

**Kirppojen viljelyksellinen ja biologinen torjunta
rypsin ja rapsin viljelyssä**

Liisa Vigelius
Kandidaatintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Maataloustieteet
2018

| | | | |
|---|--|--|--|
| Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta | | Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos | |
| Tekijä — Författare — Author Liisa Vigelius | | | |
| Työn nimi — Arbetets titel — Title Kirppojen viljelyksellinen ja biologinen torjunta rypsin ja rapsin viljelyssä | | | |
| Oppiaine — Läroämne — Subject Maataloustieteet | | | |
| Työn laji — Arbetets art — Level Kandidaatintutkielma | | Aika — Datum — Month and year Maaliskuu 2018 | Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 34 s. |
| Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kartoittaa juovakirppojen (<i>Phyllotreta</i> spp. Chevrolat, 1837) torjunnan mahdollisuuksia rypsin (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>oleifera</i> (DC.) Metzger) ja rapsin (<i>Brassica napus</i> subsp. <i>oleifera</i> (Moench) Metzger) viljelyssä ilman neonikotinoideja tai muita kemiallisia torjunta-aineita. Tarkastelen erityisesti viljelyksellisiä ja biologisen torjunnan menetelmiä, joita voisi soveltaa Suomen olosuhteisiin. Aihe on ajankohtainen, sillä neonikotinoidien käyttöä rajoitettiin EU:ssa vuonna 2013 mehiläisille aiheutuvien riskien vuoksi, ja niitä on viime vuosina saanut käyttää Suomessa rypsin ja rapsin kylvösiemenen peittaukseen vain poikkeusluvalla. Valitsin tutkielmaan sellaisia menetelmiä, jotka toistuvat useassa tutkimuksessa, ja jotka vaikuttivat käyttökelpoisilta, toimivilta tai lupaavilta vaihtoehdoilta kemiallisten torjunta-aineiden käytölle.</p> <p>Viljelyksellisiä menetelmiä kirppojen torjumiseksi on tutkittu Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa. Tulosten perusteella kylvösiemenmäärän lisäyksellä, suurikokoisen kylvösiemenen käytöllä, rivivälin optimoinnilla, kylvön ajoituksella ja suorakylvömenetelmällä voidaan vähentää kirppojen aiheuttamia vaurioita. Suurempi kylvösiemenmäärä ja myöhästetty kylvö ovatkin jo käytössä Suomessa luonnonmukaisen rypsin viljelyssä. Niitä voitaisiin käyttää myös tavanomaisessa viljelyssä yhdessä suurten siementen ja rivivälin optimoinnin kanssa.</p> <p>Biologinen torjunta peltoekosysteemissä perustuu tuhohyönteisten luontaisten vihollisten aiheuttamaan saalistus- ja loisintapaineeseen, mutta tavanomaisessa rypsin ja rapsin viljelyssä niiden merkitys on vähäinen. Tuhohyönteisiä voidaan ohjata pois viljelyksiltä houkutuskasveilla, mikä voisi rypsin ja rapsin kohdalla onnistua neljän ristikkukaisiin kuuluvan kasvilajin seoskasvustolla. Kirppoja loisivat entomopatogeeniset sukkulamadot voivat tappaa kirppoja varsin tehokkaasti, ja niistä voisi olla mahdollista kehittää biologinen torjuntavalmiste. Nämä ovat toistaiseksi vasta mahdollisuuksia, joita pitäisi tutkia lisää myös Suomeen soveltuvissa olosuhteissa.</p> | | | |
| Avainsanat — Nyckelord — Keywords Kirpat, viljelyksellinen torjunta, biologinen torjunta, rypsi, rapsi | | | |
| Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto | | | |
| Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat Sari Autio (Luke) ja Juha Helenius (HY) | | | |

SISÄLLYS

| | |
|---|-----------|
| 1 JOHDANTO | 4 |
| 2 TAVOITTEET | 5 |
| 3 RYPSIN JA RAPSIN VILJELY SUOMESSA | 5 |
| 3.1 Tavanomainen viljely | 6 |
| 3.2 Luonnonmukainen viljely | 6 |
| 4 KIRPAT (<i>PHYLLOTRETA</i> SPP.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) | 7 |
| 4.1 Kirppojen biologia | 7 |
| 4.2 Kirppojen merkitys tuholaisina | 8 |
| 5 KEMIALLISEEN TORJUNTAAN LIITTYVIÄ ONGELMIA | 8 |
| 5.1 Kasvinsuojeluaineresistenssi | 10 |
| 5.2 Neonikotinoidit | 11 |
| 5.2.1 Käyttö- ja vaikutustavat | 11 |
| 5.2.2 Ekologiset ongelmat | 12 |
| 6 VILJELYKSELLINEN TORJUNTA | 14 |
| 6.1 Maanmuokkausmenetelmät | 15 |
| 6.1.1 Suorakylvö..... | 15 |
| 6.1.2 Kevennetty muokkaus | 16 |
| 6.2 Kylvösiemenen koko | 17 |
| 6.3 Kylvöaika | 18 |
| 6.3.1 Aikainen kylvö | 18 |
| 6.3.2 Myöhästetty kylvö | 19 |
| 6.4 Kylvösiemenmäärä ja riviväli | 20 |
| 7 BIOLOGINEN TORJUNTA | 23 |
| 7.1 Houkutuskasvit..... | 23 |
| 7.2 Luontaiset viholliset..... | 25 |
| 7.3 Biologiseen torjuntaan perustuvat valmisteet..... | 26 |
| 7.3.1 Entomopatogeeniset sukkulamadot kirppojen toukka- ja koteloasteilla | 26 |
| 7.3.2 Entomopatogeeniset sukkulamadot aikuisilla kirpoilla | 27 |
| 8 JOHTOPÄÄTÖKSET | 30 |
| LÄHTEET | 31 |

1 Johdanto

Kirpat (*Phyllotreta* spp.) ovat rypsin (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) ja rapsin (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) taimivaiheen hyönteistuholaisia, joiden aiheuttamat vahingot vaihtelevat voimakkaasti vuosittain ja alueittain. Tavanomaisessa rypsin ja rapsin viljelyssä kirppoja on torjuttu kylvösiemenen peittauksella. Peittauksessa käytettyjen neonikotinoidien käyttöä rajoitettiin Euroopan Unionin alueella vuonna 2013 mehiläisille aiheutuvien riskien vuoksi, ja niitä on Suomessa saanut sen jälkeen käyttää vain poikkeusluvalla. Aihe on herättänyt paljon keskustelua, ja tarve muille, toimiville torjuntakeinoille on ilmeinen. Asiaan ei selvästikään ole yksinkertaista, helppoa ratkaisua, koska sellainen olisi jo tullut esille.

Tässä tutkielmassa halusin selvittää, miten kirppoja voitaisiin torjua kokonaan ilman kemiallisia torjunta-aineita, sillä niiden käyttöön liittyy riskejä ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Rajasin aiheen viljelyksellisiin ja biologisiin menetelmiin, joita voisi soveltaa rypsin ja rapsin viljelyssä Suomessa. Tuon tutkielmassa esille erityisesti neonikotinoidien käyttöön liittyviä ekologisia ongelmia, joiden perusteella neonikotinoidien käytön hyötyjä ja haittoja olisi kriittisesti arvioitava uudelleen. Esittelen luonnonmukaisen tuotannon ja integroidun kasvinsuojelun periaatteiden mukaisia menetelmiä, joilla kirppojen aiheuttamia vaurioita voidaan ehkäistä. Ehdotan myös tutkimusasteella olevia keinoja; lupaavilla houkutuskasveilla voisi suorittaa käytännön kokeita Suomessa tehokkuuden arvioimiseksi, ja entomopatogeenisia sukkulamatoja voisi tutkia lisää mahdollisen biologisen torjunnan valmisteen kehittämiseksi.

Vaikuttaa siltä, että mikään torjuntamenetelmä yksinään ei ole riittävän tehokas kirppojen torjuntaan. Myös neonikotinoideja sisältävistä peittausaineista huolimatta kirpat voivat vaurioittaa taimia. Todennäköisin ratkaisu kirppojen torjuntaan tulevaisuudessa löytyneekin yhdistelemällä erilaisia menetelmiä riittävän torjuntatehon saavuttamiseksi, mikä on myös integroidun kasvinsuojelun periaatteiden mukaista.

2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on kartoittaa kirppojen torjunnan mahdollisuuksia rypsin ja rapsin viljelyssä ilman neonikotinoideja tai muita kemiallisia torjunta-aineita. Tarkastelen erityisesti viljelyksellisiä ja biologisen torjunnan menetelmiä, joita voisi soveltaa Suomen olosuhteisiin.

3 Rypsin ja rapsin viljely Suomessa

Rypsi (*Brassica rapa* subsp. *oleifera* (DC.) Metzger) ja rapsi (*Brassica napus* subsp. *oleifera* (Moench) Metzger) ovat ristikukkaiskasvien (*Brassicaceae*) heimoon kuuluvia viljelykasveja. Niitä viljellään korkean öljy- ja valkuaispitoisuuden vuoksi elintarvike- ja rehuutuotantoon. Siemenistä puristetaan öljy elintarviketeollisuuden käyttöön ja jäljelle jääneestä rouheesta valmistetaan tuotantoeläimille valkuaisrehua. Rypsi ja rapsi ovat tärkeimpiä kotimaisia valkuaisrehun raaka-aineita. Ne ovat varsin vaateliaita viljelykasveja, ja menestyvät vain eteläisimmillä viljelyvyöhykkeillä (Seppänen ja Yli-Halla 2008).

Rypsistä ja rapsista on saatavilla sekä kevät- että syysmuotoisia lajikkeita. Suomessa käytetään pääasiassa kevätmuotoisia lajikkeita, sillä syysmuotoisille sopivia peltoja on vain hyvin rajoitetusti ja niiden talvehtiminen Suomen olosuhteissa on epävarmaa (Ketola ym. 2015). Rapsilla on pidempi kasvuaikavaatimus kuin rypsillä, mutta sen satopotentiaali on myös suurempi. Rypsi ja rapsi sopivat hyvin varsinkin viljojen viljelykiertoon. Syväjuurisina kasveina ne parantavat savimaiden rakennetta ja sitä kautta vaikuttavat myös muiden viljelykasvien satotasoihin (Ketola ym. 2015).

Rypsi on ollut rapsia tärkeämpi viljelykasvi, mutta viime vuosina rapsin suosio on lisääntynyt. Luonnonvarakeskuksen tilastoista ilmenee rypsin ja rapsin korjuualat ja satomäärät vuosittain. Vuosina 2006–2016 rypsin ja rapsin korjuuala on vaihdellut 43 000–158 000 hehtaariin, mutta on ylittänyt 100 000 hehtaaria vain kahtena vuonna. Rypsin korjuualat ovat olleet rapsia suuremmat vuotta 2016 lukuun ottamatta. Keskimääräiset hehtaarisadot samalla aikavälillä ovat vaihdelleet 1130–1730 kg/ha. Rypsin hehtaarisadot ovat olleet pienemmät kuin rapsilla, vaihdellen 1120–1690 kg/ha. Rapsilla

alhaisin hehtaarisato on ollut 1230 kg/ha ja korkein 1980 kg/ha. Syysmuotoisten lajikkeiden korjuualat ja satotasot on tilastoitu vasta vuodesta 2015 lähtien. Vuonna 2015 korjuuala oli 2 500 hehtaaria ja satotaso 2970 kg/ha. Vuonna 2016 korjuuala oli 700 hehtaaria ja satotaso 790 kg/ha. Luonnonmukaisesti tuotetun rypsin korjuualat ovat vuosina 2006–2016 olleet 1200–2800 hehtaaria, ja satomäärät vaihdelleet 580–940 kg/ha. Luonnonmukaisesti viljellyn rypsin osuus kokonaissadosta on vaihdellut 1,0–5,8 % (Luke 2017).

