jauhiaisluteen arveltiin hyötyvän paprikankukkien siitepölyn tarjoamasta lisäravinnosta. Kesärikkalude- ja ripsiäisrikkaludekäsittelyissä kirvatiheydet nousivat korkeiksi ja aiheuttivat vakavia satovahinkoja. Kesärikkalude piti kuitenkin kirvatiheyden merkittävästi pienempänä kuin ripsiäisrikkalude. Kokeessa koeosastojen lämpötila oli 23 °C ja suhteellinen ilmankosteus 70 %.

4 KOKEISSA KÄYTETYT TORJUNTAELIÖT

Tässä opinnäytetyössä haluttiin tutkia perinteisesti kirvojen torjunnassa käytettyjen torjuntaeliöiden ohella myös salaattikirvan torjunnassa epätyypillisiä torjuntaeliöitä. Mukaan otettiin eliöitä, joita käytetään yleisesti muiden tuholaisten biologisessa torjunnassa, mutta joiden toimintaa salaattikirvalla ei juurikaan ole tutkittu. Epätyypillisinä eliöinä näissä kokeissa käytettiin petoluteita ja sukkulamatoja. Kaikki kokeissa käytetyt eliöt ovat Suomessa kaupallisesti saatavissa.

4.1 Petoluteet

Luteet kuuluvat nivelkärsäisten hyönteisten lahkoon ja niitä esiintyy Suomessa yli 500 lajia. Useimmat lajit käyttävät ravintonaan kasvinesteitä, mutta petoluteet saalistavat lisäksi muita selkärangattomia. Joitakin petoludelajeja käytetään kaupallisesti biologisessa torjunnassa kasvihuoneviljelyssä. (Rintala & Rinne, 2010, s. 21).

Luteiden muodonvaihdos on osittainen, sillä niiltä puuttuu kotelovaihe. Naaras munii pitkulaiset munat yksitellen tai rykelmänä ravintokasvin var-sille. Monet lajit munivat varren sisään, jolloin munat ovat turvassa pe-doilta. Osa luteista talvehtii munavaiheessa. Luteilla on harvoja poikkeuk-sia lukuun ottamatta viisi nuoruusvaihetta. Kaksi ensimmäistä ovat usein vain parin päivän mittaisia, vaikka nuoruusvaihe kokonaisuudessaan saat-taa kestää jopa 30 vuorokautta. (Rintala & Rinne, 2010, s. 23–24)

4.1.1 Kesärikkalude

Kesärikkaluteen (*Orius majusculus*) levinneisyysaluetta on lähes koko Eu-rooppa sekä laajat alueet Aasiassa. Lajin virallinen suomenkielinen nimi on ansarrikkalude (Suomen lajitietokeskus, n.d.), mutta puutarhaviljelyssä se tunnetaan kaupallisesti vakiintuneella kesärikkaluteen nimellä (Vänninen, Lahdenperä, Lehto, Mäkinen & Nissinen, 2004, s. 18). Suomessa kesärikka-lude on harvinainen ja sitä esiintyy vain paikoin. Havaintoja on tehty Es-poossa, Järvenpäässä ja Lappeenrannassa. (Rintala & Rinne, 2010, s. 176).

Kesärikkalude on 2,6–3,0 mm pitkä. Sen tummanruskeat siivet ovat tyvi-osastaan vaaleat (Kuva 4.). Kesärikkalude käyttää ravintonaan siitepölyä ja ruohovartisilla kasveilla eläviä selkärangattomia. Kasvihuoneissa sitä käy-tetään ripsiäisten torjunnassa. (Rintala & Rinne, 2010, s. 176)



Kuva 4. Aikuinen kesärikkalude. (Kuva: Veikko Rinne)

4.1.2 Jauhiaislude

Jauhiaisludetta (*Macrolophus pygmaeus* ent. *M. caliginosus*) esiintyy Eu-roopassa, sekä Etu- ja Keski-Aasiassa. Lajin virallinen suomenkielinen nimi on pähkämölude (Suomen lajitietokeskus, n.d.), mutta puutarhaviljelyssä se tunnetaan yleisesti kaupallisesti vakiintuneella jauhiaisluteen nimellä (Vänninen ym., 2004, s. 16). Sitä käytetään nimensä mukaisesti pääasiassa jauhiaisten torjunnassa. Suomessa jauhiaisludetta esiintyy maan keski-osissa yleisesti ja eteläosissa paikoin. (Rintala & Rinne, 2010, s. 86).

Jauhiaislude on yleisväritykseltään vihreä ja kooltaan 3,1 – 3,9 mm pitkä. Sen tuntosarvien ensimmäinen jaoke on musta. Pään sivuilla erottuvat

selvästi mustat silmäjuovat. (Kuva 5.) Suomessa jauhiaisludetta on tavattu ainakin lehtopähkämöllä (*Stachys sylvatica*) ja metsäkurjenpolvella (*Geranium sylvaticum*). Muualla sitä on löydetty myös imiköiltä (*Pulmonaria*), ohdakkeilta (*Cirsium*) ja karhiaisilta (*Carduus*). Luonnossa se käyttää ravintonaan kasvinesteiden lisäksi kirvoja ja muita selkärangattomia. (Rintala & Rinne, 2010, s. 86)



Kuva 5. Aikuinen jauhiaislude. (Kuva: Veikko Rinne)

Jauhiaisluteen elinkierto on pitkä. Munavaihe kestää vähintään 10 päivää, jonka jälkeen aikuistumiseen kuluu vielä ainakin 19 päivää. Kynnyslämpötila jauhiaisluteen kehitykselle on 10–15 °C. Alle kymmenessä asteessa kehitys pysähtyy ja yli 40 °C lämpötila on nymfeille tappava. Jauhiaislude talvehtii muna-asteella. Matalissa lämpötiloissa munien kehitys hidastuu huomattavasti. Yli 30°C:ssa alle puolet munista kuoriutuu. Aikuistuneet luteet parittelevat kolmen päivän sisällä ja ensimmäiset munat munitaan 3–6 päivän kuluttua parittelusta. Munintajakso kestää 85–23 päivää (15–30 °C). Munintakapasiteetti riippuu lämpötilan lisäksi ravinnon laadusta. Munien kokonaismäärä on 270–120 kappaletta (20–25 °C). Jauhiaisravinnolla muninta on tehokkaampaa kuin kirvaravinnolla. Ilman saalista jauhiaislude selviää kasvinesteiden turvin, mutta tällöin muninta hiipuu. (van der Ent ym., 2017, s. 63)

