



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2024

Öljykasvien tuhoeläinten kemikaaliton hallinta

JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 2

Jarmo Ketola, Pentti Ruuttunen, Sonja Träskman,
Annika Johansson ja Timo Hurme

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2024

Öljykasvien tuhoeläinten kemikaaliton hallinta

JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 2

**Jarmo Ketola, Pentti Ruuttunen, Sonja Träskman,
Annika Johansson ja Timo Hurme**



Maa- ja metsätalous-
ministeriö



Viittausohje:

Viittausohje:

Ketola, J., Ruuttunen, P., Träskman, S., Johansson, A. & Hurme, T. 2024. Öljykasvien tuhoeläinten kemikaaliton hallinta : JUOTVAI-hankkeen loppuraportti, osa 2. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 60/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 43.

Jarmo Ketola, ORCID ID, <https://orcid.org/000-0001-8833-364>



ISBN 978-952-380-940-6 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-940-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jarmo Ketola, Pentti Ruuttunen, Sonja Träskman, Annika Johansson ja Timo Hurme

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Kuvassa vasemmalta Juha Paajanen ja Susanna Lehtonen Lukesta Juotvai-hankkeen peltokierroksella heinäkuussa 2023. Kuva Jarmo Ketola.

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu.com/fi>

Tiivistelmä

Jarmo Ketola¹, Pentti Ruuttunen¹, Annika Johansson¹, Timo Hurme ja, Sonja Träskman²

¹Luonnonvarakeskus 31600 Jokioinen

²Nylands Svenska Lantbruksällskap 10230 Inkoo

Rypsin (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) ja rapsin (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) viljelyala Suomessa on pienentynyt viime vuosina merkittävästi. Yksi suurimmista syistä laskeneisiin kylvöaloihin on tuhohyönteisten torjunnan vaikeutuminen. Edes intensiivinen kemiallinen torjunta ei runsaina tuholaisvuosina takaa hyvää satoa, saati viljelyn kannattavuutta. Lisäksi tuhohyönteisten torjunta-aineiden haittavaikutukset pellon ja sen ympäristön eliöstölle voivat olla merkittäviä.

Rypsin ja rapsin merkittävimmät tuhoeläimet Suomessa ovat rapsikuoriainen (*Brassicogethes* (aik. *Meligethes*) *aeneus*) ja lehtikirpat. Rapsikuoriaisen luontaisten vihollisten, rapsikuoriaispistiäisen (*Phradis morionellus*) ja rapsikuoriaisvainokaisen (*Diospilus capito*), elinolosuhteiden parantaminen viljelytoimenpiteiden avulla voi olla keino hallita rapsikuoriaiskantoja. Esimerkiksi *P. morionellus* -lajin on oletettu kärsivän insektisidien lisäksi voimakkaasta maanmuokkauksesta kevätrypsin- ja -rapsin sadonkorjuun jälkeen, sillä laji jää talvehtimaan öljykasvipeltoon sadonkorjuun jälkeen.

Luonnonvarakeskus ja Nylands Svenska Lantbruksällskap toteuttivat Juolavehnän ja öljykasvien tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintamenetelmät (JUOTVAI) -tutkimushankkeen vuosina 2020–2023. Hankkeen puitteissa perustettiin kahdeksan peltolohkoa, joilla seurattiin kolmen vuoden ajan (2021–2023) rapsikuoriaisten sekä niiden luontaisten vihollisten määriä. Kokeessa oli mukana neljä eri maanmuokkauksikäsitteilyä, joista jokaisesta oli insektisidillä (taufluvalinaatti) käsitelty lohko ja sen käsittelemätön vastinlohko. Tavoitteena oli selvittää pelto- ja muokkauksessa vaikuttaako syysmuokkaus yhdessä seuraavan kevään kylvömuokkauksen kanssa maassa olevien loispistiäisten talvehtimiseen, ja välillisesti sitä kautta uuden loispistiäissukupolven runsauteen seuraavana kesänä.

Kun rapsikuoriaispistiäisen (*P. morionellus*) lukumääriä tarkasteltiin yli vuosien, nähtiin että torjunta insektisidillä vähensi loispistiäisten lukumääriä koelohkoilla. Vaikka myös voimakkaan muokkauksen oletettiin vähentävän rapsikuoriaispistiäisten määrää, oli *P. morionellus* yllättäen runsaslukuisin torjumattomalla kynnetyllä lohkolle. Insektisidillä käsitellyistä koelohkoista *P. morionellus* tavattiin eniten muokkaamattomalla koelohkolle.