3.1 Tavanomainen viljely

Rypsin ja rapsin siemenet ovat pienikokoisia, ja niiden hyvä kasvu ja itäminen edellyttävät maan hyvää rakennetta, sopivaa pH-arvoa sekä kylvöalustan huolellista muokkautusta. Pienen koon vuoksi siemenet kylvetään matalaan, noin 2–4 cm syvyyteen. Maan on oltava riittävän lämmin ja kostea, jotta siemenet itävät tasaisesti ja nopeasti ja lähtevät hyvään kasvuun. Lannoitus hoidetaan yleensä kylvön yhteydessä (Seppänen ja Yli-Halla 2008). Rypsin ja rapsin viljelyssä on noudatettava hyvää viljelykiertoa erityisesti kasvitautien riskin ehkäisemiseksi. Rypsin tai rapsin viljelyssä olisi hyvä pitää 4–5 väli-vuotta (Seppänen ja Yli-Halla 2008). Viljelykierron ja muiden hyväkuntoiseen, terveeseen kasvustoon tähtäävien viljelytoimien lisäksi kasvinsuojelussa käytetään tarpeen mukaan erilaisia kemiallisia kasvinsuojeluaineita, kuten kylvösiementen peittäusta ja kasvustoruiskutuksia (Seppänen ja Yli-Halla 2008). Kylvösiementen peittäus neonikotinoideja sisältävillä torjunta-aineilla on kuitenkin käytännössä muodostunut rutiinitoimenpiteeksi rypsin ja rapsin tavanomaisessa viljelyssä (EASAC 2015).

3.2 Luonnonmukainen viljely

Luonnonmukaisesti viljellään pääasiassa kevättrypsiä. Viljelymenetelmät ovat pääpiirteissään samat kuin tavanomaisessa tuotannossa, mutta erityisesti lannoitus- ja kasvinsuojelumenetelmissä on eroa. Luonnonmukaisessa viljelyssä ei käytetä väkilannoitteita, ja maan kasvukunnon ja rakenteen merkitys sadon onnistumisessa korostuvat. Kylvö ajoitetaan yleensä tavanomaisen rypsin kylvöä myöhäisemmäksi, kesäkuun alkupuolelle. Lämpimään maahan kylvetystä siemenestä saadaan yleensä voimakkaampi kasvusto kuin aikaisin kylvetystä (Käki 2017). Lannoituksessa voidaan käyttää karjanlantaa, joka

kannattaa ensisijaisesti levittää keväällä maan alle mullaten. Kuivalanta voidaan levittää jo syksyllä kevään kosteuden säästämiseksi. Kylvön yhteydessä kosteaan maahan voi käyttää lihaluujauhosta valmistettuja lannoitteita, ja luonnonmukaiseen viljelyyn on hyväksytty myös kasvukaudella lisälannoituksena käytettäviä lehtilannoitteita (Käki 2017).

Luomurypsin keskimääräiset satotasot ovat olleet tavanomaisesti viljeltyä rypsiä pienemmät (Luke 2017). Syynä tähän voi olla esimerkiksi rikkakasvien aiheuttama kilpailu vedestä, ravinteista ja elintilasta sekä aikaisin keväällä typen hitaasta mineralisaatiosta johtuva riittämätön typen saanti (Daniel ym. 2016).

4 Kirpat (*Phyllotreta* spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae)

Juovakirpat (*Phyllotreta* spp. Chevrolat, 1837) ovat pieniä kovakuoriaisia, jotka vioittavat rypsin ja rapsin taimia syömällä niihin pieniä koloja ja reikiä. Niiden aiheuttamat tuhot vaihtelevat voimakkaasti vuosittain ja alueittain. Suomessa kevätöljykasveilla yleisimmät kirppalajit ovat aaltojuovakirppa (*Phyllotreta undulata* Kutschera, 1860) ja mutkajuovakirppa (*Phyllotreta striolata* Fabricius, 1801). Kirpat ovat rypsin ja rapsin toiseksi merkittävimpiä tuholaisia rapsikuoriaisen jälkeen (Hannukkala 2012).

4.1 Kirppojen biologia

Kirpoilla on Suomessa yksi sukupolvi vuodessa. Ne talvehtivat aikuisina kasvijätteessä muun muassa pientareilla ja karikkeessa ja siirtyvät taimettuviin ristikukkaiskasvustoihin keväällä lämpötilan ylittäessä 14–15 °C (Knodel ja Olson 2002, Hannukkala 2012). Talvehtimisalueilta lähteminen voi kestää kolmekin viikkoa (Knodel ja Olson 2002), ja eri kirppalajien välillä voi olla eroja ilmaantumisen ajankohdassa (Knodel ja Olson 2002, Lundin ym. 2018). Naaraat munivat enintään 25 munaa maahan kesäkuussa ja talvehtineet aikuiset alkavat kuolla heinäkuussa. Toukat kuoriutuvat munista noin 12 päivässä ja syövät kasvien juuria. Tästä ei enää ole merkittävää haittaa sadon kannalta. Toukilla on kolme kehitysvaihetta, joiden läpikäyminen kestää 25–34 päivää. Uusi sukupolvi aikuisia kirppoja ilmestyy heinäkuun lopulta syyskuun alulle, ja ne siirtyvät talvehtimispaikoille aikaisin syksyllä (Knodel ja Olson 2002).

4.2 Kirppojen merkitys tuholaisina

Aikuisten kirppojen aiheuttama syöntivioitus heikentää kasvustoa, viivästyttää kasvuston kehittymistä ja vähentää satomäärää (Knodel ja Olson 2002). Jos kirppoja on paljon, ne voivat tuhota sirkkataimet kokonaan. Kevään kylvö- ja taimettumisolosuhteet, kuten lämpötila ja kosteus, vaikuttavat öljukasvien alkukehitykseen ja kirppavioitusten määrään. Kirppaongelmia voidaan vähentää varmistamalla rypsin hyvä alkukehitys (Hannukkala 2012). Aikainen, lämmin, kuiva kevät lisää tuhoriskiä (Hannukkala 2012, Daniel ym. 2016), sillä kirpat ovat aktiivisimmillaan lämpimällä säällä (Knodel ja Olson 2002), ja lisäksi vioitetut taimet voivat nuutua ja kuivaa erittäin nopeasti (Hannukkala 2012). Kirpoista voi koitua ongelmia myös silloin, kun itämisen aikaan on kylmää ja tuulista, sillä tällöin öljukasvien taimettuminen on hidasta ja epätasaista (Hannukkala 2012). Kylmällä, sateisella ja tuulisella säällä kirpat liikkuvat kävellen tai hyppien ja keskittyvät peltojen reunoille (Knodel ja Olson 2002). Kun taimessa on kaksi kasvulehtiparia, kirpoista ei enää ole vaaraa (Seppälä ja Yli-Halla 2008).

Kirppoja on torjuttu kylvösiemenen peittauksella ja tarpeen vaatiessa torjuntaruiskutuksilla (Seppälä ja Yli-Halla 2008). Peittausaineen tehosta huolimatta taimissa voi esiintyä syöntijälkiä (Hannukkala 2012), ja varsinkin runsaina kirppavuosina sadonmenetys voi olla kymmenisen prosenttia, vaikka kylvösiemen olisi käsitelty torjunta-aineilla (Knodel ja Olson 2002). Hankalina keväinä, jolloin kirppoja on runsaasti ja kasvien kehitys on hidasta, voidaan kirppoja joutua torjumaan myös pyretroidi-ruiskutuksilla. Jos vioitusta on erittäin paljon ja kasvusto jää aukkoiseksi, voidaan joutua tekemään uusintakylvö (Knodel ja Olson 2002, Hannukkala 2012). Vähäisempi vioitus voi johtaa kituliaaseen, epätasaiseen kasvustoon ja tuleentumisen ja sadonkorjuun ongelmiin (Knodel ja Olson 2002). Tuhoja voi yrittää vähentää lisäämällä kastelua (Daniel ym. 2016). Kirppojen populaatiodynamiikasta ja esiintymisen malleista tarvittaisiin lisää tutkimusta varsinkin pitkällä aikavälillä, jotta voitaisiin kehittää integroituun kasvinsuojeluun soveltuvia ennusteita kirppojen aiheuttamille vaurioille (Lundin ym. 2018).

5 Kemialliseen torjuntaan liittyviä ongelmia

Toisen maailmansodan jälkeen 1940–1960 tapahtunut vihreä vallankumous johti siihen, että synteettiset kemialliset torjunta-aineet muodostuivat tärkeäksi osaksi kasvinsuojelua. Sittemmin laajalle levinnyt tuholaisille ja taudeille myrkyllisten kemikaalien käyttö on herättänyt keskustelua siitä, kuinka paljon kemikaaleilla tulisi korvata ekosysteemien luonnollisia säätelyprosesseja, ja kuinka voitaisiin välttää muille kuin kohde-eliöille aiheutuvia haitallisia sivuvaikutuksia (EASAC 2015). Ympäristöön kohdistuvien haitallisten vaikutusten lisäksi kemiallisiin torjuntamenetelmiin liittyy riski kasvinsuojeluaineresistenssin kehittymisestä torjuttavissa eliöissä.

Torjunta-aineiden kestävästä käytöstä säädettiin vuonna 2009 Euroopan Unionissa puitedirektiivi (2009/128/EY), joka toimeenpantiin Suomessa lailla kasvinsuojeluaineista (1563/2011). Näiden perusteella laadittiin kansallinen toimintasuunnitelma (NAP, *National Action Plan*), jonka toimeenpanosta vastaa Tukes yhteistyössä alan toimijoiden ja viranomaisten kanssa (Tukes 2017). Kansallisen toimintasuunnitelman tavoitteena on vähentää kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvia riskejä ihmisten terveydelle ja ympäristölle, edistää integroidun kasvinsuojelun (IPM, *Integrated Pest Management*) ja vaihtoehtoisten viljelytekniikoiden ja -menetelmien kehittämistä ja toteuttamista sekä vähentää riippuvuutta kemiallisista kasvinsuojeluaineista ylläpitäen samalla viljelykasvien hyvää terveyttä. Kansalliseen toimintasuunnitelmaan on kirjattu toimenpiteet ja aikataulut tavoitteiden saavuttamiseksi, ja se on velvoittanut viljelijöitä vuodesta 2014 lähtien (MMM 2011). Ammattiviljelijöiden on siis lain mukaan käytettävä menetelmiä, joista on vähiten riskejä ihmisten terveydelle ja ympäristölle.

Integroidun kasvinsuojelun periaatteiden mukainen näkemys kasvinsuojelusta on kokonaisvaltainen, ja siinä huomioidaan yksittäisten tuholaislajien sijaan myös muut tuholaislajit sekä hyödylliset eliöt (MMM 2011). Integroidun kasvinsuojelun lähtökohtana on ennaltaehkäistä kasvintuhoojien esiintymistä ja lisääntymistä viljelyteknisin keinoin sekä luoda kasvustolle mahdollisimman hyvät kasvuolosuhteet. Kemiallisen torjunnan tulisi olla vasta viimeinen vaihtoehto ja perustua säännölliseen kasvustojen ja tuhoojatilanteen tarkkailuun sekä kynnsarvoihin ja ennustemenetelmiin. Kemiallinen torjunta on suunniteltava huolellisesti kasvinsuojeluaineresistenssiriskin ehkäisemiseksi, ja siitä on pidettävä kirjaa (Junnila 2012).

5.1 Kasvinsuojeluaaineresistenssi

Kasvinsuojeluaaineresistenssi on jo yleistynyt kaikissa kasvintuhoojaryhmissä. Sen kehittymiseen vaikuttavat muun muassa kasvinsuojeluaineen vaikutusmekanismi ja käytötavat sekä torjuttavan eliön lisääntymistapa ja -nopeus. Resistenssiriski kasvaa, mikäli ainetta joudutaan käyttämään useita kertoja peräkkäin. Kasvinsuojeluaaineresistenssin välttämiseksi tärkeintä on sen ennaltaehkäisy. Kun resistenssi kerran on syntynyt, eliötä on hyvin vaikea yrittää herkistää kyseiselle aineelle uudestaan (Junnila ym. 2012).