4.2 Harsokorento

Harsokorento (*Chrysoperla carnea*) kuuluu verkkosiipisten (*Neuroptera*) hyönteisten lahkoon. Se on laajasti levinnyt koko maailmaan Australiaa lukuun ottamatta. (Malais & Ravensberg, 2003, s.154) Harsokorento elää luonnonvaraisena myös Suomessa. Aikuinen harsokorento on vihreä, siro, 12 mm pitkä hyönteinen, jolla on läpikuultavat siivet. Aikuiset harsokorennot syövät siitepölyä, mettä ja kirvojen erittämää mesikastetta. Syksyllä aikuiset harsokorennot muuttuvat punertaviksi ja ne hakeutuvat talvehtimaan rakennuksiin (Chinery, 1988, s.142). Toukkien pääasiallista ravintoa ovat kirvat, mutta ne saalistavat lisäksi punkkeja, jauhaisia, kaskaita ja villakilpikirvoja. Niille kelpaavat ravinnoksi myös yökkösten munat ja jopa omat lajitoverit. (Koskula, 2000, s. 70–71)

Harsokorenon elinkierto on kuusi vaihetta: muna, kolme toukka-astetta, esikotelo, kotelo ja aikuinen (Malais & Ravensberg, 2003, s.154). Kuoriutuessaan toukka on vain 1–2 mm pitkä, mutta kasvaa 8–10 mm:n kokoiseksi (Koskula, 2000, s. 70–71). (Kuva 6.) Toukkavaiheen aikana harsokorento kuluttaa keskimäärin 300–400 kirvaa, joista noin 75 % kolmannen toukka-asteen aikana. Toukka ottaa saaliin leukoihinsa ja ruiskuttaa siihen saaliin sisukset sulattavaa nestettä ja imee sitten tämän tyhjiin. Saaliin jätteitä ei juurikaan pysty havaitsemaan satokasveilta. (Malais & Ravensberg, 2003, s.154)

Biologisessa torjunnassa kaupallisesti myytävät harsokorennot toimitetaan toisen asteen toukkina. Aikuiset harsokorennot eivät yleensä jää kasvihuoneeseen lisääntymään, joten toukkalevityksiä on uusittava tarpeen mukaan. Harsokorenon toukat soveltuvat parhaiten käytettäväksi matallisissa kasvustoissa, sillä ne putoavat kasvin lehdistä helposti maahan, eivätkä saavuta saalistaan enää korkeilta kasveilta. (Koskula, 2000, s. 71)



Kuva 6. Harsokorenon toukka. (Kuva: Minna Pajunen)

4.3 Kirvakiilukainen

Kirvakiilukainen (*Aphelinus abdominalis*) on kirvoilla loisiva pistiäinen (*Hymenoptera*). Se on 2,5–3 mm pitkä ja sillä on lyhyet jalat ja tuntosarvet. Kirvakiilukainen on yleisväritykseltään musta. Naaraan vatsa on keltainen. Uros on hieman naarasta pienempi ja sen vatsa on tummempi. Kirvakiilukainen loisii ainakin *Macrosiphum*, *Aulacorthum* ja *Myzus* -sukujen kirvoja ja sen tiedetään loisivan myös kirvapankeissa käytettävää viljakirvaa (*Sitobion avenae*). Mieluiten kirvakiilukainen loisii ansarikirvaa (*Macrosiphum euphorbiae*). Aikuinen kirvakiilukainen käyttää myös kirvanymfejä ravintonaan imemällä ne tyhjiin. (Malais & Ravensberg, 2003, s. 162)

Kirvakiilukaisnaaras pistää kirvaa munanasettimellaan (Kuva 7.), jolloin kirva lamaantuu. Tämän jälkeen se munii kirvan sisälle. (Koskula, 2000, s. 82–83). Loisitut kirvat muuttuvat mustiksi muumioiksi noin viikossa (Kuva 8.). Toukan kehittymiseen aikuiseksi kuluu 16 vuorokautta (24 °C). Aikuisen kiilukaisnaaras elää noin 30 päivää ja loisii 5–10 kirvaa päivässä. Lisäksi se tappaa ravinnokseen käyttämiään kirvanymfejä (Malais & Ravensberg, 2003, s. 162).



Kuva 7. Kirvakiilukaisnaaras loisimassa kirvaa. (Kuva: Dennis Crawford)



Kuva 8. Kirvakiilukaiset levitetään viljelmille kirvamuumioina, joiden sisällä kirvakiilukaiset kehittyvät. Kuvassa on kirvamuumio, jonka takaosassa näkyy muumiosta ulos kuoriutuneen kirvakiilukaisen leikkaama aukko. (Kuva: Minna Pajunen)

4.4 Isosukkulamato

Steinernema -suvun sukkulamatoja käytetään pääasiassa torjumaan harsosääsken ja korvakärsäkkään toukkia. Niillä on vaikutusta myös ripsiäisten

koteloasteisiin ja miinaajakärpästen toukkiin. Sukkulamadot tunkeutuvat isäntähyönteiseen ilma-aukkojen tai peräaukon kautta. Päästyään hyönteisen sisälle, ne vapauttavat hyönteisten kudoksia hajottavaa bakteeria ja käyttävät sitten hajonnutta kudosta ravintonaan. Hyönteinen kuolee sukukulamatosaaastunsaan noin kahdessa vuorokaudessa. Sukkulamadot lisääntyvät raadossa ja ravinnon loppuessa ne muuttuvat kestotoukiksi, jotka alkavat etsiä uutta isäntää. (Koskula, 2000, s. 90–91) Tämän opinnäytetyön kokeessa käytettiin isosukkulamatoa (*S. feltiae*).

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Salaattikirvan biologisen torjunnan tehostamista tutkittiin kahdella kokeella. Esikokeen tarkoituksena oli selvittää lupaavimmat ja koemenetelmään sopivimmat eliöt, ja sen perusteella valittiin torjuntaeliöt seuraavaan kokeeseen, joka tehtiin kolmen kokeen koesarjana. Kokeet tehtiin Biotus Oy:n toimitiloissa Forssassa kevään ja kesän 2019 aikana. Esikokeessa käytetyt salaattit ja salaattikirvat saatiin yhdeltä suomalaiselta ruukkusalaattia tuottavalta kasvihuoneviljelmältä. Koesarjaa varten saman tuottajan salaattit ostettiin kaupasta. Salaatti oli lehtisalaatin lajike, jolla salaattikirvaa tiedetään esiintyvän. Käytetyt torjuntaeliöt kuuluvat Biotus Oy:n valikoimiin.

5.1 Salaattikirvojen kasvatus koetta varten

Salaattikirvoja kasvatettiin isossa kasvatushäkissä, joka oli kooltaan 60 x 60 x 60 cm (Kuva 9.). Pleksihäkin katto ja kaksi sivua olivat hengittävää pvc-harsoa. Häkin luukku suljettiin magneettiliistoilla ja varmistettiin pakkausteipillä. Aikuisia kirvoja kerättiin isosta häkistä pienemmille kasvatusareenoille lisääntymään (areenan kuvaus kohdassa 5.2). Muistiin merkittiin päivämäärä ja aikuisten kirvojen määrä. Muutaman päivä kuluttua kerättävissä oli kulloinkin halutun ikäisiä nymfejä.