Rapsikuoriaisvainokaisen (*Diospilus capito*) lukumäärät seurasivat rapsikuoriaisten lukumääriä. Öljykasvin puinnin jälkeen tehtävät sekä kylvöä edeltävät muokkaustoimet vähensivät myös *D. capito* lukumääriä, mikä viittaisi siihen, että *D. capito* talvehtii rypsi- ja rapsipelloissa. Rapsikuoriaisten torjuntaruiskutus ei vaikuttanut *D. capitoon* yhtä haitallisesti kuin *P. morionellukseen*. Tämä johtuu todennäköisimmin *D. capito* myöhäisemmästä pelloille tulosta, jolloin ruiskutuksesta on kulunut enemmän aikaa.

Rapsisatojen erot yli vuosien olivat torjutun ja torjumattoman lohkon välillä tilastollisesti merkitseviä kaikilla muokkausmenetelmillä, torjuttujen lohkojen satojen ollessa yleisesti suurempia. Huomionarvoista on kuitenkin, että muokkaamaton koelohko, jota ei ollut käsitelty insektisidillä tuotti merkittävästi suuremman sadon kuin vastaava torjuttu koelohko. Ilman

rapsinpuinnin jälkeistä muokkausta ja ilman satovuosina tehtyä kemiallista rapsikuoriaisten torjuntaa rapsinviljelyn taloudellinen kannattavuus oli kolmantena koevuotena yhtä hyvä kuin koelohkolla, jolla ei tehty syysmuokkausta, mutta jolta rapsikuoriaiset torjuttiin kemiallisesti satovuosien aikana.

Kun kemiallista rapsikuoriaisten torjuntaa ei käytetä, rapsikuoriaiskannat runsastuvat ainakin alkuvuosina, jolloin loispistiäiskannat eivät vielä riitä vähentämään tai edes pitämään rapsikuoriaismääriä 'aisoissa' alueella. Torjumattomat alueet voivat kuitenkin toimia niin sanottuina uhrilohkoina, joilla tuhon annetaan tapahtua vapaasti. Nämä alueet voivat ajan myötä tarjota 'loispistiäispankin' rapsikuoriaisia vastaan. Pellon muokkaamattomuus yhdistettynä torjumattomiin alueisiin auttaa luomaan suotuisampia elinolosuhteita loispistiäisille, mikä puolestaan edistää vahvempaa luonnollista rapsikuoriaisten hallintaa.

Asiasanat: öljykasvit, rypsi, rapsi, rapsikuoriainen, loispistiäinen, kirpat, luontainen vihollinen

Abstract

Jarmo Ketola¹, Pentti Ruuttunen¹, Annika Johansson¹, Timo Hurme¹ and Sonja Träskman²

¹Natural Resources Institute Finland (Luke), Tietotie 4, FI-31600 Jokioinen

²Nylands Svenska Lantbruksällskap, Västankvarnvägen 442, FI-10230 Ingå st

In recent years, the cultivation area of turnip rape (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) and oilseed rape (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) has significantly decreased in Finland. One of the primary reasons for this decline is the increasing difficulty in controlling insect pests. Even intensive chemical control does not guarantee a good yield or the profitability of cultivation during years of high pest abundance. Additionally, the adverse effects of insecticides on beneficial organisms in fields and their surroundings can be significant.

The major pests affecting turnip rape and oilseed rape in Finland are the pollen beetle (*Brassicogethes* (formerly *Meligethes*) *aeneus*) and flea beetles. Enhancing the habitat conditions of the pollen beetle's natural enemies, specifically the parasitoid wasp *Phradis morionellus* and the braconid wasp *Diospilus capito*, through cultivation practices has been proposed as a potential method to control pollen beetle populations. Especially *P. morionellus* has been assumed to suffer not only from insecticides but also from intensive soil cultivation after the harvest of spring-sown turnip rape and oilseed rape, as the species overwinters in the oilseed crop fields post-harvest.

The Natural Resources Institute Finland and the Nylands Svenska Lantbrukssällskap conducted JUOTVAI research project during 2020–2023. Within the framework of the project, eight experimental fields were established, where the numbers of pollen beetles and their natural enemies were monitored over three years, from 2021 to 2023. The experiment included four different soil cultivation treatments, with each treatment having counterpart plots: one treated with tau-fluvalinate insecticide and an untreated plot. These experimental setups aimed to test on a practical field scale whether autumn tillage combined with spring tillage affects the overwintering of parasitoid wasps in the soil and thus the abundance of the new generation of parasitoid wasps the following summer.

When examining the prevalence of *P. morionellus* over the years, it was observed that insecticide treatment reduced the numbers of *P. morionellus* in the experimental plots. Surprisingly, even though it was assumed that soil cultivation decreases the number of parasitoid wasps, *P. morionellus* was found most abundant in the plowed, non-treated plot. Among the insecticide treated plots, *P. morionellus* was most frequently found in the non-tillage plot.

The frequency of *D. capito* followed the numbers of the pollen beetles. However, the post-harvest and pre-sowing tillage operations also affected the numbers of *D. capito*, suggesting that it overwinters in old turnip rape and oilseed rape fields. Insecticide treatment instead did not impact *D. capito* as adversely as *P. morionellus*, most probably due to the later arrival of *D. capito* in the field, allowing more time since the spraying.