Rypsin ja rapsin hyönteistuholaisiltakin on löydetty resistenssiä kasvinsuojeluaineille. Tunnetuin lienee rapsikuoriaisen (*Meligethes* spp. Stephens, 1830) pyretroidiresistenssi, joka on levinnyt hyvin laajalle Euroopassa. Resistenssi on ollut tiedossa jo vuonna 1999, ja se on yleistymässä rapsikuoriaisissa Euroopan rapsinviljelyalueilla (Slater ym. 2011). Rapsikuoriainen saattaa olla herkistymässä jo muillekin, suhteellisen uusille pyretroideihin kuuluville tehoaineille bifentriinille, etofenproxille ja tau-fluvalinaatille (Heimbach ja Müller 2013). Lisäksi Saksan intensiivisimmillä rapsinviljelyalueilla havaittiin alkavaa pyretroidiresistenssiä myös rapsikirpalla (*Psylliodes chrysocephala* L., 1758) ja rapsikärsäkkäällä (*Ceutorhynchus obstrictus* Marsham, 1802) (Heimbach ja Müller 2013).

Myös kirpoilla vaikuttaisi olevan jonkin verran kestävyttä pyretroideille (Ekbom ja Müller 2011). Ekbom ja Müller (2011) havaitsivat, että imidaklopridi peittausaineena ei riittänyt teholtaan klotianidiinin tasolle kirppojen torjunnassa. Kummatkin kuuluvat neonikotinoideihin, ja niiden toiminta perustuu samaan vaikutusmekanismiin, joten tutkijat epäilevät, että se voisi olla aikainen varoitusmerkki kirppojen kyvystä hajottaa neonikotinoideja. Tällainen kestävyysmekanismi on havaittu muutamilla muilla hyönteislajeilla (Nauen ja Denholm, 2005). On myös mahdollista, että kirppojen kestävyys neonikotinoideille on kausittaista ja vaihtelee talvehtineiden ja saman vuotisten kirppojen välillä (Tansey ym. 2009). Myös kirppalajeilla voi olla eroa kestävydessä neonikotinoideille (Tansey ym. 2008, 2009).

5.2 Neonikotinoidit

Neonikotinoidit tulivat markkinoille uutena tuholaistorjunta-aineryhmänä 1990-luvulla, ja niiden käyttö on sen jälkeen kasvanut nopeasti. Vuoteen 2010 mennessä arviolta kolmasosa maailman hyönteistorjunta-aineiden markkinoista oli neonikotinoideja. Neonikotinoidien käyttö peittausaineena on kasvanut nopeimmin, ja niitä käytetään kehittyneissä maissa rutiininomaisesti viljojen ja öljykasvien viljelyssä (EASAC 2015).

Suomessa hyväksytyt markkinoilla olevat valmisteet sisältävät imidaklopridia, tiametoksaamia, klotianidiinia, asetamipridiä ja tiaklopridia (Kasvinsuojeluinerekisteri). Euroopan unionin komissio antoi 24.5.2013 täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 485/2013, jossa rajoitettiin ankarasti klotianidiinin, imidaklopridin ja tiametoksaamin käyttöä mehiläisten suojelemiseksi (Euroopan komissio 2018). Tämän jälkeen Suomessa on saanut poikkeusluvalla käyttää kiellettyjä tehoaineita kevätrypsin ja kevätrypsin siementen peittaukseen. Vuonna 2018 poikkeusluvalla sallitut valmisteet sisältävät tiametoksaamia ja klotianidiinia (Tukes 2018).

5.2.1 Käyttö- ja vaikutustavat

Neonikotinoideja voidaan käyttää peittausaineina, lisäämällä rakeina maaperään, kasvustoruiskutuksina, injektioimalla puihin ja pensasiin tai lisäämällä kasteluveteen (EASAC 2015). Euroopan Unionin alueella rajoitettuja neonikotinoideja saa käyttää Suomessa ainoastaan perunan, sokeri- tai rehujuurikkaan ja syysvehnän peittaukseen, ja imidaklopridia lisäksi ruiskutejauheena kasvihuoneessa ja havupuiden taimiviljelmillä. Rypsin ja rapsin viljelyssä saa Suomessa käyttää poikkeusluvalla sallittujen valmisteiden lisäksi vain tiaklopridia ja asetamipridia rapsikuoriaisen ja -kärsäkkään torjuntaan. Tiaklopridia saa käyttää myös perunalla, useilla eri puutarhakasveilla sekä metsäpuiden taimilla. Asetamipridia sisältävien valmisteiden käyttömuodot ovat muita laajemmat, ja niitä saa käyttää myös kotipuutarhassa (Kasvinsuojeluinerekisteri).

Neonikotinoidien vaikutus kasvissa on systeeminen, mikä tarkoittaa että aine levittäytyy kasvissa kaikkiin solukoihin. Tällöin sille altistuvat kaikki hyönteiset, jotka imevät kasvinesteitä tai syövät kasvin osia (EASAC 2015). Pitoisuudet eri osissa kasvia vaihtelevat. Neonikotinoidit ovat hydrofiilejä yhdisteitä, ja niitä on esimerkiksi vesipitoisem-

massa medessä enemmän kuin siitepölyssä (Ketola ym. 2015). Neonikotinoidit jäljittelevät hyönteisten luonnollista hermovälittäjäainetta asetyylikoliinia, ja sitoutuvat hyönteisten asetyylikoliini-reseptoreihin (Jeschke ym. 2014). Normaalisti asetyylikoliiniesteraasi hajottaa reseptoriin sitoutuneen asetyylikoliinin ja vapauttaa reseptorin taas käyttöön. Se ei kuitenkaan pysty hajottamaan synteettisiä yhdisteitä, joten neonikotinoidit tukkivat reseptorit. Vaikutus on kumuloituva johtaen lopulta halvaantumiseen ja kuolemaan (EASAC 2015).

5.2.2 Ekologiset ongelmat

Neonikotinoidien pysyvyys ja hajoamisnopeus ovat riippuvaisia niiden käyttötavasta. Puoliintumisaika ruiskutuksessa on lyhyt, mutta maaperässä se vaihtelee päivistä jopa vuosiin, riippuen käytetystä torjunta-aineesta, maaperän kunnosta ja lämpötilasta (EASAC 2015). Tutkimusten perusteella peittaukseen käytetyistä torjunta-aineista suurin osa päätyy maaperään, mistä se kulkeutuu viljelykasveihin, mutta lisäksi myös muihin kasveihin. Vesiliukoisena yhdisteenä osa neonikotinoideista saattaa päätyä lopulta vesistöihin ja vaikuttaa niissä eläviin hyönteisiin. Torjunta-aineiden jäämiä kulkeutuu ympäristöön pieniä määriä myös pölyn mukana (Goulson 2014). Viljelykasviinkin imeytynyt torjunta-aine päätyy maaperään, kun kasvin biomassassa hajoaa, joten lopulta kaikki kasvukauden aikana käytetyt torjunta-aineet päätyvät ympäristöön (EASAC 2015).

Neonikotinoidien systemisen luonteen ansiosta niiden vaikutus on helpompi kohdentaa kasvia syöviin tai imeviin hyönteistuholaisiin. Koska neonikotinoideja on kaikissa kasvin osissa, myös siitepölyssä, medessä ja kasvinesteissä, muutkin kasvia hyödyntävät hyönteislajit altistuvat niille – esimerkiksi ekosysteemipalveluita tarjoavat pölyttäjät ja luontaiset viholliset. Pölyttäjät altistuvat neonikotinoideille syömällä mettä ja siitepölyä sekä viljelykasveista että muista lähialueella sijaitsevista kasveista, joihin neonikotinoideja on voinut päätyä. Tuhohyönteisten luontaiset viholliset voivat altistua neonikotinoideille syömällä saalislajeja, jotka ovat käyttäneet neonikotinoideja sisältäviä kasvinosia ravinnokseen. Myös maaperäeliöt voivat altistua neonikotinoideille hajottaessaan niitä sisältävää orgaanista ainesta (EASAC 2015). Altistus neonikotinoideille voi tapahtua pitkällä aikavälillä, koska ne pysyvät sekä kasvissa että ympäristössä varsin pitkiä aikoja. Akuutista toksisuudesta kertova, usein käytetty LC50-arvo ei kuitenkaan osoita aineen myrkyllisyyttä pitkällä aikavälillä. Pitkäkestoinen altistus saattaaakin aihe-

uttaa muille kuin kohde-eliöille merkittävän riskin (EASAC 2015). Esimerkiksi Suomessa tutkittiin neonikotinoidien vaikutusta pölytyspalvelussa käytettyjen kesymehiläisten menestykseen ja talvehtimiskykyyn (Ketola ym. 2015). Jäämäanalyysien perusteella huomattiin, että neonikotinoidien jäämiä siirtyy siitepölyn ja meden mukana mehiläispesiin, ja että varsinkin peittausaineina käytettyjen tiametoksaamin ja klotianidiinin jäämät ovat erittäin yleisiä mehiläispesissä ympäri Suomen. Näytteistä mitattujen jäämien pitoisuudet varsinkin medessä olivat lähellä kirjallisuudessa esitettyjä kroonisia ja akuutteja subletaaleja riskirajoja. Tulosten perusteella ei siis voida täysin poissulkea pitkäkestoisesta, kroonisesta altistuksesta aiheutuvia riskejä (Ketola ym. 2015). Lisäksi yhteisvaikutus muiden torjunta-aineiden tai myrkyllisten yhdisteiden tai toisaalta tautien ja virusten kanssa voi pahentaa mahdollisia haittavaikutuksia (EASAC 2015, Ketola ym. 2015).

Keskustelu neonikotinoidien haitoista on keskittynyt pitkälti kesymehiläisiin ja tutkimustulokset ovat olleet ristiriitaisia. Suurin osa myrkyllisyystesteistä on tehty kesymehiläisillä, eikä niitä välttämättä voi suoraan soveltaa muihin mehiläis- ja kimalaislajeihin (EASAC 2015). Kesymehiläisen yhdyskuntarakenne ja yhdyskunnan suuri koko, jopa kymmeniä tuhansia yksilöitä, suojaavat yhdyskuntaa torjunta-aineiden haitallisilta vaikutuksilta. Kimalaisyhdyskunnat ovat muutamina satoine työläisineen huomattavan paljon pienempiä, joten ne ovat todennäköisesti herkempiä torjunta-aineille, ja erakkomehiläisillä tällaista suojamekanismia ei ole lainkaan (EASAC 2015, Ketola ym. 2015). Villipölyttäjien tarjoamien ekosysteemipalveluiden heikentymisestä on viitteitä Suomestakin, ja tähän on saattanut vaikuttaa juuri neonikotinoidien laaja käyttö peittausaineina (Hokkanen ym. 2017). Pelkästään kesymehiläisten suojele ei siten ole riittävää turvaamaan pölytyspalveluita saati muiden ekosysteemipalveluita tarjoavien eliöiden hyvinvointia. Myös maaperäeliöt ja tuhohyönteisten luontaiset viholliset ovat herkkiä neonikotinoideille, ja tällaisten lajien heikentyminen vaikuttaa ekosysteemipalveluiden tarjontaan. Jopa nykymuotoinen, tehostettu maatalous on riippuvainen ekosysteemipalveluista, ja vahvojen, toimivien ekosysteemipalveluiden ylläpito on kriittinen osa kestävää maatalousjärjestelmää (EASAC 2015).

6 Viljelyksellinen torjunta

Luonnonmukaisessa tuotannossa kasvinsuojelu pohjautuu ennaltaehkäiseville menetelmille ja maatalousympäristön toiminnalliselle monimuotoisuudelle, kuten luontaisten vihollisten elinolosuhteiden parantamiselle. Näiden lisäksi voidaan käyttää biologisen torjunnan eliöitä ja luomutuotannossa hyväksytyjä biologisia tai mineraalipohjaisia torjunta-aineita. Tuholaisten lisääntymistä voidaan myös häiritä tai niiden pääsy viljelyksille estää (Zehnder ym. 2007). Luomutuotannossa käytettäviä menetelmiä voisi hyödyntää myös integroidussa kasvinsuojelussa, vaikka onkin muutamia tekijöitä, jotka hidastavat niiden käyttökelpoisuutta (Daniel ym. 2016). Menetelmien teho saattaa olla heikompi verrattuna tavanomaisiin kemiallisiin torjunta-aineisiin, tai ne voivat olla kalliimpia. Viljelijöillä ei välttämättä ole tarpeeksi tietoa vaihtoehtoisista menetelmistä, ne voivat olla hankalia käyttää tai saattavat vaatia naapuritilojen välistä tiivistä yhteistyötä hyvän hallinnan saavuttamiseksi (Daniel ym. 2016). Kuitenkin integroidun kasvinsuojelun perusajatus on käyttää ensisijaisesti epäsuoria, ennaltaehkäiseviä menetelmiä, ja meillä Suomessakin on noudatettava tätä periaatetta.