Kuva 9. Salaattikirvakasvatus isossa häkissä 26.3.2019. Kirvojen kasvatuksessa käytettiin eri salaattilajikkeita. (Kuva: Minna Pajunen)

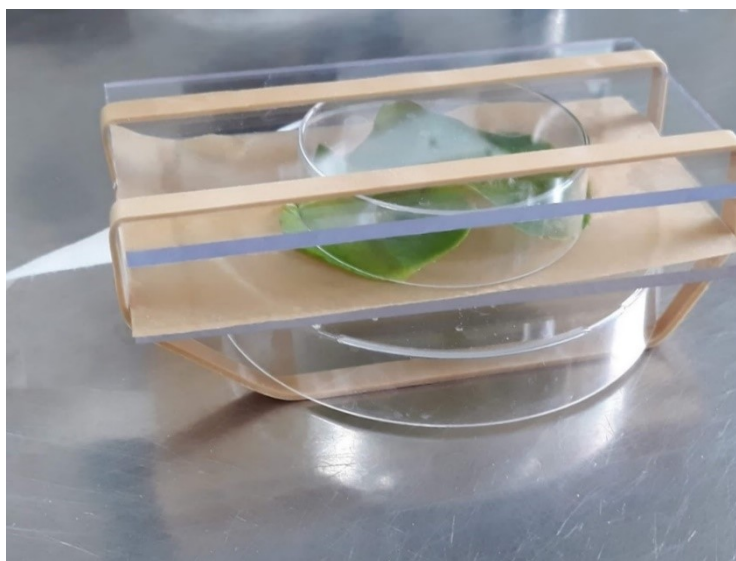
5.2 Esikokeen koejärjestelyt

Esikoe tehtiin 16.5.–20.5.2019. Siinä käytettiin 1–6 päivän ikäisiä salaattikirvoja, joista 55 % oli korkeintaan kahden päivän ikäisiä. Käsittelyjä oli seitsemän ja kerranteita viisi. Käsittelyistä kaksi oli kontrolleja ilman petoja ja viisi petokäsittelyä.

Esikokeen käsittelyt:

1. Kontrolli 1
2. Kontrolli 2 (vesidippaus)
3. Kesärikkalude
4. Harsokorento
5. Jauhiaislude
6. Kirvakiilukainen
7. Isosukkulamato

Koetta varten koottiin 35 areenaa. Käytetty areenamalli on versioitu alun perin Hulshofin, Ketojan ja Vännisen (2003, s. 20) käyttämästä menetelmästä. Halkaisijaltaan 88 mm:n nurin päin käännetyin 15 mm korkean petrimaljan päälle asetettiin 3 mm:n polykarbonaattilevy (60 x 110 mm), jonka päällä oli areenoiden alustana olevaan vesiastiaan ylettyvä kanttinauha ja sen päällä polykarbonaattilevyn kokoinen suodatinpaperin pala. Näiden päälle asetettiin salaatinlehti, jolle siirrettiin siveltimen avulla viisi kirvaa. Petokäsittelyareenoille lisättiin lisäksi yksi peto jokaiseen areenaan (sukkulamatokäsittely selostetaan erikseen). Kirvakiilukainen laitettiin areenaan kuoriutumattomana muumiona. Areena suljettiin pienemmällä 55 mm:n petrimaljalla ja polykarbonaattilevyllä, jotka pysyivät tiiviisti paikoillaan kumilenkkien avulla (Kuva 10.). Jokaiseen areenaan merkittiin käsittelyn tunnus ja areenan numero.



Kuva 10. Valmiiksi koottu koeareena, jolla on viisi kirvaa ja peto. (Kuva: Minna Pajunen)

Sukkulamatokäsittely tehtiin kastamalla salaatin lehti kirvoineen vesikanuun, jossa 1 teelusikallinen isosukkulamatoja kantoaineineen oli sekoitettu 800 ml huoneenlämpöistä vettä. Tälle vertailuna tehtiin vesidippauskäsittely (Kontrolli 2) samalla menetelmällä, mutta ilman sukkulamatoja.

Areenat aseteltiin sattumanvaraisessa järjestyksessä kahdelle kooltaan 96 x 27 cm:n alustalle (Kuva 11.). Toisella alustalla oli 17 areenaa ja toisella 18. Koehuoneen lämpötila oli noin 23–26 °C. Lämpötilan säätömahdollisuutta ei ollut, ja pakkauskoneen käydessä viereisessä tilassa, saattoi lämpötila nousta yli 27 asteeseen. Huoneessa oli yksi 400 Watin HPS lamppu. Päivänpituudeksi oli säädetty 20 tuntia.



Kuva 11. Koeareenat sijoitettiin alustoille sattumanvaraisessa järjestyksessä. (Kuva: Minna Pajunen)

Koeareenat avattiin yksitellen neljän päivän kuluttua kokeen aloituksesta. Jokaisesta areenasta laskettiin elossa olevat kirvat ja tarkastettiin, oliko peto elossa. Areenojen tarkastelussa käytettiin apuna mikroskooppia. Mikäli peto oli kuollut, jätettiin kyseinen areena pois tuloksista. Jauhiaisluderkäsittelyareenat laitettiin hetkeksi jääkaappiin ennen areenojen avaamista, jotta luteet eivät karanneet areenaa avattaessa.

5.3 Koesarjan koejärjestelyt

Esikokeen perusteella valittiin jatkokokeeseen kolme koemallissa parhaiten toiminutta torjuntamenetelmää, joita olivat jauhiaislude, kesärikkalude ja harsokorennon toukka. Kirvamäärää areenoilla lisättiin viidestä kahdeksaan. Koesarjassa käytetyt kirvat olivat 0,75–1,5 mm:n kokoisia. Jokaisessa kokeessa oli neljä käsittelyä ja viisi kerrannetta. Käsittelyistä yksi oli kontrolli ja kolme petokäsittelyä. Sama koe toistettiin kolme kertaa 28.5.–29.5., 5.6.–7.6. ja 23.7.–25.7.2019.

Koesarjan käsittelyt:

1. Kontrolli
2. Kesärikkalude
3. Harsokorento
4. Jauhiaislude

Areenat koottiin samalla tavalla, kuin esikokeessa (katso 5.2). Areenat aseteltiin arvotussa järjestyksessä kooltaan 96 x 27 cm:n alustalle. Koehuoneen lämpötila oli ensimmäisessä kokeessa 21–26 °C, toisessa 25–28 °C ja kolmannessa 24–26 °C. Lämpötilan säätömahdollisuutta ei ollut. Huoneessa oli yksi 400 Watin HPS-lamppu. Päivänpituudeksi oli säädetty 20 tuntia.