The differences in oilseed rape yields over the years were statistically significant between the insecticide-treated and untreated plots across all tillage methods, with treated plots generally producing higher yields. However, it is noteworthy that the no-till experimental plot, which was not treated with insecticide, produced a significantly higher yield than the corresponding

treated plot. Without post-harvest tillage and without chemical control of pollen beetles, the estimated economic profitability of oilseed rape cultivation in the third experimental year was as good as that of the plot without autumn tillage but with chemical control of pollen beetles.

When chemical control is not used, pollen beetle populations increase at least in the initial years when parasitoid populations are not yet sufficient to reduce the pollen beetle numbers. However, untreated areas can serve as so-called sacrificial plots, where damage is allowed to occur freely. Over time, these areas may provide a 'parasitoid bank' against pollen beetles. Reduced tillage combined with field areas left without insecticide treatment help create more favorable habitat conditions for parasitoids, thereby promoting stronger natural control of pollen beetles.

Keywords: oilseed rape, turnip rape, pollen beetle, parasitoid wasp, flea beetles, natural enemy

Sammanfattning

Jarmo Ketola¹, Pentti Ruuttunen¹, Annika Johansson¹, Timo Hurme¹ och Sonja Träskman²

¹Naturresursinstitutet (Luke) 31600 Jockis

²Nylands Svenska Lantbrukssällskap 10230 Ingå

Odlingsarealen för rybs (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) och raps (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) i Finland har minskat betydligt under de senaste åren. En av de främsta orsakerna till att den sådda arealen minskat är svårigheterna med att bekämpa skadeinsekter. Inte ens intensiv kemisk bekämpning garanterar en god skörd, än mindre lönsamhet, under år med högt tryck av skadegörare. Dessutom kan växtskyddsmedlens negativa effekter på övriga organismer i och runt fältet vara betydande.

De primära skadegörarna på rybs och raps i Finland är rapsbagge (*Brassicogethes* (tidigare *Meligethes) aeneus*) och jordloppor. Att genom odlingsåtgärder förbättra levnadsförhållandena för rapsbaggens naturliga fiender, parasitsteklarna *Phradis morionellus* och *Diospilus capito*, har föreslagits som ett möjligt sätt att kontrollera rapsbaggens populationer. Man har antagit att i synnerhet *P. morionellus* påverkas förutom av insekticider även av intensiv jordbearbetning efter skörd av vårrybs och -raps. Bearbetningen påverkar arten eftersom den stannar kvar och övervintrar i oljeväxtfältet efter skörd.

Naturresursinstitutet (Luke) och Nylands Svenska Lantbrukssällskap genomförde forskningsprojektet Alternativa metoder för bekämpning av kvickrot och skadegörare i oljeväxter (JUOTVAI) 2020–2023. Inom ramen för projektet etablerades åtta odlingsfält för att följa upp förekomsten av rapsbaggar och deras naturliga fiender under tre år (2021–2023). Fyra olika metoder för jordbearbetning ingick i försöket, med en insekticidbehandlad (tau-fluvalinat) och en motsvarande obehandlad parcell (försöksruta) för varje bearbetningsmetod. Med försöksupplägget ville man i praktisk odling testa om höstbearbetning i kombination med följande års vårbearbetning har en effekt på övervintringen av parasitsteklar i jorden och indirekt på förekomsten av den nya generationen parasitsteklar under följande sommar.

Då man undersökte antalet parasitsteklar (*P. morionellus*) under försöksperioden kunde man se att användningen av insekticid minskade antalet parasitsteklar i parcellerna. Förekomsten av *P. morionellus* var överraskande nog störst i den plöjda parcellen. Bland de behandlade parcellerna var *P. morionellus* vanligast på det obearbetade odlingsfältet.

Antalet steklar av arten *Diospilus capito* följde antalet rapsbaggar. Jordbearbetning efter tröskning av oljeväxter och före sådd påverkade emellertid också antalet *D. capito*, vilket tyder på att *D. capito* övervintrar i gamla rybs- och rapsfält. Jämfört med *P. Morionellus* påverkas *D. capito* i mindre grad av besprutning mot rapsbaggar. Detta beror på att *D. capito* kommer senare till fältet då det gått en längre tid sedan besprutningen.

Skillnaderna i rapsskörd mellan insekticidbehandlad och obehandlad parcell under försöksperioden var statistiskt signifikant i alla parceller. Dock gav endast den obearbetade, obehandlade parcellen en signifikant merskörd jämfört med motsvarande behandlade parcell. Resultaten av projektet tyder ändå på att utelämnad jordbearbetning efter rapsskörd i kombination med att man inte bekämpar rapsbaggar kemiskt under skördeåren var under det tredje försöksåret redan lika ekonomiskt lönsamt som utelämnad höstbearbetning men med kemisk bekämpning av rapsbaggar under skördeåren.