Ennaltaehkäisevän kasvinsuojelun kulmakivenä voidaan pitää hyvin suunniteltua viljelykiertoa (Zehnder ym. 2007, Junnila ym. 2012, Daniel ym. 2016). Varsinkin monet taudit voidaan saada riittävästi hallintaan hyvällä viljelykierrolla, saastuneen kasvijätteen poistolla ja käyttämällä tervettä, sertifioitua kylvösiementä (Daniel ym. 2016). Vaikka viljelykierto on erittäin tärkeä tautiriskin vähentämisen kannalta, se ei välttämättä riitä kaikkien hyönteistuholaisten torjuntaan. Kirppojen torjunnan hankaluus hyvälläkin viljelykierrolla on siinä, että ne pystyvät lentämään pitkiä matkoja lähtiessään talvehtimisalueiltaan (Knodel ja Olson 2002). Kirppojen tiheyteen vaikuttaa *Brassica*-sukuisten viljelykasvien tiheys ja etäisyys koko alueella, myös aiempina vuosina viljeltyjen (Daniel ym. 2016). Varsinkaan intensiivisillä *Brassica*-sukuisten kasvien viljelyalueilla ei riitä, että suunnittelee oman tilan viljelykierron hyvin, vaan kirppavaurioiden ehkäisemiseksi voidaan tarvita laajempaa yhteistyötä maatilojen välillä. Viljelykasvien valinnan lisäksi on syytä kiinnittää myös huomiota maanmuokkausmenetelmiin. Erilaisilla muokkausmenetelmillä voi nimittäin olla vaikutusta kirppojen esiintymiseen ja niiden aiheuttamiin vaurioihin (Milbrath ym. 1995, Dossall ym. 1999). Lisäksi taimen nopean kasvuun lähdön ja alkukehityksen varmistaminen on erittäin tärkeää (Hannukkalta 2012, Daniel ym. 2016, Käki 2017). Tähän voidaan vaikuttaa monin eri tavoin, muun

muassa hyvällä kasvualustalla ja maaperän kunnolla (Zehnder ym. 2007, Hannukkala 2012, Junnila 2012), tasapainoisella lannoituksella (Junnila ym. 2012) sekä valitsemalla terveen kylvösiemenen ja kestävät lajikkeet (Zehnder ym. 2007, Junnila ym. 2012, Daniel ym. 2016). Rypsin ja rapsin viljelyssä ei kuitenkaan ole toistaiseksi tarjolla lajikkeita, jotka olisivat riittävän kestäviä kirppojen aiheuttamille vaurioille (Knodel ja Olson 2002). Suurisiemeniset lajikkeet ovat hieman kestävämpiä, sillä niistä kasvavat taimet ovat suurempia ja kirppojen aiheuttamat vauriot jakautuvat tällöin tasaisemmin (Bodnaryk ja Lamb 1991, Knodel ja Olson 2002, Elliot ym. 2007). Myös kylvön ajankohdalla voi olla merkittävä vaikutus kirppojen aiheuttamien vaurioiden kannalta, mutta tutkimustulokset sopivasta kylvöajankohdasta ovat jokseenkin ristiriitaisia. Kylvöajankohdan ristiriidoista huolimatta ainakin suuremmalla kylvösiemenmäärällä ja taimitiheydellä voi tutkitusti vähentää kirppojen aiheuttamia vaurioita (Doddall ym. 1991, Doddall ja Stevenson 2005).

6.1 Maanmuokkausmenetelmät

Erilaisten maanmuokkausmenetelmien mahdollista vaikutusta kirppojen esiintymiseen ja niiden aiheuttamien vahinkojen vakavuuteen on tutkittu Pohjois-Amerikassa ja Ruotsissa. Pohjois-Amerikassa on tehty kaksi tutkimusta, joissa on arvioitu tavanomaisen muokkauksen ja suorakylvön vaikutusta kirppojen esiintymiseen ja niiden aiheuttamiin vaurioihin öljykasvien kasvustoissa (Milbrath ym. 1995, Doddall ym. 1999). Ruotsissa tutkittiin, voisiko kevennetyllä muokkauksella vähentää kirppavaurioita (Lundin ym. 2018).

6.1.1 Suorakylvö

Tutkimusten perusteella suorakylvö vähensi kirppojen tiheyttä öljykasvien kasvustossa verrattuna tavanomaiseen muokkausmenetelmään (Milbrath ym. 1995), ja suorakylvetyillä lohkoilla oli merkittävästi vähemmän kirppojen aiheuttamia vaurioita kuin tavanomaisesti muokatuilla (Doddall ym. 1999). Milbrath kumppaneineen (1995) esittää mahdolliseksi syyksi tähän suorakylvettyjen lohkojen suuremman rakenteellisen monimuotoisuuden, mikä saattaa heikentää kirppojen löytämistä isäntäkasvien luokse. Doddall ja muut (1999) esittävät mahdollisesti syyksi mikrohabitaattien erot eri tavoin muo-

katuilla lohkoilla. Suorakylvössä maahan jää enemmän kasvijätettä, ja tämän aiheuttama viileämpi ja kosteampi mikroilmasto saattaisi heikentää kirppojen aktiivisuutta (Doddall ym. 1999). Vaikka toisessa tutkimuksessa (Doddall ym. 1999) ei käytetty hyönteistorjunta-ainetta siemenen peittäessä, kirppapopulaatiot suorakylvölohkoilla olivat harvoja ja taimet toipuivat nopeasti vaurioista. Näiden tulosten perusteella suorakylvöön vaihtamisesta voisi olla hyötyä kirppojen aiheuttamien vaurioiden vähentämisessä.

6.1.2 Kevennetty muokkaus

Suorakylvön mahdollisuudet ovat kuitenkin Pohjois-Euroopassa rajalliset ilmasto-olosuhteiden takia, ja Lundin kumppaneineen (2018) halusi siksi selvittää, voisiko kevennetyllä muokkauksella olla vastaavanlaista vaikutusta kirppoihin. Tutkimus suoritettiin Ruotsissa rapsilla, ja sen tulokset olivat hyvin vaihtelevia. Taimitiheys vaihteli suuresti eri muokkausmenetelmillä ja eri vuosina, ja se oli kevennetyn muokkauksen lohkoilla keskimäärin pienempi. Tällä saattoi olla vaikutusta kirppavaurioiden määrään, koska pienemmällä kasvitiheydellä kasvikohtaiset kirppavauriot ovat yleensä suurempia (Doddall ym. 1999, Doddall ja Stevenson 2005). Kasvijätteiden määrä eri lohkoilla oli vähäinen, mikä saattoi olla osasyynä pieniin eroihin kirppavaurioissa; juuri kasvijätteiden määrä saattaisi olla vaikuttava tekijä kirppojen vähentämisessä (Milbrath ym. 1995, Doddall ym. 1999). Muokkausmenetelmillä ei tässä tutkimuksessa ollut selvää vaikutusta sirkkalehtien keskimääräisiin kirppavaurioihin, ja tutkijat toteavat, että tarvitaan lisätutkimuksia selvittämään mahdollisia syitä tähän. Lisäksi he toteavat, että olisi tutkittava tarkemmin erilaisia Pohjois-Eurooppalaisiin ilmasto-olosuhteisiin sopivia muokkausmenetelmiä, joissa jää enemmän kasvijätettä lohkolle. Tällöin voitaisiin selvittää paremmin niiden eroja ja mahdollisuuksia kirppojen hallinnassa kevätkylvöisillä rypsillä ja rapsilla. Menetelmien olisi kuitenkin oltava sellaisia, että ne eivät vaikuttaisi haitallisesti siemenen itämiseen ja taimen kasvuun lähtöön (Lundin ym. 2018). Sama lienee Suomessakin haasteena pienisiemenisten viljelykasvien, kuten rypsin ja rapsin, kanssa. Ehkäpä lähivuosina kehitetään jokin sopiva kevennetyn muokkauksen menetelmä, jolla voitaisiin ehkäistä myös kirppavaurioita.

6.2 Kylvösiemenen koko

Siemenen koolla voi olla vaikutusta taimen kasvuun lähtöön, kehittymiseen ja kestävyyyteen kirppojen aiheuttamia vaurioita vastaan (Bodnaryk ja Lamb 1991, Elliot ym. 2007). Kanadassa tehdyssä kolmevuotisessa tutkimuksessa (Elliott ym. 2007) arvioitiin siemenen koon vaikutusta rypsin taimen kasvukykyyn ja kestävyteen kirppoja vastaan. Siemenet jaettiin kolmeen kokoluokkaan: S (1,4–1,6 mm), M (1,6–1,8 mm) ja L (1,8–2,0 mm). Tutkimuksessa ei käytetty hyönteistorjunta-aineita, jotta voitiin arvioida taimien alttius tai kestävyys kirppojen aiheuttamille vaurioille. Tulosten perusteella suurista ja painavista siemenistä kehittyneet taimet kestivät paremmin abioottisia ja bioottisia stressitekijöitä, kuten kuivuutta ja kirppojen aiheuttamia vaurioita, kuin pienistä ja kevyistä siemenistä kehittyneet taimet. Suurista siemenistä kehittyneillä taimilla oli myös voimakkaampi kasvukyky. Siementen kasvuun lähdössä ei ollut laboratorioolosuhteissa eroja, mutta suurista siemenistä kasvaneissa taimissa oli suuremmat sirkkalehdet ja korkeampi verson kuivapaino ja biomassa. Pellolla kasvuun lähtö oli kaikissa siemenkokoluokissa selvästi huonompi kuin laboratoriossa, ja erot siementen koon vaikutuksessa olivat tässä selvimät kuin laboratoriossa. Suurista siemenistä kehittyneiden taimien sirkkalehdet, verson kuivapaino ja biomassa olivat myös pellolla suurempia, ja ne menestyivät paremmin kuin pienten siementen taimet. Lisäksi siemenen koko vaikutti merkittävästi saatuun siemensatoon. Satovaikutus korreloi voimakkaammin tuhannen siemenen painon kanssa kuin siemenen läpimitan kanssa. Siemenen koon vaikutus taimen kasvukykyyn oli yhtenäinen kaikkina vuosina ja eri lajikkeiden välillä (Elliott ym. 2007).

Tulokset vastaavat aiemman, laboratorio-olosuhteissa toteutetun tutkimuksen tuloksia, jossa arvioitiin siemenen koon vaikutusta canolan taimien kestävyteen kirppoja vastaan (Bodnaryk ja Lamb 1991). Canola on kanadanenglantilainen termi, joka viittaa sekä rypsiin että rapsiin. Tutkimuksessa siemenet oli jaoteltu kuuteen eri kokoluokkaan. Niistä kasvatettiin kontrolloiduissa olosuhteissa taimia, jotka altistettiin kirpoille 48 tunnin ajaksi. Kirppoja oli taimea kohden viisi tai kymmenen, ja niiden aiheuttamat vauriot arvioitiin eri kokoluokissa. Pienistä siemenistä kehittyneet sirkkalehdet vaurioituvat pahimmin. Erot korostuivat varsinkin suurilla kirppatiheyksillä, jolloin kaikki pienten siementen taimet kuolivat ja suurten siementen taimista kuoli 28,3 %. Tutkimus osoitti, että siemenen koolla oli merkittävä vaikutus taimen selviytymiseen kirppojen vaurioista (Bodnaryk ja Lamb 1991).