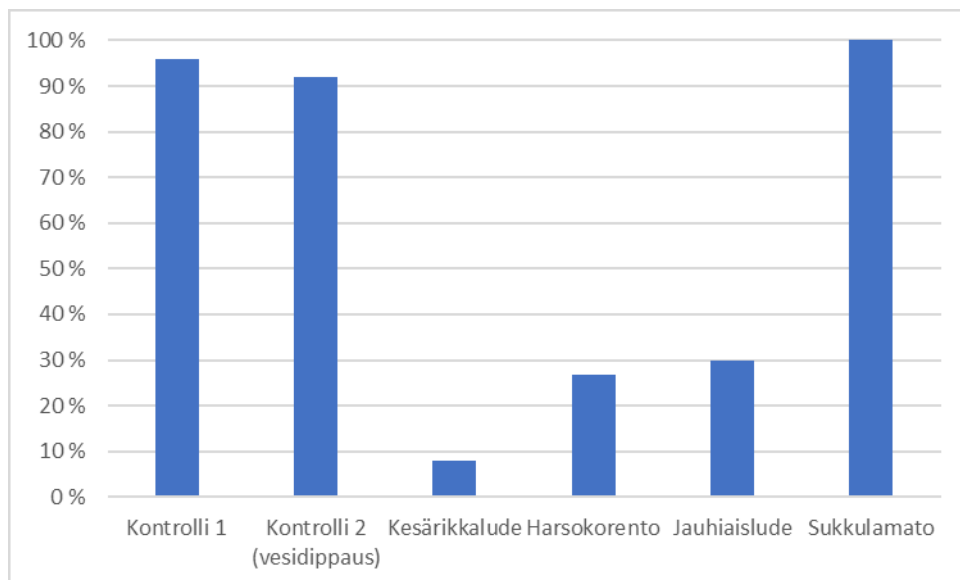
Pedoille annettiin vuorokausi toiminta-aikaa, jonka jälkeen jokainen areena avattiin ja elossa olevat kirvat laskettiin. Koesarjan kahta jälkimmäistä koetta päätettiin jatkaa vielä toisen vuorokauden ajan, jonka jälkeen kirvat laskettiin toisen kerran ja koe purettiin. Mikäli peto areenassa oli kuollut, jätettiin kyseinen areena pois tuloksista.

6 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Aineistoa kuvaavien tunnuslukujen laskemiseksi käytettiin Excel-taulukko-laskentaohjelmaa. Keskihajonnan laskemiseen käytettiin Excel-funktiota TKESKIHAJONTA.

6.1 Esikoe

Salaattikirvan biologisen torjunnan esikokeessa käsittelyt jakaantuivat selvästi kahteen ryhmään. Kontrolli 1:n, kontrolli 2:n ja isosukkulamatokäsittelyn salaattikirvamäärät olivat 92–100 % aloitusmääristä neljä päivää kokeen aloituksen jälkeen. Kesärikkalude-, harsokorento- ja jauhiaisludekäsittelyissä kirvoja oli elossa 8–30 %. (Kuva 12.)



Kuva 12. Salaattikirvojen eloonjäämisprosentti eri käsittelyillä esikokeessa neljä päivää kokeen aloituksen jälkeen. Tulokset saatiin 27 areenalta.

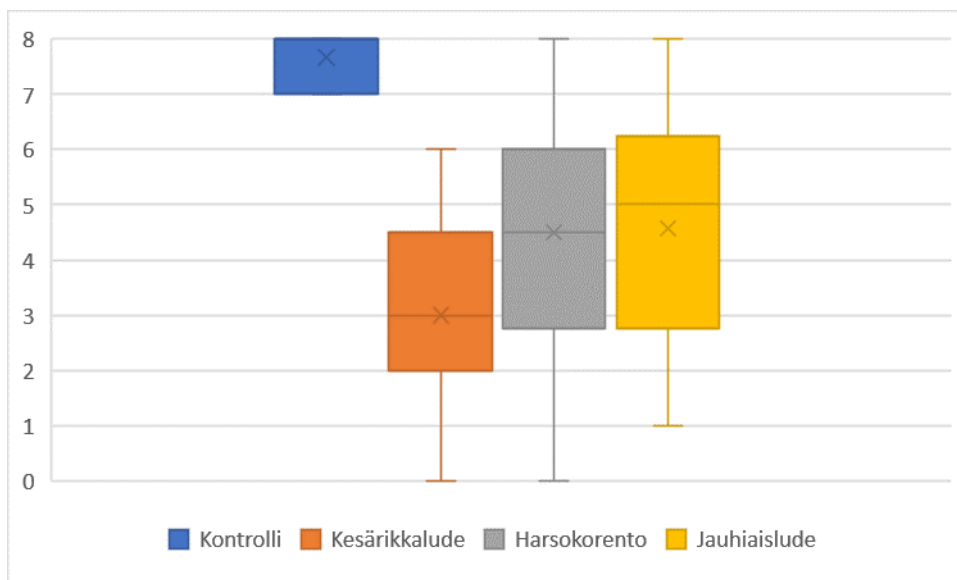
Esikokeen perusteella todettiin kesärikkaluteen, jauhiaisluteen ja harsokorenon toukan sopivan koemalliin, jossa käytettiin pieniä petrimaljoista koottuja areenoita. Ne myös näyttivät toimivan salaattikirvan torjunnassa, joten ne valittiin koesarjaan. Sukkulamadolla ei esikokeessa ollut torjuntakykyä salaattikirvaan ja se jätettiin pois koesarjasta.

Kirvakiilukaisen kohdalla käytetty koemalli ei toiminut. Kiilukaisen kuoriutumiseen kirvamuumiosta siihen, että onnistunut loisiminen voitaisiin todeta kirvoista, kesti niin pitkään, että salaatinlehdet areenoissa alkoivat pilaantua. Kiilukaisareenoja tarkasteltiin 12 päivää kokeen alkamisen jälkeen. Tuolloin eläviä kiilukaisia ei havaittu. Salaatinlehden alla olevia kirvoja ja kirvakiilukaisia ei voitu havaita, koska areenoja ei avattu mahdollisten elävien kiilukaisten karkaamisvaaran takia. 4 viikkoa kokeen alkamisen jälkeen kiilukaisareenat purettiin. Yhdestä areenasta löydettiin onnistuneesti loisittuja kirvamuumioita ja eläviä kiilukaisia, mutta muut areenat olivat niin huonossa kunnossa, että koko kiilukaiskäsittely jätettiin pois tuloksista.