I avsaknad av kemisk bekämpning av rapsbaggar kommer rapsbaggepopulationerna att öka, åtminstone under de första åren. Då är parasitstekelpopulationerna ännu inte på något sätt tillräckliga för att klara av de rikliga och återkommande årliga rapsbaggarna, att minska dem eller ens hålla dem "i schack" i området. Detta handlar om så kallade "offerskiften" där förstörelse får ske fritt, men som kanske med tiden kan utgöra en "parasitstekelbank" mot rapsbaggar?

Nyckelord: oljeväxter, rybs, raps, rapsbagge, parasitstekel, jordloppor, naturlig fiende

Sisällys

1. Johdanto	11
1.1. Rypsin ja rapsin viljely Suomessa	11
1.2. Kirpat ja niiden torjuntakeinot.....	12
1.3. Rapsikuoriaisen kemiallisen torjunnan korvaaminen loispistiäisiä suosimalla.....	14
2. Öljykasvien tuhoeläinten hallinnan kenttäkokeet	18
2.1. Rapsikuoriaisten hallintakokeiden toteutus	18
2.1.1. Koejärjestelyt 2021–2023.....	18
2.1.2. Rapsikuoriaisen loisinta-asteen määrittäminen 2021	20
2.1.3. Hyönteishavainnot 2021–2023	20
2.1.4. Kenttäkoeaineistojen tilastokäsittelyt.....	21
2.2. Rapsikuoriaisten hallintakokeiden tulokset ja tulosten tulkinta	21
2.2.1. Rapsikuoriaisten ja loispistiäisten määrät 2021, 2022 ja 2023.....	21
2.2.2. Loispistiäisten loisinta-aste rapsikuoriaisten toukilla 2021	22
2.2.3. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaisten määriin 2021–2023	24
2.2.4. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaispistiäisen <i>P. morionellus</i> määriin.....	25
2.2.5. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaisvainokaisen <i>D. capito</i> määriin.....	27
2.2.6. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsin satoon.....	29
2.3. Kirpan torjuntakokeet 2023	30
3. Menetelmien kannattavuusvertailut	33
3.1. Rapsikuoriaisten hallintamenetelmien kannattavuus	33
3.2. Katetuottolaskelman rakenne:.....	33
3.2.1. Tuotot.....	33
3.2.2. Muuttuvat kustannukset	33
3.3. Tulokset	34
4. Johtopäätökset.....	35
5. Kiitokset	36
6. Viitteet.....	37
7. Liitteet	39

1. Johdanto

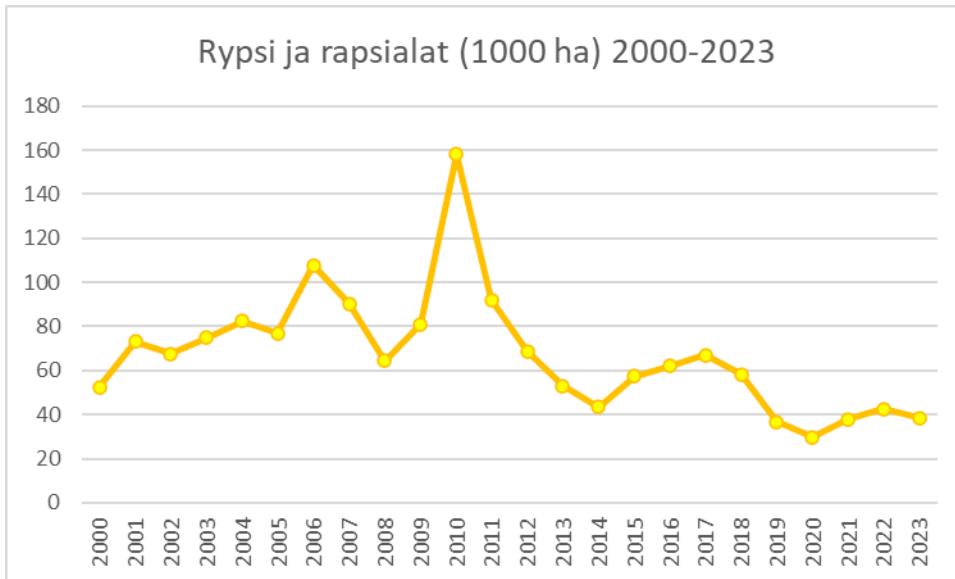
Luonnonvarakeskus (Luke) ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap (NSL) toteuttivat Juolaveh­nän ja öljykasvien tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintamenetelmät (JUOTVAI) -tutkimushankkeen vuosina 2020–2023. Tutkimusta rahoittivat MMM/Makera ja Maatalouskoneiden tutki­mussäätiö. Tutkimuksessa keskityttiin kahteen Suomessa erityisen tärkeään kohteeseen, joissa kemialliselle kasvinsuojelulle tarvitaan korvaavia keinoja: juolaveh­nän torjuntaan mekaanisin keinoin ja rypsin ja rapsin tuhoeläinten vaihtoehtoisin hallintakeinoihin.