Suurisiemenisten lajikkeiden valinta voisi siis parantaa taimien selviytymistä kirppojen aiheuttamista vaurioista (Bodnaryk ja Lamb 1991, Elliott ym. 2007), ja siemenen koolla voi olla merkittävä vaikutus verson kasvuun, satotasoon ja menestymiseen (Elliott ym. 2007). Sirkkalehtien kirppavaurioiden määrä ei kuitenkaan vähentynyt suhteessa sirkkalehtien kokoon: suurimman kokoluokan siemenistä kehittyneet sirkkalehdet olivat 30 % isompia kuin pienimmän kokoluokan siemenistä, mutta niissä oli vain 6 % vähemmän syöntivaurioita. Elliott kumppaneineen (2007) saavutti parhaat tulokset siemenillä, joiden läpimitta oli yli 1,8 mm ja tuhannen siemenen paino yli 3,2 g. He ehdottavatkin, että pitkällä aikavälillä voisi jalostaa siementen kehitystä suuremman koon ja painon suuntaan, tai kehittää tuotantomenetelmiä, jotka nostavat tuhannen siemenen painoa (Elliott ym. 2007). Suurisiemenisten lajikkeiden tai suurikokoisen kylvösiemenen käyttö sopisi mainiosti myös Suomen oloihin.

6.3 Kylvöaika

Kylvöajankohdan merkitys kirppavaurioiden ehkäisyssä vaikuttaa olevan jonkin verran ristiriitainen. Sekä aikaisella että myöhäisellä kylvöllä voidaan mahdollisesti vähentää kirppojen aiheuttamia vaurioita, ja syksyllä kylvettäessä kirpoista ei enää ole yhtä vakavaa haittaa kuin keväällä. Syyskylvöllä rypsin ja rapsin taimet ehtivät kasvaa kriittisen sirkkalehtivaiheen ohi ennen kuin kirpat ilmestyvät, mutta kasvusto jää herkästi liian harvaksi (Doddall ja Stevenson 2005). Syysmuotoisen rypsin ja rapsin viljely on riskialtista Suomen ilmastossa (Ketola ym. 2015), ja käytännössä niitä viljellään hyvin vähän (Luke 2017).

6.3.1 Aikainen kylvö

Ruotsissa arvioitiin kevätrypsin kylvöajankohdan vaikutusta kirppavaurioiden määrään varsin tuoreessa tutkimuksessa (Lundin ym. 2018). Ensimmäinen kylvö tehtiin keväällä niin aikaisin kuin oli mahdollista, ja toinen 10–14 päivää myöhemmin. Tutkimuksen tulokset olivat hyvin vaihtelevia, mutta keskimääräinen sirkkalehtien vaurioitunut ala oli aikaisin kylvetyissä pienempi (0,21 ja 0,28). Osa myöhäisemmän kylvön lohkoista jäi kuitenkin arvioimatta, mikä saattaa vaikuttaa tuloksiin. Aikaisin kylvetyissä kasvustois-

sa kasvitiheys oli suurempi ja kirppavaurioita vähemmän, mutta tutkijoille jäi epäselväksi, vaikuttiko myöhäinen kylvö negatiivisesti kasvitiheyteen vai johtuiko alhainen kasvitiheys suuremmista kirppavaurioista. He ehdottavat kahta toisiinsa liittyvää selitystä, miksi aikainen kylvö voisi vähentää kirppavaurioita: 1) kirpat eivät ole vielä siirtyneet öljykasvien kasvustoihin ja/tai 2) kirppojen aktiivisuutta suosiva lämmin ja kuiva sää on aikaisin keväällä vähemmän todennäköinen, vaikka tässä voikin olla vuosittain huomattavia vaihteluita. Aikaisen kylvön vaikutusta kirppavaurioiden vähentämiseksi olisi testattava useissa paikoissa useina vuosina, varsinkin koska aiemmat tutkimustulokset asiasta ovat ristiriitaisia (Lundin ym. 2018). Lopuksi tutkijat toteavat, että aikainen kylvö vaikuttaa kuitenkin lupaavalta keinolta kirppojen hallintaan kevättrapsilla osana integroitua kasvinsuojelua (Lundin ym. 2018).

Dosdall ja Stevenson (2005) arvelevat myös, että kirppavaurioiden määrä vaihtelee riippuen siitä, milloin kirpat lähtevät talvehtimispaikoistaan. He eivät havainneet omassa tutkimuksessaan eroja aikaisin ja ”normaaliin” aikaan kylvettyjen kasvustojen kirppavaurioissa Kanadassa, mutta ovat myös aikaisen kylvön hyödyllisyyden kannalla. Tällöin taimilla olisi mahdollisuus ehtiä kehittyä kriittisen sirkkalehtivaiheen ohi ennen kirppojen ilmaantumista, ja toisaalta välttää kuumuudesta johtuva stressi kukinnan aikana (Dosdall ja Stevenson 2005). Suomessa kukinnan aikainen kuumuus ei kuitenkaan liene ongelma, vaan ennemminkin liian kylmä maa aikaisin keväällä.

6.3.2 Myöhästetty kylvö

Toisaalta myös myöhäisellä kylvöllä voi olla selkeä vaikutus kirppatuhoihin (Milbrath ym. 1995, Knodel ym. 2008). Knodel kumppaneineen (2008) vertaili kirppojen aiheuttamia syöntivahinkoja normaaliin aikaan kylvetyn ja myöhemmin kylvetyn canolan välillä. Aikuiset kirpat saapuivat viljelyksille yleensä samaan aikaan, kun normaaliin aikaan kylvetty canola alkoi taimettua. Myöhemmin kylvetyt kasvustot välttivät kirppojen esiintymisen huipun, ja niissä oli vähemmän syöntivaurioita. Myöhästetty kylvö vähensi kirppavaurioita, vaikka kylvöpäivät eri tutkimusalueilla eivät olleet samat ja kirppapopulaatiot vaihtelivat. Tutkimuksen tulokset ovat yhteneväiset aiemman havainnon kanssa, jolloin aikaisemmin kylvetyissä kasvustoissa oli kirppoja merkittävästi enemmän kasvia kohden kuin myöhemmin kylvetyissä (Milbrath ym. 1995).

Knodel kumppaneineen (2008) arvioi myöhästetyllä kylvöllä olevan vain rajallisesti käyttömahdollisuuksia, koska Kanadassa kukinnan aikainen kuumuus saattaa aiheuttaa satotappioita. Suomessa tämä ei kuitenkaan liene ongelma. Rapsilla on kuitenkin rypsiä pidempi kasvuvaatimus, joten Suomessa haasteena voisi olla ennemminkin se, ehtii-
kö sato tuleentua ajoissa. Kylvöaikaan liittyvien tutkimusten pohjalta voisi päätellä, että oleellista on kylvön ajoittaminen kirppojen pääasiallisen ilmaantumisen ulkopuolelle. Sitä ei kuitenkaan kyetä vielä ennakoimaan. Kuten Lundin kumppaneineen (2018) huomauttaa, kirppojen populaatiodynamiikka ja pitkän aikavälin massaesiintymisten mallit ovat edelleen kehnosti ymmärrettyjä. Suomessa suositellaan kuitenkin käyttämään myöhästettyä kylvöä luomurypsiä viljeltäessä (Käki 2017), ja tätä voisi käyttää tavanomaisessakin rypsinviljelyssä, ainakin ennen kuin kirppojen massaesiintymisiä opitaan ennakoimaan paremmin. Toimivien kirppaennusteiden kehittäminen helpottaisi torjunnan suunnittelua kokonaisuudessaan.

6.4 Kylvösiemenmäärä ja riviväli

Kylvösiemenmäärällä, rivivälin leveydellä ja taimitiheydellä vaikuttaisi olevan merkitystä kirppavaurioiden hallinnassa. Rivivälin leventäminen 10 cm:stä 20–30 cm:iin ja kylvösiemenmäärän lisääminen 5,0 kg:sta 7,5–10 kg:aan auttoi vähentämään kirppojen aiheuttamia taimikohtaisia vahinkoja (Doddall ym. 1999). Leveämmällä rivivälillä ja korkeammalla kylvösiemenmäärällä oli tilastollisesti merkittävästi vähemmän kirppavaurioita kahtena kolmesta tutkimusvuodesta. Yhtenä vuotena tulokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä, mutta tällöinkin korkeammilla kylvösiemenmäärillä taimissa oli vähemmän vaurioita (Doddall ym. 1999). Tulosten perusteella optimaalinen riviväli oli suorakylvettässä rapsilla 14 cm ja rypsilä 30 cm, ja tavanomaisella muokkauksella rapsilla 28 cm ja rypsilä 24 cm (Doddall ym. 1999). Tutkijat arvelivat, että kasvillisuuden ja maaperän luoma kontrasti saattaisi vaikuttaa kirppojen ravinnonhakukäyttäytymiseen. Leveämmällä rivivälillä maaperää on enemmän suhteessa kasvillisuuteen, eivätkä kirpat ehkä tästä syystä laskeutuneet taimille niin herkästi (Doddall ym. 1999).

Kirppatuhojen vähentäminen kylvösiemenmäärää lisäämällä toistui myöhemmässä tutkimuksessa (Doddall ja Stevenson 2005), jossa kylvösiemenmäärät olivat 7,5 kg/ha, 10,0 kg/ha ja 12,5 kg/ha. Kirppojen aiheuttamat vahingot kasviyksilöä kohden vähenivät, kun kylvösiemenmääriä lisättiin. Tutkijat esittävät tulosten syyksi sen, että tiheässä

kasvustossa on enemmän kasvibiomassaa, jolloin kirppojen syöntivauriot ovat kasvia kohden pienemmät. He uskovat myös, että kylvösiemenmäärää lisäämällä voisi olla mahdollista vähentää kirppavaurioita ilman kylvösiemenen peittausta hyönteistorjunta-aineilla. Tutkimuksessa nimittäin selvisi, että kirppojen aiheuttamat vahingot olivat verrattavissa 12,5 kg/ha kylvetyllä, peittaamattomalla siemenellä ja 7,5 kg/ha tai 10,0 kg/ha kylvetyillä, torjunta-ainein käsitellyllä siemenellä (Doddall ja Stevenson 2005).

Nykyiset suositukset tavoitellulle kasvitiheydelle Suomessa ovat kevätrypsillä 200–300 kasvia/m², kevätrapsilla 150–200 kasvia/m² ja kevätrapsihybridilajikkeilla 100–150 kasvia/m² (Vilja-alan yhteistyöryhmä 2017). Aiemmassa kanadalaistutkimuksessa (Doddall ym. 1999) kasvitiheydet vaihtelivat 120–240 kasvia/m². Tutkimuskasvina oli canola, joka voi tarkoittaa sekä rypsiä että rapsia, joten kasvitiheyttä on hankala verrata suoraan suomalaisiin suosituksiin. Tulokset kuitenkin osoittivat selvästi, että suuremmilla kylvösiemenmäärillä kasvikohtaiset kirppavauriot olivat pienemmät. Jälkimmäisessä tutkimuksessa (Doddall ja Stevenson 2005) huomattiin vielä, että kylvösiemenmäärää lisäämällä päästiin kirppavaurioiden vähentämisessä samalle tasolle kuin pienemmällä määrällä peitattua kylvösiementä. Suomessa rypsin luonnonmukaisessa viljelyssä kehoitetaan noudattamaan suositusten ylärajoja (Käki 2017). Suuremmalla kylvösiemenmäärällä olisi potentiaalia käytettäväksi kirppatuhojen hallinnassa laajemmin Suomessa. Kylvösiemenmäärän lisääminen toimii kirppojen lisäksi myös muiden tärkeiden öljykasvien hyönteistuholaisten (Doddall ym. 1999, Doddall ja Stevenson 2005) ja rikkakasvien hallinnassa (Doddall ja Stevenson 2005).