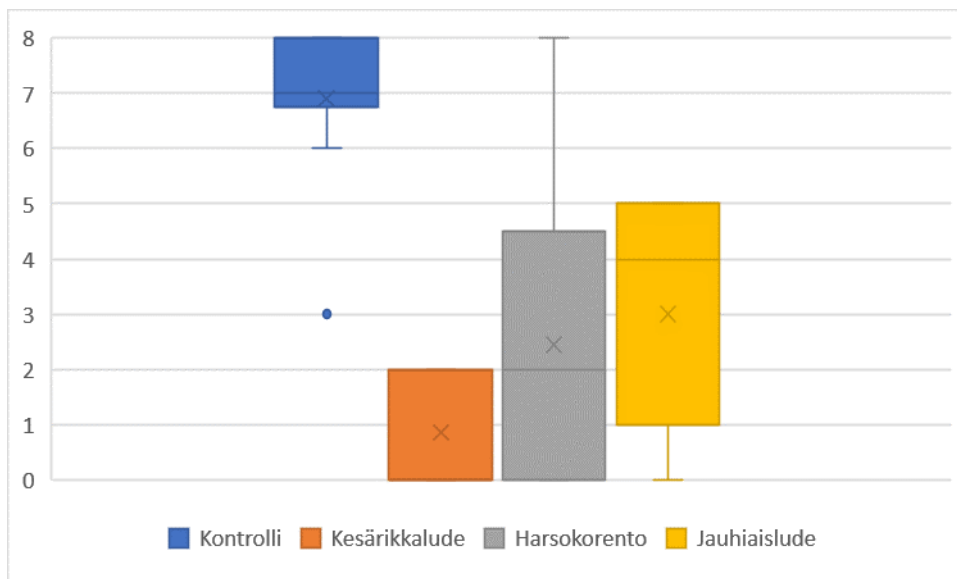
6.2 Koesarja

Salaattikirvan biologisen torjunnan koesarjassa kaikki petokäsittelyt erosivat kontrollista. Kontrollissa kaikilla koearenoilla oli ensimmäisenä tarkkailupäivänä 7–8 elossa olevaa kirvaa, kun lähtötilanne oli 8 kirvaa/areena. Jakauman vaihteluväli kontrollissa oli pieni molempina päivinä, mutta yhdellä kontrolliareenalla oli toisena tarkkailupäivänä vain kolme kirvaa elossa. Kaikissa petokäsittelyissä jakauman vaihteluväli oli suurta. Hajontaluvut näkyvät taulukossa 1. Harsokorentokäsittelyn vaihteluväli oli

suurin molempina tarkkailupäivinä. Kuitenkin toisena tarkkailupäivänä 75 %:lla harsokorentoareenoista oli kirvoja alle 4,5 kappaletta. Kesärikkaludekäsittelyn vaihteluväli pieneni ensimmäisen ja toisen päivän välillä. Toisena tarkkailupäivänä kaikilla kesärikkaludeareenoilla oli 0–2 kirvaa jäljellä. Jauhiaisludেকäsittelyssä 75 %:lla areenoista oli ensimmäisenä päivänä alle 6,25 kirvaa. Toisena tarkkailupäivänä kaikilla jauhiaisludearenoilla oli korkeintaan viisi kirvaa. (Kuvat 13. ja 14.)



Kuva 13. Salaattikirvojen kappalemäärän jakauma koeareenoilla koesarjan ensimmäisenä tarkkailupäivänä.



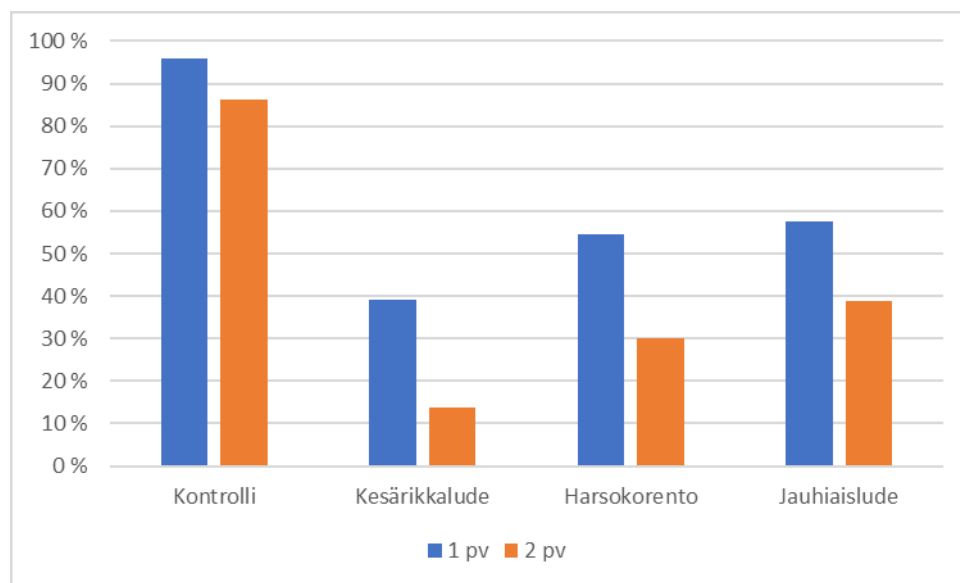
Kuva 14. Salaattikirvojen kappalemäärän jakauma koeareenoilla koesarjan toisena tarkkailupäivänä.

Havainnot saatiin yhteensä 56 areenalta ensimmäisenä tarkkailupäivänä, ja 35 areenalta toisena tarkkailupäivänä. Ensimmäisenä päivänä tulokset jäivät saamatta neljältä, ja toisena päivänä viideltä areenalta. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Salaattikirvan biologisen torjunnan koesarjan havaintopäivinä elossa olleiden kirvojen kappalemäärän keskiarvot ja keskihajonnat, sekä havaintojen määrät eri käsittelyillä. Kokeen alkutilanteessa jokaisella areenalla oli 8 kirvaa ja petokäsittelyareenoilla yksi peto.

Käsittely	Kirvoja/areena (keskiarvo)		Keskihajonta		Havaintojen määrä	
	1. pv	2. pv	1. pv	2. pv	1. pv	2. pv
Kontrolli	7,7	6,9	0,5	1,5	15	10
Kesärikkalude	3,0	0,9	1,7	1,1	13	7
Harsokorento	4,5	2,4	2,3	2,7	14	9
Jauhiaislude	4,6	3,0	2,1	2,1	14	9

Tarkastelemalla salaattikirvojen keskimääräistä eloonjäämisprosenttia eri käsittelyillä, nähdään selvä ero kontrollin ja petokäsittelyiden välillä. Kontrollissa oli kirvoja elossa toisen tarkkailupäivän jälkeen yli 85 %. Kaikilla petokäsittelyillä kirvojen elossaolo oli jo ensimmäisenä tarkkailupäivänä alle 60 % ja toisena alle 40 %. (Kuva 15.)



Kuva 15. Salaattikirvojen keskimääräinen eloonjäämisprosentti eri käsittelyillä yhden ja kahden päivän jälkeen torjuntakokeen aloituksesta.

Salaattikirvan biologisen torjunnan koesarjassa virhelähteet pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä, joten tulokset kerättiin yksi ja kaksi päivää kokeen kokoamisen jälkeen. Virhelähteenä voi tällaisessa kokeessa olla

esimerkiksi pedon kuoleminen tai karkaaminen kesken kokeen. Kontrollin tuloksista on nähtävissä, että myös kirvoja kuolee kokeen edetessä muistakin syistä, kuin petojen tappamana (Kuva 16.). Kokeessa käytettyjen kirvanymfiä ei myöskään haluttu kasvavan lisääntymiskykyisiksi aikuisiksi. Hajonta petokäsittelyillä oli suurta, mikä saattoi johtua kokeen suppeudesta. Tässä kokeessa yksittäisten petojen yksilöllisillä ominaisuuksilla oli enemmän merkitystä, kuin jos jokaisella koeruudulla olisi ollut useampia petoja ja ehkä myös enemmän kirvoja. Käsittelyjen välille saatiin kuitenkin selviä eroja ja kaikilla koesarjassa käytetyillä pedoilla todettiin olevan torjuntavaikutusta salaattikirvaan.