Rypsilä ja rapsilla tarvitaan tuhohyönteisten kemialliselle torjunnalle vaihtoehtoja, jotta voi­daan varmistaa kotimaisen öljykasvintuotannon jatkuvuus mm. kirpoilta suojaavien peittaus­aineiden poistuttua markkinoilta ja rapsikuoriaisen insektisidiresistenssin yleistyessä. Niin juo­laveh­nän kuin öljykasvien tuhoeläinten hallinnan tulee olla tulevaisuudessa paitsi tarpeeksi tehokasta, myös viljelijälle taloudellisesti kannattavaa. Siksi tutkimuksessa tarkasteltiin koetu­lostien perusteella myös vaihtoehtoisten menetelmien kannattavuutta.

Tässä raportissa käsitellään öljykasvien tuhohyönteisten torjunnan vaihtoehtoisia menetelmiä. Rypsin ja rapsin merkittävimmät tuhoeläimet Suomessa ovat rapsikuoriainen ja lehtikirpat. Raportissa käsitellään ensisijaisesti rapsikuoriaiskantojen *Brassicogethes* (aik. *Meligethes*) *ae­neus* vähentämistä eri viljelymenetelmillä, joilla voidaan vaikuttaa luontaisten vihollisten, rap­si­kuoriaispistiäisen (*Phradis morionellus*) ja rapsikuoriaisvainokaisen (*Diospilus capito*), pärjää­miseen ja sitä kautta rapsikuoriaisten määriin.

1.1. Rypsin ja rapsin viljely Suomessa

Rypsin (*Brassica rapa* subsp. *oleifera*) ja rapsin (*Brassica napus* subsp. *oleifera*) viljelyala Suo­messassa on pienentynyt viime vuosina merkittävästi. Rypsin ja rapsin syys- ja kevätmuotojen viljelyalat olivat esimerkiksi vuonna 2019 36 700 ha, vuonna 2020 vain 29 700 ha ja vuonna 2023 38 500 ha (Kuva 1). Suurin syy viimeisten vuosien laskeneisiin kylvöaloihin voidaan katsoa olevan tuhohyönteisten torjunnan vaikeutuminen. Suomessa viljellään lähes pelkästään rapsin ja rypsin kevätmuotoja, koska syysöljykasvien talvehtiminen on usein epävarmaa. Syys­muotojen viljelyn onnistuessa sadot voivat kuitenkin olla 3000 kg tai jopa 4000 kg hehtaarilta. Kevätöljykasveilla tuhohyönteislajeja on enemmän kuin syysöljykasveilla ja useina vuosina nämä lajit esiintyvät erityisen runsaina.



Kuva 1. Rypsin ja rapsin (kevät- ja syysmuodot yhteensä) viljelypinta-alojen kehitys Suomessa 2000–2023.

1.2. Kirpat ja niiden torjuntakeinot

Kirpat (*Phyllotreta* sp.) ovat ristikkukaskasvien heimoon (*Brassicaceae*) kuuluvien rypsin ja rapsin sekä useiden muiden kaalikasvien taimivaiheen tuhohyönteisiä Suomessa kevätaikaan. Ne kuuluvat kovakuoriaisiin (*Coleoptera: Chrysomelidae*), joista yleisin kirppalaji kevättrypsillä ja kevätropsilla on aaltojuovakirppa (*Phyllotreta undulata*) (Kuva 2) ja harvinaisempaan mutkajuovakirppa (*Phyllotreta striolata*). Kirpat talvehtivat aikuisina pellon ja metsän reunan karikkeissa. Kirpat siirtyvät kevätöljykasvipelloille yleensä touko-kesäkuun vaihteessa, kun lämpötila nousee yli 15 °C:een ja rypsi ja rapsi taimettuvat. Pahin kirppa-aika kestää noin puolentoista - kahden viikon ajan. Taimet ovat vioituksille arimpia sirkkalehtivaiheesta ensimmäisten kasvulehtiparien vaiheeseen saakka.

Koska kirpat ovat päiväaktiivisia ja keväisin vuorokaudessa on pitkään valoisaa, kirppojen aktiivinen syöntiaika on Suomessa pidempi kuin eteläisemmissä maissa. Kevättrypsin ja -rapsin suuri osuus Suomen öljykasvialasta yhdistettynä pitkiin päiviin touko-kesäkuussa tekee Suomen öljykasvien viljelystä erityisen alttiin ankarille kirppatuhoille.