Suurikokoisen kylvösiemenen ja suuremman kylvösiemenmäärän käyttö, leveämpi riviväli ja myöhästetty kylvö ovat kaikki Suomeenkin soveltuvia viljelytekniisiä menetelmiä. Suurempi kylvösiemenmäärä ja myöhästetty kylvö ovat luonnonmukaisessa rypsinviljelyssä käytettyjä menetelmiä (Käki 2017), ja niitä voisi hyvin käyttää myös tavanomaisessa viljelyssä. Kylvö syksyllä ja suorakylvö toimisivat kirppojen torjunnassa, mutta niillä on omat haasteensa Suomessa. Viljelytekniisten keinojen hyötyjä ja haasteita kirppojen hallinnassa on koottu taulukkoon selkeyttämään vertailua (Taulukko 1).

Taulukko 1. Yhteenveto viljelyksellisestä torjunnasta.

| Viljelyksellinen torjunta | Hyöty, toimivuus | Mahdollisia haasteita, riskejä |
|----------------------------------|---|---|
| Suorakylvö | Vähentää kirppoja ja niiden aiheuttamia vaurioita | Voi heikentää siementen itämistä ja taimettumista Haasteet Suomessa |
| Suurikokoinen siemen | Vähentää kirppojen aiheuttamia kasvikohtaisia vaurioita | Hinta, jos on kokolajiteltua? |
| Kylvöaika | | |
| - Syyskylvö | Vähentää kirppojen aiheuttamia vaurioita merkittävästi | Talvehtiminen Suomessa epävarmaa Hyvän kasvuston aikaansaaminen voi olla vaikeaa |
| - Aikainen kylvö | Toimii, jos taimi ehtii kehittyä sirkkalehtivaiheen ohi ennen kirppojen ilmestymistä | Maa voi olla liian kylmä, taimettuminen heikkoa tai epäonnistuu |
| - Myöhästetty kylvö | Lämmin maa: hyvä taimettuminen, nopea kasvuun lähtö Kirpat voineet siirtyä jo muualle | Riskinä kuivuus, rapsin sadon tuleentuminen |
| Kylvösiemenmäärä | Suurempi määrä vähentää kasvikohtaisia kirppavaurioita + muiden hyönteistuholaisten ja rikkakasvien hallinta | |
| Riviväli | Optimoimalla voi vähentää kirppavaurioita | |

7 Biologinen torjunta

Peltoekosysteemissä biologinen torjunta perustuu ensisijaisesti tuhohyönteisten luontaisten vihollisten, eli petojen ja loisten, elinolosuhteiden ylläpitoon ja parantamiseen. Tämän lisäksi voidaan käyttää biologiseen torjuntaan tarkoitettuja valmisteita. Minkään torjuntavalmisteiden käytön ei kuitenkaan tulisi olla ensisijainen keino tuholaisten hallintaan. Luontaisten vihollisten tehokkuutta ja hyvinvointia voi parantaa lisäämällä ympäristön ja kasvilajien monimuotoisuutta. Kasvilajien monimuotoisuudella voi tarjota luontaisille vihollisille suojaa sekä vaihtoehtoisia isäntiä tai saaliita tai kasvipenäisiä ravintolähteitä. Monimuotoisuutta voi lisätä esimerkiksi kasvillisuuskaistoilla, jotka toimivat suojapaikkoina tai ravinnonlähteinä kuoriaisille, hämähäkeille, linnuille ja pienille nisäkkäille. Suojakaistojen lisäksi voidaan varta vasten viljellä houkutuskasveja (Zehnder ym. 2007). Houkutuskasveilla voidaan esimerkiksi ohjata tuhohyönteiset pois pääasialliselta viljelykasviltä tai houkuttaa niiden luontaisia vihollisia (Shelton ja Badenez-Perez 2006).

7.1 Houkutuskasvit

Houkutuskasvien tarkoitus on toimia nieluna tuholaiseliöille tai niiden kuljettamille taudinaiheuttajille ja vähentää siten pääsadolle aiheutuvia vahinkoja. Perinteisesti on käytetty sellaisia kasveja, jotka ovat luontaisesti houkuttelevampia kohde-eliölle lisääntymisen tai ravinnon kannalta. Niitä voidaan tämän lisäksi käyttää myös suuntaamaan tuholaiset toisaalle, pysäyttämään niiden eteneminen ja/tai pidättämään ne houkutuskasvustossa. Houkutuskasvien käyttö vaatii enemmän tietoa kuin monet muut tuholaisten hallinnan muodot, sillä on tunnettava sekä houkutuskasvin että viljelykasvin ominaisuudet, tuhohyönteisten käyttäytyminen ja liikkuminen sekä tuotantojärjestelmän agromiset ja ekonomiset vaatimukset (Shelton ja Badenez-Perez 2006).

Yleisin houkutuskasvien käyttötapa on sijoittaa viljelykasvin läheisyyteen luonnostaan tuholaiselle houkuttelevampi kasvilaji tai -lajike, jota tuhohyönteinen käyttää lisääntymiseen tai ravinnokseen. Tähän voidaan myös käyttää tuhohyönteisiä voimakkaasti houkuttelevaa kasvia, jossa niiden jälkeläiset eivät kuitenkaan selviä, tai josta tuhohyönteiset voidaan lopuksi tuhota. Houkutuskasvit voidaan sijoittaa esimerkiksi viljelykasvin ympärille. Ajankohdalla voi olla merkitystä houkuttelevuuden kannalta, ja sitä voidaan

säätää kylvämällä tai istuttamalla houkutuskasvit aikaisemmin ja/tai myöhemmin kuin viljelykasvi. Lisäksi voidaan koostaa useista eri kasvilajeista koostuva kasvusto houkuttelemaan useampia tuhohyönteisiä tai tiettyä tuholaista tehokkaammin eri ajankohtina. Houkuttelevien kasvien lisäksi voidaan käyttää myös tuholaisia karkottavia kasveja. Suoraan tuhohyönteisiin kohdistuvan käytön lisäksi houkutuskasveilla voidaan vähentää tuholaispainetta myös parantamalla luontaisten vihollisten populaatioita pellolla (Shelton ja Badenez-Perez 2006).

Houkutuskasvien käyttöä hidastaa muun muassa se, että ne ovat suhteellisen lajispesifisiä ja usein myös kalliimpia käyttää kuin tavanomaiset, laaja-alaiset kemialliset torjunta-aineet. Houkutuskasveille on varattava tarpeeksi pinta-alaa, mikä on pois pääasiallisen viljelykasvin viljelystä, ja niiden viljelyvaatimukset voivat poiketa varsinaisen viljelykasvin vaatimuksista esimerkiksi kylvöajan tai lannoituksen suhteen. Tärkeintä lienee se, että tuhohyönteisten hallinnan on oltava luotettavaa ja jatkuvaa, ja houkutuskasvien tehokkuus voi vaihdella suuresti aiheuttaen viljelijälle riskin taloudellisista menetyksistä (Shelton ja Badenez-Perez 2006). Houkutuskasvin toimivuuden kannalta olisi siis löydettävä sellainen kasvilaji tai lajiseos, jonka tehokkuus olisi riittävän luotettava, eivätkä sen vaatimukset poikkeaisi liiaksi varsinaisen viljelykasvin vaatimuksista.

Yhtenä vaihtoehtona Suomeenkin sopivaksi houkutuskasviksi kevätrypsin ja -rapsin viljelyyn voisi toimia neljästä eri ristikukkaiskasvista koostettu kasvusto. Virossa tehdyssä tutkimuksessa (Metspalu ym. 2014) arvioitiin kahdeksan eri ristikukkaisen kasvilajin houkuttelevuutta kuudelle eri kirppalajille. Arvioidut kasvilajit olivat *Brassica juncea* (L.) Czernajew, *B. napus* subsp. *oleifera*, *B. nigra* (L.) Koch, *B. rapa* subsp. *oleifera*, *Camelina sativa* (L.) Crantz, *Eruca sativa* Miller, *Raphanus sativus* L. var. *oleifera* (DC.) Metzger ja *Sinapis alba* L. Tulosten perusteella osa arvioiduista lajeista oli merkittävästi houkuttelevampia kirpoille kuin toiset. Kirpoista yli puolet oli *P. undulataa*, ja muuten lajikoostumus vastasi aiempaa kirjallisuutta Virosta, Suomesta ja Latviasta. *P. undulatan* lisäksi kirppalajeja oli *P. nigripes* Fabricius, 1775, *P. nemorum* L., 1758, *P. striolata*, *P. atra* Fabricius, 1775 ja *Chaetocnema concinna* Marsham, 1802.

Tutkimuksessa rypsiä ja rapsia merkittävästi houkuttelevimmiksi lajeiksi osoittautuivat *E. sativa*, *B. juncea*, *B. nigra* ja *R. sativus*. *B. juncea* ja *B. nigra* ovat nopeakasvuisia ja *R. sativus* ja *E. sativa* hitaampia kehittymään, ja näillä olisi tutkijoiden mukaan potentiaalia muodostaa seoksena houkutuskasvusto. Tutkijat toteavat, että pitäisi tehdä lisäko-

keita yhdistelmästä houkuttelevia aikaisia ja myöhäisiä kasvilajeja. Tällaiset seoskasvustot voisivat pidättää kirpat sillä aikaa, kun viljelykasvit kehittyvät kriittisen vaiheen ohi (Metspalu ym. 2014). Tutkimuksen tiedon pohjalta myös Suomessa voitaisiin kokeilla kyseisten kasvien toimivuutta houkutuskasviseoksena. Kirppalajien esiintyvyys tutkimuksessa vastasi Suomea (Metspalu ym. 2014), joten tietoa voisi hyödyntää suoraan kokeiluissa.

Houtukuskasveja käytettäessä on erityisen tärkeää tarkkailla säännöllisesti tuhohyönteisten esiintyvyyttä niissä, ja poistaa tuhohyönteiset rutiininomaisesti (Metspalu ym. 2014). Metspalu kumppaneineen ei ota kantaa siihen, millä tavoin tuholaisten poistaminen olisi suoritettava. Voisiko olla mahdollista esimerkiksi liekittää houkutuskasvusto, ja kuinka hyvin se toimisi kirppojen tuhoamiseksi? Ehtisivätkö ne hyppiä tai lentää karuun?

7.2 Luontaiset viholliset

Kuten jo aiemmin todettiin, tuhohyönteisten luontaisten vihollisten elinoloja voi parantaa lisäämällä kasvillisuuden ja ympäristön monimuotoisuutta. Kasvillisuuden monimuotoisuutta parantamalla pyritään suoraan vähentämään tuhohyönteisten tiheyttä ja toisaalta parantamaan luontaisten vihollisten tuholaisiin kohdistuvaa painetta. Näiden menetelmien tehon vertailusta ei juuri ole julkaistua tutkimustietoa luonnonmukaisen tuotannon, integroidun tuotannon ja tavanomaisen tuotannon välillä. Luonnonmukaiseen tuotantoon tällaiset menetelmät sopivat hyvin, sillä tavanomaisessa tuotannossa synteettiset torjunta-aineet ja muut menetelmät yleensä häiritsevät luontaisten vihollisten toimintaa (Zehnder ym. 2007).

Kirppojen kohdalla luontaisten vihollisten suorittama saalistus tai loisinta ovat ainakin Kanadassa kuitenkin vähäpätöisiä syitä kuolleisuuteen (Doddall ja Stevenson 2005). Kirpat ilmestyvät keväällä varsin lyhyellä aikavälillä, eivätkä niiden luontaiset viholliset yleensä ehdi vaikuttaa niiden kantoihin heikentävästi (Knodel ja Olson 2002). Suomessa tilanne lienee samankaltainen. Olisi kuitenkin mielenkiintoista tietää, kuinka paljon esimerkiksi kemialliset torjunta-aineet tai nykyiset, tehostuneet viljelymenetelmät vaikuttavat luontaisten vihollisten hyvinvointiin ja sitä kautta niiden tehokkuuteen kirppo-

jen torjunnassa. Mikäli viljelymenetelmät suosisivat enemmän kirppojen luontaisia vihollisia, olisiko niiden vaikutus kirppoihin nykyistä merkittävämpi?