Kesärikkalude tuotti salaattikirvan torjuntakokeessa parhaan tuloksen. Harsokorento saavutti kesärikkaludetta koesarjan ensimmäisen ja toisen tarkkailupäivän välillä. Harsokorenon toukka kasvaa nopeasti ja toukan kasvun myötä myös sen syömien kirvojen määrä kasvaa. Tässä kokeessa käytettiin kaupallisesti myynnissä olevia harsokorenon toukkia, jotka lähtökohtaisesti ovat toisen asteen toukkia. Toukkien koko ja kehitysaste kuitenkin vaihtelee jonkin verran. Shresthan ja Enkegardin (2013, s. 3–5) häkkikokeessa kolmannen asteen harsokorenon toukat saalistivat jopa 42 salaattikirvanymfiä kolmessa tunnissa 25 °C:n lämpötilassa, kun niitä oli ensin pidetty ilman ravintoa vuorokausi. Yadavin ja Pathakin (2010, s. 271) kokeessa harsokorenon toukan todettiin olevan tehokkaimmillaan 15 °C:n lämpötilassa, mistä voidaan päätellä sen soveltuvan hyvin salaatin viljelyolosuhteisiin, joissa ihannelämpötila on 14–18 °C (Campiotti ym. 2015, s. 665). Noissa olosuhteissa se tuottaisi mahdollisesti parempiakin tuloksia, kuin tämän opinnäytetyön koesarjassa, jossa koehuoneen lämpötila vaihteli 21–28 °C asteen välillä.

Jauhiaisluteen teho salaattikirvan torjunnassa oli samansuuntainen harsokorenon toukan kanssa, mutta jäi kuitenkin hieman heikommaksi. Hollantilaisessa paprikalla tehdyssä kokeessa (Messelink, Bloemhard, Kok & Jansen, 2011, s. 116–117) jauhiaislude todettiin tehokkaaksi persikkakirvojen saalistajaksi tilanteessa, jossa kasvustossa oli sekä persikkakirvaa, että kalifornianripsisiä. Samassa kokeessa kesärikkalude ei yltänyt jauhiaisluteen tasolle kirvojen torjunnassa. Messelinkin ym. (2011, s. 116) kokeessa lämpötila oli 23 °C. Jauhiaislude kykenee toimimaan 10–30 °C lämpötiloissa (van der Ent ym., 2017, s. 63), saalistaen kuitenkin parhaiten korkeissa lämpötiloissa (Perdikis, Lykouressis & Economou, 1999, s. 287). On mahdollista, että jauhiaislude saalisti salaattikirvaa tässä kokeessa enemmän kuin mitä käytännön salaatinviljelyoloissa olisi mahdollista saavuttaa.

Salaattikirvan torjuntakoesarjassa pedoilla ei ollut tarjolla vaihtoehtoista ravintoa. Kirvat olivat myös petojen helposti löydettävissä, koska ne olivat yksittäisen salaatinlehden päällä tai alla pienellä areenalla eivätkä salaattikirvalle tyypillisesti salaatin sisäosiin piiloutuneena. Näistä kokeista ei siis voida päätellä kuinka tehokkaasti käytetyt pedot etsivät saalista kasvustosta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Salaattikirvan biologisen torjunnan esikokeessa jauhiaislude, kesärikkalude ja harsokorenonn toukka torjuivat salaattikirvaa. Sukkulamadoilla ei ollut vaikutusta salaattikirvaan. Kirvakiilukaisesta ei saatu tuloksia käytetyllä koemenetelmällä.

Koesarjassa kesärikkalude, harsokorenonn toukka ja jauhiaislude tuottivat hyvän tuloksen salaattikirvan torjunnassa koareenoilla. Kesärikkaluteen tulokset olivat parhaat, mutta kaikki koesarjassa käytetyt pedot osoittautuivat lupaaviksi torjuntaeliöiksi salaattikirvan torjuntaan.

Näiden pikkuareenoilla tehtyjen salaattikirvakokeiden jälkeen kesärikkaluteen, jauhiaisluteen ja harsokorenonn toukan toimintaa olisi syytä tutkia kokonaisilla salaateilla, jolloin nähtäisiin kuinka hyvin pedot kykenevät etsimään saalista salaattikirvan piiloutuessa salaatin sisäosiin. Biotus Oy:ssä on jo tehty alustavia testauksia koemallista, jossa suuremmilla kirvamäärillä saastutetaan häkissä kasvavia salaatteja. Kokeessa voidaan käyttää myös suurempaa petomäärää. Kirvojen määrä lasketaan kokeen aluksi ja lopuksi pesunäytteistä.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön torjuntakokeissa käytetyistä torjuntaeliöistä harsokorenonn toukkaa ja kirvakiilukaista on käytetty salaattikirvan torjunnassa viljelmillä. Molemmat on myös aiemmissa tutkimuksissa todettu toimiviksi, vaikka tässä kokeessa ei kirvakiilukaisesta saatukaan tuloksia.

Jauhiaisludetta käytetään jauhiaisten torjuntaan lähinnä tomaatilla, ja kesärikkaludetta ripsiäisten torjuntaan kurkulla, paprikalla, tunnelimansikkalla ja ryhmäkasveilla. Molemmilla petoluteilla tiedetään olevan oheisvauriokutusta myös muihin tuholaisiin. (Koskula, 2019)

Harsokorenonn toukan teho kirvoja syöväenä petona on hyvin tunnettu, mutta sen heikkous on, että lentokyvytön toukka on laitettava suoraan kirvapesäkkeeseen tai sen välittömään läheisyyteen. Petoluteet sen sijaan lentävät ja kykenevät itse aktiivisesti etsimään parhaita saalistuspaikkoja. Tutkimusta kaivattaisiin siitä, kuinka hyvin ne pysyvät kasvihuoneeseen päästettynä salaateilla saalistamassa ja mitä ravintoa ne suosivat, kun tarjolla on salaattikirvan lisäksi muutakin saalista. Aiemmin mainitussa Messelinkin ym. (2011) kokeessa jauhiaisluteen menestystä saattoi auttaa monipuolinen ravinto, johon kuului kirvojen lisäksi paprikankukkien siitepöly. Samassa kokeessa kesärikkalude vaikutti suosivan ravintonaan ripsiäisiä. On mahdollista, että sen torjuntateho persikkakirvaa kohtaan jäi siksi heikommaksi. Vaihtoehtoisesta ravinnosta voi siis olla joko etua tai haittaa.

Kirvakiilukaista voidaan myös edelleen pitää varteenotettavana torjunta-eliönä salaattikirvan torjunnassa. Eri eliöiden käyttö yhdessä saattaa olla hyvä keino tehostaa torjuntavaikutusta. Tällöin on hyvä huomioida, että petoluteiden ja harsokorenon kaltaiset yleispedit saattavat saalistaa myös toisiaan.