Tavanomaisessa kevättrypsin ja -rapsin viljelyssä on yleisesti käytetty tuhohyönteisten torjunta-aineella peitattua kylvösiementä ja tarvittaessa sen vaikutusta on tehostettu taimivaiheessa tuhohyönteisten torjunta-aineruiskutuksilla. Peittäusaineena on käytetty kevätkylvöillä 2019–2023 Tukesin myöntämällä poikkeusluvalla flupyradifurone-tehoainetta sisältävää Buteo Start FS 480 -valmistetta. Kirppoja on mahdollista torjua tavanomaisessa viljelyssä kevättrypsin ja -rapsin taimilta kemiallisesti ruiskuttamalla käyttötarkoitukseen hyväksytyjä insektisidejä kuten pyrethroideja. Torjuntaruiskutuksella pyritään turvaamaan kasvien kasvua kirppojen vioitusta vastaan kriittisen sirkkataimivaiheen ohi siihen saakka, kunnes kasvissa on vähintään kaksi paria kasvulehtiä ja kasvi on hyvässä kasvussa.

Kevättrypsin ja kevätropsin tuholaisten intensiivinen kemiallinen torjuntakaan ei runsaina tuholaisvuosina takaa hyvää satoa, saati viljelyn kunnollista kannattavuutta. Lisäksi tuhohyönteisten torjunta-aineiden haittavaikutukset pellon ja sen ympäristön eliöstölle voivat olla

merkittäviä. Vaikka ruiskutukset tehdään torjunta-ainevalmisteiden käyttöohjeiden mukaisesti suojelutoimenpiteet huomioiden, ne voivat merkittävästi haitata esimerkiksi kirppojen luontaisia vihollisia maakiitäjäisiä (*Carabidae*) (Huusela-Veistola 1996) ja pellon ja lähiympäristön pientareiden luonnonpölyttäjiä (Kaila ym. 2023). Toistuvat pyretroidiruiskutukset voivat lisäksi johtaa pyretroideille kestävien kirppapopulaatioiden syntyyn (Ketola 2019).

Luomuviljelyssä tärkein kirppojen torjuntakeino on ollut kylvöajan säätely, jossa kevätrypsin kylvö ajoitetaan ennen tai jälkeen arvioitua kirppojen pellolle tuloa. Myös pitkä viljelykierto, jossa rypsi tai rapsi toistuu samalla lohkolle enintään 4–5 vuoden välein, voi auttaa tuholaiskantojen vähentämisessä ja vähentää samalla pellon möhöjuurisaastunna riskiä.

Biologinen torjunta on tuhohyönteisten luontaisten vihollisten elinolosuhteiden ylläpitoa ja parantamista. Vigelius (2018) toteaa, että kirppojen luontaisista vihollisista vain joillain petokuoriaisilla kuten hyrräkiitäjäisellä (*Bembidion* sp.) ja vaskisysikiitäjäisellä (*Pterostichus cupreus*) näyttäisi olevan merkitystä. Kyseiset maakiitäjäislajit esiintyvät aikaisin kasvukaudella ja voivat siksi käyttää kirppoja ravintonaan (Ekbohm ja Borg 1993). Tällä hetkellä ei kuitenkaan tunneta sellaisia kirppojen luontaisia vihollisia, jotka voisivat torjua niitä tehokkaasti peltomittakavassa. Kirppojen biologisen torjunnan haasteellisuuden vuoksi esimerkiksi kasviperaisten karkotteiden tehoa tulisi selvittää.

Biologisten kasvinsuojeluvalmisteiden kaupallisesta valmistuksesta ja käytön tehokkuudesta sekä taloudellisuudesta ei ole tehty mitään selvityksiä, kuten ei myöskään kaupallisesti saatavilla olevien torjuntaeliöiden soveltumisesta Suomen pitkän päivän olosuhteisiin touko-kesäkuussa. Lisäksi ei tiedetä, miten Suomessa keväisin yöaikaan vallitsevat alhaiset lämpötilat ja kuivuus vaikuttavat torjuntaeliöiden, kuten sukkulamatojen, toimivuuteen. Siten viljelyvarmuutta parantavia toimivia ratkaisuja, saati mahdollisia kaupallisia sovelluksia, ei ole tiedossa nopealla aikataululla lähitulevaisuudessa. (Ketola 2019)



Kuva 2. Kirpat aiheuttavat kevätrypsin ja -rapsin sirkkataimille ja usein vielä kasvulehdillekin merkittäviä vaurioita. Tavanomaisessa tuotannossa voidaan kirppoja torjua kemiallisesti. Sen sijaan luomussa ei ole tällä hetkellä muita keinoja kuin kylvön viivästyttäminen niin, että taimelle tulo ajoittuu kesäkuun puolivälin jälkeen. Käytännössä tämä tulee kyseeseen vain kevätrypsin viljelyssä. Kuva Jarmo Ketola.