7.3 Biologiseen torjuntaan perustuvat valmisteet

Luontaisten vihollisten elinoloja parannettaessa voidaan puhua epäsuorasta torjunnasta. Sen lisäksi luontaisia vihollisia voidaan siirtää viljely-ympäristöön tai käyttää sellaisia valmisteita, jotka perustuvat torjuttavien eliöiden luontaisiin vihollisiin. Valmisteiden käyttö on suoraa torjuntaa, jota voidaan käyttää tarpeen vaatiessa. Ne antavat mahdollisuuden reagoida tuhohyönteisiin nopeasti, jos torjuntakynnykset ylittyvät. Niitä käytetäänkin yleensä vasta, jos epäsuorien toimenpiteiden teho ei ole riittävä. Luontaisiin vihollisiin perustuvien valmisteiden yksi tärkeä etu on siinä, että ne ovat yleensä valikoivia vain yhtä tuholaislajia kohtaan. Tällaisia valmisteita käyttämällä voidaan minimoida muille kuin kohde-eliöille koituvat haitat (Zehnder ym. 2007).

Kirppojen kohdalla voitaisiin käyttää esimerkiksi entomopatogeenisiin sukkulamatoihin perustuvia biologisen torjunnan valmisteita. Entomopatogeeniset sukkulamadot elävät loisina isännän sisällä, ja niiden käyttöä kirppojen torjunnassa on tutkittu ainakin Kiinassa, Pohjois-Amerikassa ja Sloveniassa.

7.3.1 Entomopatogeeniset sukkulamadot kirppojen toukka- ja koteloasteilla

Xu kumppaneineen (2010) määritteli Kiinassa kahdestakymmenestä eri sukkulamato-kannasta tehokkaimmat ja helposti kasvatettavat neljä, joita voitaisiin käyttää kirppojen torjunnassa. Eri sukkulamatojen lisäksi tutkijat selvittivät lämpötilan ja sukkulamatojen määrän vaikutusta *P. striolatan* eri toukka- ja koteloasteisiin. Tutkimuksen perusteella tehokkaimpia olivat *Steinernema carpocapsae* All, *S. pakistanense* 94-1, *Heterorhabditis indica* LN2 ja *H. indica* 212-2, ja ne toimivat parhaiten 25 °C lämpötilassa. Osa tutkituista sukkulamadoista aiheutti korkeaa kuolleisuutta kirpoissa, mutta kaikki niistä eivät välttämättä olleet tehokkaita lisääntymään. Lisääntymisnopeus oli yksi kriteereistä tehokkaimpia kantoja valitessa, sillä se on tärkeä ominaisuus, mikäli halutaan kehittää kaupallinen valmiste (Xu ym. 2010). Yan kumppaneineen (2013) valitsi näistä neljästä kaksi tehokkainta kantaa, *S. carpocapsae* ja *H. indica*, tutkittavaksi pelto-

olosuhteissa. He halusivat selvittää, millainen vaikutus on erilaisilla määrillä sukkulamatoja sekä yhdistelmällä atsadiraktiinoin kanssa. Lisäksi he arvioivat osmoottisen käsittelyn mahdollista vaikutusta *S. carpocapsaen* tehokkuuteen. Osmoottisella käsittelyllä sukkulamadoille aiheutettiin kryptobioosi, aineenvaihdunnan pysäytys, jonka jälkeen se palautettiin sterilisoidussa vedessä. Tämän tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia sukkulamatojen varastointiajan pidentämiseksi. Tulosten perusteella kumpaakin sukkulamatomakantaa voisi käyttää vähentämään *P. striolatan* maassa eläviä kehitysasteita. Kantojen välillä ei havaittu selvää eroa tehokkuudessa. Sukkulamadoilla käsitellyistä lohkoista saatiin korkeampi sato kuin kontrollilohkoista tai pelkällä atsadiraktiinilla käsitellyistä. Osmoottinen käsittely ei vaikuttanut *S. carpocapsaen* tehokkuuteen, joten tutkijat esittävät sitä käyttökelpoiseksi menetelmäksi sukkulamatojen varastointiajan pidentämiseksi (Yan ym. 2013).

Edelliset tutkimukset tehtiin Kiinassa, ja jälkimmäisessä käytettiin koekasveina kahta eri kaalilajia. Kiinan ilmasto-olosuhteet poikkeavat huomattavasti Suomen ilmastosta. Esimerkiksi lämpötila Kiinassa huhti-joulukuussa on toisinaan yli 30 °C. Tutkimusten tuloksia ei voi suoraan soveltaa Suomen olosuhteisiin eikä öljykasvien viljelyyn, mutta ne antavat viitteitä siitä, että sukkulamadoilla on potentiaalia kirppojen biologisessa torjunnassa. Tutkimukset kohdistuivat kirppojen maassa eläviin kehitysasteisiin, joten niiden käyttö olisi ennemminkin ennaltaehkäisevää. Niitä voitaisiin käyttää tarpeen mukaan seuraavaa kirppasukupolvea ajatellen, kun kirppoja on erityisen paljon.

7.3.2 Entomopatogeeniset sukkulamadot aikuisilla kirpoilla

Entomopatogeenisten sukkulamatojen vaikutusta aikuisiin kirppoihin (*P. cruciferae*) ja niiden aiheuttamiin vaurioihin öljykasveilla on tutkittu Pohjois-Amerikassa. Tutkimuksessa arvioitiin samalla ruiskutettavan polymeerigeelin vaikutusta sekä yksinään että yhdessä eri sukkulamatovalmisteiden kanssa (Antwi ja Reddy 2016). Polymeerigeelin tarkoituksena oli suojata sukkulamatoja niille haitallisilta ympäristöolosuhteilta, kuten UV-säteilyltä ja kuivumiselta. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida vaikutusta kirppojen syömisvaurioihin ja saatuun satoon matalilla sukkulamatomäärillä, yhdistelemällä eri kantoja ja ruiskutettavaa polymeerigeeliä sekä yhdistelemällä eri kantoja ja imidaklopridia. Koekasvina oli canola (*B. napus*). Lohkot käsiteltiin pian kirppojen ilmestymisen jälkeen, kun canola oli sirkkalehtiasteella tai siinä oli jo yksi tai kaksi varsinaista

kasvulehteä. Tulosten perusteella sukkulamadot ainoana käsitteilynä eivät olleet tarpeeksi tehokkaita, varsinkaan korkeilla tai erittäin korkeilla kirppamäärillä. Samoilla kirppamäärillä saatiin kuitenkin korkeimmat sadot polymeerigeelin ja *Steinernema feltiae* yhdistelmällä. Tutkijat ehdottavat, että yhdistelmää voisi käyttää vaihtoehtoisena menetelmänä kylvösiemenen peittaukselle tai täydentämään peittäusaineen käyttöä, kun torjunta-aineen tehoaika on loppunut. Lopuksi he toteavat, että valmistaiden käytön nettohyöty pitää kuitenkin varmistaa (Antwi ja Reddy 2016).

Myös Euroopassa on etsitty tehokkainta sukkulamatoa laboratorio-olosuhteissa. Trdan kumppaneineen (2008) tutki Sloveniassa neljän sukkulamato-lajin tehokkuutta tappaa aikuisia kirppoja. Tutkimus suoritettiin laboratoriossa, sillä valmistetta ei tuolloin saanut käyttää Sloveniassa pelloilla. Tutkitut lajit olivat *Steinernerma feltiae*, *S. carpocapsae*, *Heterorhabditis bacteriophora* ja *H. megidis*. Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää kuinka sukkulamatosuspension annos ja lämpötila vaikuttavat sukkulamatojen tehokkuuteen aikuisia kirppoja vastaan. Kirppoja oli muutamaa lajia, pääasiassa *Phyllotreta nemorum*, *P. undulata*, *P. nigripes* ja *P. atra*. Ajatuksena taustalla oli se, että pellollakin torjunta-aineita käytetään tappamaan useita eri kirppalajeja vain yhden sijaan. Tulosten perusteella *S. feltiae* oli tehokkain ja sillä vaikuttaisi olevan eniten potentiaalia kemiallisten torjunta-aineiden vaihtoehdoksi aikuisten, talvehtineiden kirppojen hallintaan pelto-olosuhteissa (Trdan ym. 2008). Kaikki neljä tutkittua sukkulamato-lajia olivat tehokkaampia kirppojen hallinnassa 20 °C:ssa kuin 15 °C:ssa, ja 15 °C:ssa vain *S. feltiae* oli tehokas kirppoja vastaan (Trdan ym. 2008). Myös annostus vaikutti sukkulamatojen tehokkuuteen, ja matalissa lämpötiloissa ehkä hieman yllättäen pienemmät annokset olivatkin tehokkaampia. Tutkijat toteavat tämän olevan varsin huomionarvoinen etu, sillä suuret määrät sukkulamatoja olisivat liian kalliita maanviljelijöiden käytettäväksi. Löydöllä on tutkijoiden mukaan myös käytännön merkitystä, sillä matalampi toimintalämpötila mahdollistaisi sukkulamatojen lisäämisen yöaikaan. Tutkijat arvelevat, että yöllä lisätynä sukkulamadot ovat mahdollisesti tehokkaampia kuin päivällä, koska ne välttävät haitallisen UV-säteilyn (Trdan ym. 2008).

Trdanin ja kumppaneiden (2008) tutkimuksen tulokset vaikuttavat varsin lupaavilta Suomeakin ajatellen. *S. feltiae* pystyi tappamaan kirppoja tehokkaasti 15 °C:ssa, jolloin kirpatkin ovat jo lähteneet liikkeelle (Trdan ym. 2008). Näin ollen valmistetta voisi ajatella käytettävän juuri tarpeen mukaan, mikäli kirppojen torjuntakynnys ylittyy. Valmistesta voisi mahdollisesti saada vielä tehokkaamman lisäämällä siihen polymeerigeeliä

(Antwi ja Reddy 2016). Haasteena valmisteen käytölle voisi olla maaperän epäsuotuisat olosuhteet, kuten kuivuus tai väärä lämpötila, Suomeen sopivan sukkulamatojen löytymisen tai valmisteen mahdollisesti korkea hinta. *S. feltiae* vaikuttaa kuitenkin lupaavalta, joten sen käyttöä kirppojen torjunnassa olisi syytä tutkia lisää myös Suomeen ja muuhun Pohjois-Eurooppaan soveltuvissa olosuhteissa. Tällaisen valmisteen käyttö noudattaisi integroidun kasvinsuojelun periaatetta, sillä sitä käytettäisiin todetun tarpeen mukaan. Nykyisin harjoitettava kylvösiemenen rutiininomainen peittäminen on ristiriidassa integroidun kasvinsuojelun periaatteen kanssa. Kuten Zehnder kumppaneineen (2007) huomauttaa, luomuviljelijät yleensä hyväksyvät yksittäisten torjuntavalmisteiden alhaisemman tehokkuuden, sillä niitä käytetään yhdessä muiden menetelmien kanssa, eikä ainoana torjuntamenetelmänä. Useiden eri menetelmien yhdistäminen on myös integroidun kasvinsuojelun periaatteiden mukaista, joita Suomessakin on noudatettava. Myös biologisen torjunnan keinot on koottu taulukkoon vertailun vuoksi (Taulukko 2).

Taulukko 2. Yhteenveto biologisesta torjunnasta.

| Biologinen torjunta | Hyöty, toimivuus | Mahdollisia haasteita, riskejä |
|---------------------------------|---|---|
| Houkutuskasvit | Potentiaalia on, mutta tarvitaan lisätutkimuksia sopivan seoksen löytämiseksi | Mahdolliset erot viljelytoimissa Tehokkuuden luotettavuus Vaatii paljon tietoa Hinta |
| Luontaiset viholliset | Elinoloja voi parantaa viljelytoimenpiteillä | Käytännössä merkitys on vähäinen |
| Biologisen torjunnan valmisteet | Potentiaalia olisi esimerkiksi entomopatoogeenisillä sukkulamadoilla | Valmisteet vasta kehitysasteella? Soveltuvuus Suomeen kyseenalaista (esim. toimintalämpötila) |

8 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli kartoittaa kirppojen torjunnan mahdollisuuksia rypsin ja rapsin viljelyssä ilman neonikotinoideja tai muita kemiallisia torjunta-aineita. Keskityin erityisesti viljelyksellisiin ja biologisen torjunnan menetelmiin, joita voisi soveltaa Suomen olosuhteisiin. Viljelymenetelmiä, jotka sopisivat Suomeenkin, löytyi selvästi enemmän kuin biologisen torjunnan menetelmiä. Suurikokoinen kylvösiemen, suurempi kylvösiemenmäärä, optimaalinen riviväli sekä myöhästetty kylvö soveltuvat kaikki Suomeen käytettäväksi. Suurempi kylvösiemenmäärä ja myöhästetty kylvö ovatkin luonnonmukaisessa rypsinviljelyssä käytettyjä menetelmiä, ja niitä voisi hyvin käyttää myös tavanomaisessa viljelyssä. Syyskylvö ja suorakylvö voisivat toimia kirppojen torjunnassa, mutta niihin liittyy omat haasteensa Suomessa.