Keskeinen ongelma salaattikirvan torjunnassa on kuitenkin sen tapa piiloutua salaatin sisäosiin, josta petojen on hankala tavoittaa sitä. Olisi pyrittävä ratkaisemaan, miten salaattikirva saataisiin liikkeelle piilopaikastaan petojen ulottuville. Ongelmaa voitaisiin yrittää lähestyä häiritsevien tuoksujen tai feromonien avulla. Arend (2003, s. 79) ehdottaa eräänä salaattikirvapopulaation hallintamenetelmänä ensisijaisen isäntäkasvin tuoksun levittämistä salaattikasvustoon, mikä häiritsee kasvukaudella toissijaisella isäntäkasvilla eläviä kirvoja. Arend ei kerro tarkemmin häirintätavan periaatteista tai toimivuudesta, mutta menetelmän testaaminen olisi helposti järjestettävissä häkkikokeena.

Zhoun ym. (2016) tutkimuksessa valkosipuliuute ja kirvojen hälytysferomoni (E)- β -farneseeni vähensivät viljakirvan esiintymistä vehnällä. (E)- β -farneseeni (EBF) on feromoniyhdiste, jota monet kirvalajit erittävät vaurahasputkistaan mesikasteen mukana joutuessaan hyökkäyksen kohteeksi. Vandermotenin ym. (2012, s. 156) kirvojen hälytysferomoneja koskevassa katsauksessa Pickett ym. kuvailee, että hälytyssignaalin vastaanottavat kirvat lakkaavat syömästä, siirtyvät kauemmaksi signaalin lähteestä ja usein tiputtautuvat alas isäntäkasviltaan. Kirvayhdyskunta saa hälytysferomonien erittämisestä hyökkäystilanteessa välitöntä hyötyä, mutta toisaalta yhdiste myös houkuttelee paikalle joitakin kirvojen luontaisia vihollisia. (Vandermoten ym. 2012, s. 156–158) Zhoun ym. (2016) tutkimuksessa EBF houkutteli erityisesti kukkakärpäsiä. Näitä monimutkaisia yhteyksiä tutkimalla voisi olla mahdollista löytää uusia keinoja myös salaattikirvan biologiseen torjuntaan.

Salaattikirvan esiintymisen vaihtelun seuraaminen viljelmillä eri vuodenaikoina voisi antaa lisää näkemystä siihen, mitä torjuntaeliöitä ja -tapoja kulloinkin on tarkoituksenmukaisinta käyttää. Petoluteet toimivat parhaiten jokseenkin lämpimissä olosuhteissa. Petoluteiden ihanneolosuhteet ovat usein lämpötilaltaan korkeampia, kuin mikä on ihanteellista salaatille. Korkeat lämpötilat ovat kuitenkin väistämättömiä kasvihuoneviljelyssä ke-säaikaan, joten tuolloin luteiden käyttö saattaisi olla järkevää. Talvella lämpötilat suosivat paremmin niin salaattia, kuin esimerkiksi harsokorenon toukkaakin. Kukkakärpäset voisivat sääherkkinä viihtyä suojaisissa kasvihuoneolosuhteissa, mutta ne vaativat viihtyäkseen myös kukkivia kasveja. Ehkä kukkivien yrttien kaistoja voitaisiin integroida salaatinviljelyn yhteyteen, jolloin ne toimisivat vihannesviljelyn kirvapankkien tapaan. Tämä voisi olla eräs tutkimuskohde tulevaisuudessa.

Salaattikirvan torjuntatavasta riippumatta tärkeintä olisi pyrkiä ennaltaehkäisemään kirvasaastuntoja viljelmillä. Ulkoa tulevien kirvojen pääsyä kasvihuoneeseen voidaan yrittää hillitä verkottamalla tuuletusluukut. Kirvat liikkuvat ilmavirtojen mukana pitkiäkin matkoja ja niiden esiintymisen hallitseminen kasvihuoneen ulkopuolella on hankalaa. On esimerkiksi vaikeaa arvioida, mikä on turvallinen etäisyys lähimmälle herukkaviljelmälle. Rikkakasvien torjunta kasvihuoneen lähiympäristössä helpottaa jo yleistäkin tuholaispainetta viljelmällä. Kirvojen pääsemistä kasvihuoneisiin on kuitenkin mahdotonta estää täysin aukottomasti, ja jo yksikin salaattikirva on kokonaisen yhdyskunnan alku. Siksi kasvuston jatkuva tarkkailu viljelmällä on ensiarvoisen tärkeää. Samasta syystä tarvitaan myös lisää tutkimusta ja uusia näkökulmia salaattikirvaongelman hallintaan.

LÄHTEET

Arend, A. (2003). The possibility of *Nasonovia ribisnigri* resistance breaking biotype development due to plant host resistance: a literature study. Eucarpia Leafy Vegetables 2003. Haettu 17.10.2019 osoitteesta http://www.leafyvegetables.nl/download/14_075-081_Arend.pdf

Blackman, R. L. & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide*. 2. painos. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.

Bugg, R., Colfer, R., Chaney, W., Smith, H. & Cannon, J. (2008). Flower Flies (Syrphidae) and Other Biological Control Agents for Aphids in Vegetable Crops. *ANR Publication* 8285. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://escholarship.org/uc/item/37k3d5g8>

Campiotti, C., Morosinotto, G., Puglisi, G., Schettini, E. & Vox, G. (2015). Performance evaluation of a solar cooling plant applied for greenhouse thermal control. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 8/2016. Haettu 13.7.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.076>

Capinera, J. (2001). *Handbook of Vegetable Pests*. San Diego: Academic Press.

Chaney, W. E. & Wunderlich, L. R. (2000). Developing an IPM strategy for the new aphid pest, *Nasonovia ribis-nigri* (Mosley), in head and leaf lettuce. Final report. California department of pesticide regulation.

Chinery, M. (1988). *Pohjois-Euroopan hyönteiset*. 2. painos. Helsinki: Painokaari Oy.

Cid, M., Ávila, A., García, A., Abad, J. & Fereres, A. (2012). New sources of resistance to lettuce aphids in *Lactuca* spp. *Arthropod-Plant Interactions* 6/2012, s. 655–669. Haettu 21.10.2019 osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s11829-012-9213-4>

Diaz, B. M. & Fereres, A. (2005). Life Table and Population Parameters of *Nasonovia ribisnigri* (Homoptera: Aphididae) at Different Constant Temperatures. *Environmental Entomology* 3/2005. Haettu 18.6.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.3.527>

Dransfield, B. & Brightwell, B. (n.d.). *Nasonovia ribisnigri* Currant-lettuce aphid. Damage and control. Haettu 28.10.2019 osoitteesta https://influentialpoints.com/Gallery/Nasonovia_ribisnigri_Currant-lettuce_aphid.htm

Fournier, V. & Brodeur, J. (1999). Teoksessa J. van Lenteren (toim.) *Integrated Control in Glasshouses*, *IOBC Bulletin* 22(1), s. 77–80.