1.3. Rapsikuoriaisen kemiallisen torjunnan korvaaminen loispis- täisiä suosimalla

Rapsikuoriainen *Brassicogethes* (aik. *Meligethes*) *aeneus* on kiiltävän musta kovakuoriainen (Kuva 3). Rapsikuoriainen käyttää ravinnokseen useiden eri kasvien siitepölyä – hyönteisen englanninkielisen nimen, *pollen beetle*, suora käännös suomeksi onkin siitepölykuoriainen. Varhain keväällä rapsikuoriaisia voi nähdä esimerkiksi kukkivilla syreeneillä ja omenapuun kukilla. Voikukka on yksi rapsikuoriaisen tärkeimmistä ravintokasveista talvehtimisen jälkeen (Free & Williams 1978). Rapsikuoriainen munii kuitenkin ainoastaan ristikkukkaiskasvien, kuten rypsin ja rapsin, kukintoihin (Ekbom & Borg 1996).



Kuva 3. Rapsikuoriaisia rapsin kukilla. Rapsikuoriaiset vähäisissä määrin esiintyessään voivat edistää kasvin pölyttymistä, mutta kun niitä on kasvia kohtia 1-2 kpl tai enemmän pureksivat ne helposti kukkanuppuja pilalle, heikentävät kukintaa ja litujen muodostumista ja vähentävät sitä kautta kasvin sadontuottoa merkittävästi. Kuva Jarmo Ketola.

Rapsikuoriainen talvehtii aikuisena metsänreunoissa karikkeessa. Talvehtineet rapsikuoriaiset lähtevät liikkeelle lämpötilan kohottua +15°C:n tienoille (Ferguson ym. 2015). Ne voivat lentää pitkiäkin matkoja. Syysrypsin viljelyalueilla ne kerääntyvät kasveihin suurin määrin juuri ennen kukintaa ja syysrypsin kukinnan päätyttyä ne siirtyvät muihin kasveihin, kuten kevätöljykasveihin. Syysöljykasvit ja kevätöljykasvit samoilla aukeilla muodostavatkin sillan tuholaisille.

Rapsikuoriaisaikuiset aiheuttavat rypsilä ja rapsilla vioituksia syömällä kukkanuppuihin reiät ja tunkeutumalla nuppujen sisään. Ne käyttävät ravinnokseen kukkien heteitä ja myöhemmin kukkien avauduttua siitepölyä. Vioittuneille kukinnoille tyypillistä on alimpien kukkien puuttuminen. Tällöin vain nuoret, myöhemmin kehittyvät latvakukat muodostavat lituja. Rapsikuoriaisnaaraat munivat kukkiin ja toukat syövät siitepölyä kukan osien ohella. Aikuistuva syyskupuolvi ennakoit talvehtimaan siirtyessään seuraavan vuoden kannan vahvuutta.

Rapsikuoriaisten pyretroidiresistenssi on lisääntynyt hälyttävästi monissa maissa 2000-luvulta lähtien (Nauen ym. 2012). Myös Suomessa suurin osa rapsikuoriaispopulaatioista on

ilmeisesti kestäviä tai osittain kestäviä pyretroideille (Jalli ym. 2019). Toisaalta kuoriaiskannat voivat olla hyvin paikallisia; peltoaukean toisella laidalla saattavat samatkin valmisteet tehotta vielä, kun ne toisaalla tehoavat enää vain heikosti (Ketola 2020). Jos tilanne alueella on mennyt huonoksi torjunnan tehon osalta, niin jäljelle jää vain öljykasvien viljelyn keskeyttäminen useaksi vuodeksi. Tällöin hyönteiskannat taantuvat sopivien ravintokasvien vähetessä alueelta.

Rapsikuoriaisten torjuntaruiskutusten vähentämistä puoltavat monet seikat. Torjunnan heikon tehon lisäksi rapsikuoriaisen torjuntaruiskutukset ovat vielä kirpparuiskutuksiakin haitallisempia hyötyeliöille, erityisesti mehiläisille ja muille pölyttävälle hyönteisille, koska kukkivia kasvustoja on rapsikuoriaisen torjuntaruiskutusten aikaan runsaasti. Kemialliselle torjunnalle onkin välttämätöntä löytää vaihtoehtoja.

Rapsikuoriaisen biologinen torjunta loispistiäiskantoja vahvistamalla on yksi potentiaalisista keinoista öljykasvien käytännön kasvinsuojelua varten (Hokkanen & Menzler-Hokkanen 2024). Rapsikuoriaisten luontaisista vihollisista merkittävin on rapsikuoriaispistiäinen (*P. morionellus*) (Hokkanen 2006). Joillakin alueilla esiintyy myös rapsikuoriaisvainokaista (*D. capito*), mutta sen merkitys on huomattavasti vähäisempi kuin rapsikuoriaispistiäisen (Hokkanen 2000, 2006). Rapsikuoriaispistiäinen on 2-3 mm pitkä, kiiltävän musta pistiäinen. Sillä on yksi sukupolvi vuodessa, kuten rapsikuoriaisellakin. Rapsikuoriaispistiäinen on levinnyt kaikkialle Suomen vakiintuneilla rypsin- ja rapsinviljelyalueilla (Hokkanen 1988).