Biologinen torjunta peltoekosysteemissä perustuu ensisijaisesti tuhohyönteisten luontaisiin vihollisiin. Näiden elinolosuhteita voi parantaa lisäämällä ympäristön ja kasvilajien monimuotoisuutta esimerkiksi suojakaistoilla tai houkutuskasveilla. Houkutuskasveja voi käyttää myös suoraan ohjaamaan tuholaiset pois viljelykasveilta, ja tähän voisi soveltaa neljästä eri ristikukkaislajista koostettu houkutuskasvusto myös Suomessa. Houkutuskasvuston tehokkuutta olisi mahdollista arvioida jo lähitulevaisuudessa. Luontaisien vihollisten tehokkuus kirppojen hallinnassa tavanomaisessa viljelyssä vaikuttaa toistaiseksi huonolta, mutta jäin pohtimaan, kuinka paljon nykyiset tehostuneet viljelymenetelmät vaikuttavat luontaisien vihollisten hyvinvointiin ja sitä kautta niiden tehokkuuteen kirppojen torjunnassa? Voisiko niiden vaikutusta kirppoihin tehostaa siirtymällä viljelemään niiden elinolosuhteita parantavin menetelmin? Luontaisia vihollisia voidaan periaatteessa hyödyntää myös biologisen torjunnan valmistena, mutta toistaiseksi sellaisia ei ole saatavilla kirppojen torjuntaan. Entomopatogeeniset sukkulamadot vaikuttavat kuitenkin lupaavilta eliöiltä kirppojen hallintaan. Aihe vaatii vielä reilusti lisätutkimusta, mutta niistä voisi mahdollisesti tulevaisuudessa saada biologisen työvälineen suoraan torjuntaan.

Kirppojen torjunta vaikuttaa olevan erityisen haastavaa osittain niiden esiintymisen suurten ajallisten ja paikallisten vaihteluiden takia. Neonikotinoidien rutiininomainen käyttö kylvösiemenen peittauksessa poikkeusluvalla ei kuitenkaan voi olla kestävää eikä jatkua loputtomiin, joten tarvetta toisenlaisille keinoille on. Toistaiseksi on mahdollista

valita joitakin viljelyksellisiä menetelmiä, joilla kirppavaurioita voidaan vähentää. Biologiset menetelmät ovat ennemminkin tulevaisuuden mahdollisuuksia ja vaativat vielä enemmän tai vähemmän lisätutkimusta. Jos vielä kirppojen massaesiintymisten syitä opittaisiin tuntemaan paremmin, voitaisiin kehittää toimivia kirppaennusteita, jolloin torjunnan suunnittelu olisi helpompaa, täsmällisempää ja tehokkaampaa. Tutkimalla lisää kirppojen populaatiodynamiikkaa sekä selvittämällä eri torjuntamenetelmien tehokkuutta ja yhdistelmiä voitaisiin mahdollisesti löytää toimiva, kestävä ratkaisu kirppojen torjuntaan.

LÄHTEET

- Antwi, F. B. & Reddy, V. P. 2016. Efficacy of entomopathogenic nematodes and sprayable polymer gel against crucifer flea beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on canola. *Journal of Economic Entomology* 109 (4): 1706–1712.
- Bodnaryk, R. P. & Lamb, R. J. 1991. Influence of seed size in canola, *Brassica napus* L. and mustard, *Sinapis alba* L., on seedling resistance against flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze). *Canadian Journal of Plant Science* 71 (2): 397–404.
- Daniel, C., Hommes, M. & Koller, M. 2016. Plant protection in organic production of *Brassica* vegetables and oilseed rape. *Integrated Protection in Field Vegetables* 118: 110–115.
- Dosdall, L. M., Dolinski, M. G., Cowle, N. T. & Conway, P. M. 1999. The effect of tillage regime, row spacing, and seeding rate on feeding damage by flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) in canola in central Alberta, Canada. *Crop Protection* 18: 217–224.
- Dosdall, L. M. & Stevenson, F. C. 2005. Managing flea beetles (*Phyllotreta* spp.) (Coleoptera: Chrysomelidae) in canola with seeding date, plant density, and seed treatment. *Agronomy Journal* 97 (6): 1570–1578
- EASAC 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. EASAC policy report 26. Halle/Saale, Germany: European Academies Science Advisory Council. 70 s.
- Ekbohm, B. & Müller, A. 2011. Flea beetle (*Phyllotreta undulata* Kutschera) sensitivity to insecticides used in seed dressings and foliar sprays. *Crop Protection* 30: 1376–1379.

- Elliott, R. H., Mann, L. W. & Olfert, O. O. 2007. Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, seedling vigour and tolerance of summer turnip rape (*Brassica rapa*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. Canadian Journal of Plant Science 87 (2): 385–393.
- EU Pesticides Database 2016. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>. Bryssel, Belgia: European Commission. Päivitetty 7.4.2016. Viitattu 4.3.2018.
- European Commission 2018. Neonicotinoids. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/approval_active_substances/approval_renewal/neonicotinoids_en. Bryssel, Belgia: European Commission. Päivitetty 4.3.2018. Viitattu 4.3.2018.
- Goulson, D. 2014. Pesticides linked to bird declines. Nature 511: 295–296.
- Hannukkala, A. 2012. Ristikukkaiset öljykasvit. Teoksessa: Ahvenniemi (toim.), Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Helsinki: Kasvinsuojeluseura ry, s. 83–102.
- Heimbach, U. & Müller, A. 2013. Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. Pest Management Science 69: 209–216.
- Hokkanen, H. M. T., Menzler-Hokkanen, I. & Keva, M. 2017. Long-term yield trends of insect-pollinated crops vary regionally and are linked to neonicotinoid use, landscape complexity, and availability of pollinators. Arthropod-Plant Interactions 11: 449–461.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M. & Elbert, A. 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 2897–2908.
- Junnila, S. 2012. Integroitu kasvinsuojelu – IPM. Tarpeenmukaista täsmätoimintaa. Teoksessa: Ahvenniemi (toim.), Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Helsinki: Kasvinsuojeluseura ry, s. 5–7.
- Junnila, S., Ketola, J., Laine, P. & Jalli, M. 2012. Riski kasvintuhoojien muuttumisesta kasvinsuojeluainetta kestäviksi kasvaa. Teoksessa: Ahvenniemi (toim.), Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Helsinki: Kasvinsuojeluseura ry, s. 8–13.
- Ketola, J., Hakala, K., Ruottinen, L., Ojanen, H., Rämö, S., Jauhiainen, L., Raiskio, S., Kukkola, M., Heinikainen, S. & Pelkonen, S. 2015. The impact of the use of neonicotinoid insecticides on honey bees in the cultivation of spring oilseed crops in Finland in 2013–2015. Natural resources and bioeconomy studies 73/2015. Helsinki: Natural Resources Institute Finland. 71 s.

- Knodel, J. J. & Olson, D. L. 2002. Crucifer flea beetle: Biology and integrated pest management in canola. Fargo, North Dakota: North Dakota State University. 8 s.
- Knodel, J. J., Olson, D. L., Hanson, B. K. & Henson, R. A. 2008. Impact of planting dates and insecticide strategies for managing crucifer flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in spring-planted canola. *Journal of Economic Entomology* 101 (3): 810–821.
- Käki, R. 2017. Luomurypsin viljelyopas. <http://www.vyr.fi/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/luomurypsin-viljely/>. Vilja-alan yhteistyöryhmä. Viitattu 7.11.2017.
- Luke 2017. Satotilastot. <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db>. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 7.11.2017.
- Lundin, O., Myrbeck, Å. & Bommarco, R. 2018. The effects of reduced tillage and earlier seeding on flea beetle (*Phyllotreta* spp.) on crop damage in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Protection* 107: 104–107.
- Metspalu, L., Kruus, E., Ploomi, A., Williams, I. H., Hiiesaar, K., Jõgar, K., Veromann, E. & Mänd, M. 2014. Flea beetle (Chrysomelidae: Alticinae) species composition and abundance in different cruciferous oilseed crops and the potential for a trap crop system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 64 (7): 572–582.
- Milbrath, L. R., Weiss, M. J. & Schatz, B. G. 1995. Influence of tillage system, planting date, and oilseed crucifers on flea beetle populations (Coleoptera: Chrysomelidae). *Canadian Entomologist* 127: 289–293. Cambridge Core, Cambridge University Press, doi:10.4039/Ent127289-3.
- MMM 2011. National action plan on the sustainable use of plant protection products. Working Group Memorandum 2011:4. Helsinki: The Ministry of Agriculture and Forestry. 46 s.
- Nauen, R. & Denholm, I. 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58: 200–215.
- Seppänen, M. & Yli-Halla, M. 2008. Öljykasvit. Teoksessa: Seppänen (toim.) Peltokasvien tuotanto. Helsinki: Opetushallitus, s. 75–86.
- Shelton, A.M. & Badenes-Perez, F.R. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *The Annual Review of Entomology* 2006. 51: 285–308.
- Slater, R., Ellis, S., Genay, J.-P., Heimbach, U., Huart, G., Sarazin, M., Longhurst, C., Müller, A., Nauen, R., Rison, J. L. & Robin, F. 2011. Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): a coordinated ap-

- proach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). *Pest Management Science* 67: 633–638.
- Tansey, J. A., Dossall, L. M. & Keddle, B. A. 2009. *Phyllotreta cruciferae* and *Phyllotreta striolata* responses to insecticidal seed treatments with different modes of action. *Journal of Applied Entomology* 133: 201–209.
- Tansey, J. A., Dossall, L. M., Keddle, B. A. & Sarfraz, R. M. 2008. Differences in *Phyllotreta cruciferae* and *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) responses to neonicotinoid seed treatments. *Journal of Economic Entomology* 101 (1): 159–167.
- Trdan, S., Vidrih, M., Valič, N. & Laznik, Ž. 2008. Impact of entomopathogenic nematodes on adults of *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 58: 169–175.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2017. Kasvinsuojeluaineiden kestävä käyttö. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineiden-kestava-kaytto/>. Helsinki, Suomi: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Päivitetty 18.1.2017. Viitattu 5.3.2018.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2018. Poikkeusluvut hätätilanteissa (art. 53). <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Hyvaksytyt-valmisteet/Poikkeusluvut/>. Helsinki, Suomi: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Päivitetty 9.2.2018. Viitattu 4.3.2018.
- Vilja-alan yhteistyöryhmä. 2017. Kylvösiemenmäärä ja sen vaikutus kasvuston rakenteeseen. <http://www.vyr.fi/rypsin-ja-rapsin-viljelyopas/miten-viljelen-kevatrypsia-ja-rapsia/kylvosiemenmaara/>. Helsinki, Suomi: Vilja-alan yhteistyöryhmä VYR ry. Viitattu 28.1.2017
- Xu, C., De Clercq, P., Moens, M., Chen, S. & Han, R. 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*. *BioControl* 55: 789–797.
- Yan, X., Han, R., Moens, M., Chen, S. & De Clercq, P. 2013. Field evaluation of entomopathogenic nematodes for biological control of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *BioControl* 58: 247–256.

Zehnder, G., Gurr, G. M., Kühne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D. & Wyss, E. 2007.
Arthropod pest management in organic crops. *The Annual Review of Entomology*
52: 57–80.