Gillespie, M., Wratten, S., Sedcole, R. & Colfer, R. (2011). Manipulating floral resources dispersion for hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a California lettuce agro-ecosystem. *Biological Control* (59) 2011, s. 215–220. Haettu 28.10.2019 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964411002192>

Gomez-Polo, P., Alomar, O., Castañé, C., Aznar-Fernández, T., Lundgren, J., Piñol, J. & Agustí, N. (2015). Understanding trophic interactions of *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) in lettuce crops by molecular methods. *Pest Management Science*, 72(2), s. 272–279. Haettu 1.11.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1002/ps.3989>

Hogg, B., Nelson, E., Mills, N. & Daane, K. (2011). Floral resources enhance aphid suppression by a hoverfly. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2/2011, 138–144. Haettu 28.10.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01174.x>

Hopper, J., Nelson, E., Daane, K. & Mills, N. (2011). Growth, development and consumption by four syrphid species associated with the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri*, in California. *Biological Control* (58) 2011, s. 271–276. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.03.017>

Hulshof, J., Ketoja, E. & Vänninen, I. (2003). Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (108)1, 19–32.

Koskula, H. (2019). Luteet. Sähköpostiviesti tekijälle 21.10.2019.

Koskula, H. (2000). Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja niiden biologinen torjunta. Kasvinsuojeluseura ry.

Malais, M. H. & Ravensberg, W. J. (2003). *Knowing and recognizing, the biology of glasshouse pests and their natural enemies* (uudistettu painos). Hollanti: Koppert B.V.

Messelink, G., Bloemhard, C., Kok, L. & Janssen, A. (2011). Generalist predatory bugs control aphids in sweet pepper. *IOBC/wprs Bulletin* 68/2011. Haettu 15.10.2019 osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Gerben_Messelink/publication/254841423_Generalist_predatory_bugs_control_aphids_in_sweet_pepper/links/5557a68408aeaaff3bf771c3.pdf

Nebreda, M., Moreno, A., Pérez, N., Palacios, I., Seco-Fernández, V. & Fereres, A. (2004). Activity of aphids associated with lettuce and broccoli in Spain and their efficiency as vectors of Lettuce mosaic virus. *Virus Research* 100/2004, s. 83–88. Haettu 24.10.2019 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168170203003836>

Perdikis, D., Lykouressis, D. & Economou, L. (1999). The influence of temperature, photoperiod and plant type on the predation rate of *Macrolophus pygmaeus* on *Myzus persicae*. *BioControl* 44/1999, s. 281–289. Haettu 16.10.2019 osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009959325331>

Pineda, A. & Marcos-García, M. (2013). Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 44(4), s. 487–492. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1080/00379271.2008.10697584>

Quentin, U., Hommes, M. & Basedow, Th. (1995). Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung von Blattläusen an Kopfsalat im Unterglasanbau. *Journal of Applied Entomology* 1995(1–5), s. 227–232.

Reinink, K. & Dieleman, F. (1992). Survey of aphid species on lettuce. *Bulletin OILB/SROP* 16(5), s. 56–68.

Rintala, T. & Rinne, V. (2010). *Suomen luteet*. Helsinki: Hyönteistarvike TIBIALE Oy.

Shrestha, G. & Enkegaard, A. (2013). The green lacewing, *Chrysoperla carnea*: Preference between lettuce aphids, *Nasonovia ribisnigri*, and western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Insect Science* (13)1. Haettu 13.10.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1673/031.013.9401>

Shrestha, G., Enkegaard, A. & Steenberg, T. (2015). Laboratory and semi-field evaluation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) against the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *Biological control* 85 (2015) s. 37–45. Haettu 3.12.2019 osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964415000341>

Shrestha, G., Skovgård, H & Enkegaard, A. (2014). Parasitization of commercially available parasitoid species against the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 43(6), s. 1535–1541.

Shrestha, G., Skovgård, H., Reddy, G., Steenberg, T. & Enkegaard, A. (2017). Role of the aphid species and their feeding locations in

parasitization behavior of *Aphelinus abdominalis*, a parasitoid of the lettuce aphid *Nasonovia ribisnigri*. *PLoS ONE* 12(8). Haettu 7.7.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184080>

Shrestha, G., Skovgård, H., Steenberg, T. & Enkegaard, A. (2015). Preference and life history traits of *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera: Aphelinidae) when offered different development stages of the lettuce aphid *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *BioControl* 2015(60), s. 463–471.

Stufkens, M., Teulon, D. & Bulman, S. (2002). *Nasonovia ribis-nigri*, a new aphid pest found on lettuces (*Lactuca sativa*) and *Ribes* spp. in Canterbury. New Zealand Institute for Crop & Food Research Limited. Haettu 18.10.2019 osoitteesta <http://journal.nzpps.org/index.php/nzpp/article/download/3973/3801>

Suomen Lajitietokeskus. (n.d.). Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://laji.fi/>

Tukes. (2019). Vuonna 2019 hyväksytyt valmisteet ja rinnakkaisvalmisteet. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://tukes.fi/documents/5470659/6372801/Hyv%C3%A4ksytyt+valmisteet+2019/ebd26a7d-177d-8aeb-93ce-d497420a47f0/Hyv%C3%A4ksytyt+valmisteet+2019.pdf>

van der Ent, S., Knapp, M., Klapwijk, J., Moerman, E., van Schelt, J. & de Weert, S. (2017). *Knowing & Recognizing. The biology of pests, diseases and their natural solutions*. Berkel en Rodenrijs: Koppert B.V.

Vandermoten, S., Mescher, M., Francis, F., Haubruge, E. & Verheggen, F. (2012). Aphid alarm pheromone: An overview of current knowledge on biosynthesis and functions. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 42/2012 s. 155–163. Haettu 12.11.2019 osoitteesta <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.11.008>

Vänninen, I., Lahdenperä, M-L., Lehto, K., Mäkinen, K. & Nissinen, A. (2004). *Biologisen ja bioteknisen kasvinsuojelun sanasto*. Kasvinsuojeluseura ry.

Williams, I. & Dixon, A. (2007). Life cycles and polymorphism. E-kirjassa H. van Emden & R. Harrington (toim.) *Aphids as crop pests* 2007, s. 69 – 85. Haettu 24.10.2019 Ebook Central -tietokanta.

Yadav, R. & Pathak, P. (2010). Effect of temperature on the consumption capacity of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) reared on four aphid species. *The Bioscan* 5(2)/2010, s. 271–274. Haettu 16.10.2019 osoitteesta http://www.thebioscan.in/Journals_PDF/5222%20RENU%20YADAV.pdf

Zhou, H., Chen, L., Liu, Y., Chen, J. & Francis, F. (2016). Use of slow-release plant infochemicals to control aphids: a first investigation in a Belgian wheat field. *Scientific reports* 6/2016. Haettu 12.11.2019 osoitteesta <https://www.nature.com/articles/srep31552>

Zwaan, R. (2018). Currant Lettuce aphid. Rijk Zwaan Australia Ltd. Haettu 18.10.2019 osoitteesta https://www.rijkszwaan.com.au/sites/default/files/lettuce_all_nasonovia_nr1_20180130_a4.pdf