Kuva 4. Loispistiäinen rapsin kukinnolla. Loispistiäisten rapsikuoriaisia vähentävä vaikutus ilmenee vasta viiveellä vuosien kuluessa. Loispistiäiskantojen runsastumista edesauttavat edellisvuoden rapsin tai rypsin sängän mahdollisimman vähäinen muokkaus ja seuraavana kasvukautena tällä samalla peltolohkolla esimerkiksi viljan kirvojen kemiallisesta torjunnasta pidättäytyminen. Vastaavasti rypsin tai rapsin satovuotena kemiallisen rapsikuoriaistorjunnan vähentäminen tai sen kokonaan tekemättä jättäminen auttaa loispistiäisten pärjäämistä. Kuva Leo Laaksonen.

Aikuiset pistiäisnaaraat munivat neulamaisen munanasettimensa kautta rapsikuoriaistoukan sisään munan. Munasta kuoriutuva loispistiäistoukka käyttää rapsikuoriaistoukkaa ravintonaan. Rapsikuoriaistoukka ei kuitenkaan kuole loisintaan heti, vaan jatkaa omaa kehitystään täyskasvuiseksi toukaksi, joka pudottautuu kasvista ja kaivaa koteloitumiskammion pintamaahan. Vasta sen jälkeen rapsikuoriaispistiäistoukka aloittaa rapsikuoriaisen elintärkeiden osien syönnin, syöden sen lopulta kokonaan ja koteloituen itse isäntätoukan kaivamaan kammioon.

Rapsikuoriaispistiäinen kehittyy loppukesän ja syksyn aikana esiaikuiseksi jääden sitten talvehtimaan rypseltoon. Pistiäiset eivät siis vähennä kuluvan vuoden rapsikuoriaismäärää, vaan vasta uuden sukupolven kuoriaisten määrää, eli seuraavan vuoden rapsikuoriaiskantoja. Rapsikuoriaispistiäiset kuoriutuvat ja lähtevät talvehtimispaikastaan seuraavan vuoden kesäkuussa. Kuoriutuminen alkaa noin kesäkuun kymmenennen päivän tienoilla, ja on vilkkaimmillaan juhannusviikolla. Kesäkuun loppuun mennessä suurin osa talvehtineista rapsikuoriaispistiäisistä on jättänyt talvehtimispaikkansa. (Huusela-Veistola ym. 2005)

Loispistiäisten tehokkuutta rapsikuoriaiskantojen säätelemisessä voidaan lisätä viljelyteknisin keinoin (Hokkanen 2008). Loispistiäiset selviytyvät talvehtimispaikassaan eli edellisvuoden rypsilohkolla sitä paremmin, mitä vähemmän rypsimaa muokataan sadonkorjuun jälkeen seuraavan vuoden juhannukseen saakka. Edellisvuoden rypsi- ja rypsilohkon muokkauksessa olisikin hyödyllistä käyttää kevennettyä muokkausta tai suorakylvöä (Huusela-Veistola ym. 2005).

Koska rapsikuoriaiset, ja siten myös peltoon talvehtimaan jäävät rapsikuoriaispistiäiset, esiintyvät suuremmissa määrin peltojen reunoilla, jo muokkauksen vähentäminen vain lohkon reunoilla voi lisätä rapsikuoriaispistiäiskantoja. Muokkaustarvetta voidaan vähentää viljelemällä rypsiä seoskasvustona, kuten nurmen suojakasvina. Kylvämällä yhtä aikaa rypsin kanssa aluskasviksi nurmikasveja, rypsilohkoa ei tarvitse sadonkorjuun jälkeen muokata. Jotta rypsiä ei olisi haittaa rikkakasvina ja loispistiäiset muuttaisivat tehokkaasta uusille rypsilohkoille, tulisi itsekylväytyneet rypsit niittää seuraavana kesänä ennen niiden kukkimista. Loispistiäisten merkitystä rapsikuoriaisen torjunnassa parantaa myös uuden rypsilohkon sijoittaminen edellisvuoden rypsilohkon läheisyyteen. (Himanen ym. 2020, julkaisematon)



Kuva 5. Suomen öljykasvipelloilla tavataan kaksi loispistiäislajia, joista rapsikuoriaispistiäinen (*P. morionellus*) tulee rypsi- ja rapsipelloille aiemmin kesä-heinäkuun vaihteessa ja rapsikuoriaisvainokainen (*D. capito*) tulee pelloille myöhemmin heinäkuun loppupuolella. Kuvassa *P. morionellus* kelta-ansassa. Kuvaan on merkitty erot *D. capito* lajiin nähden. Kuva Leo Laaksonen ja Jarmo Ketola (ed.).

2. Öljykasvien tuhoeläinten hallinnan kenttäkokeet

2.1. Rapsikuoriaisten hallintakokeiden toteutus

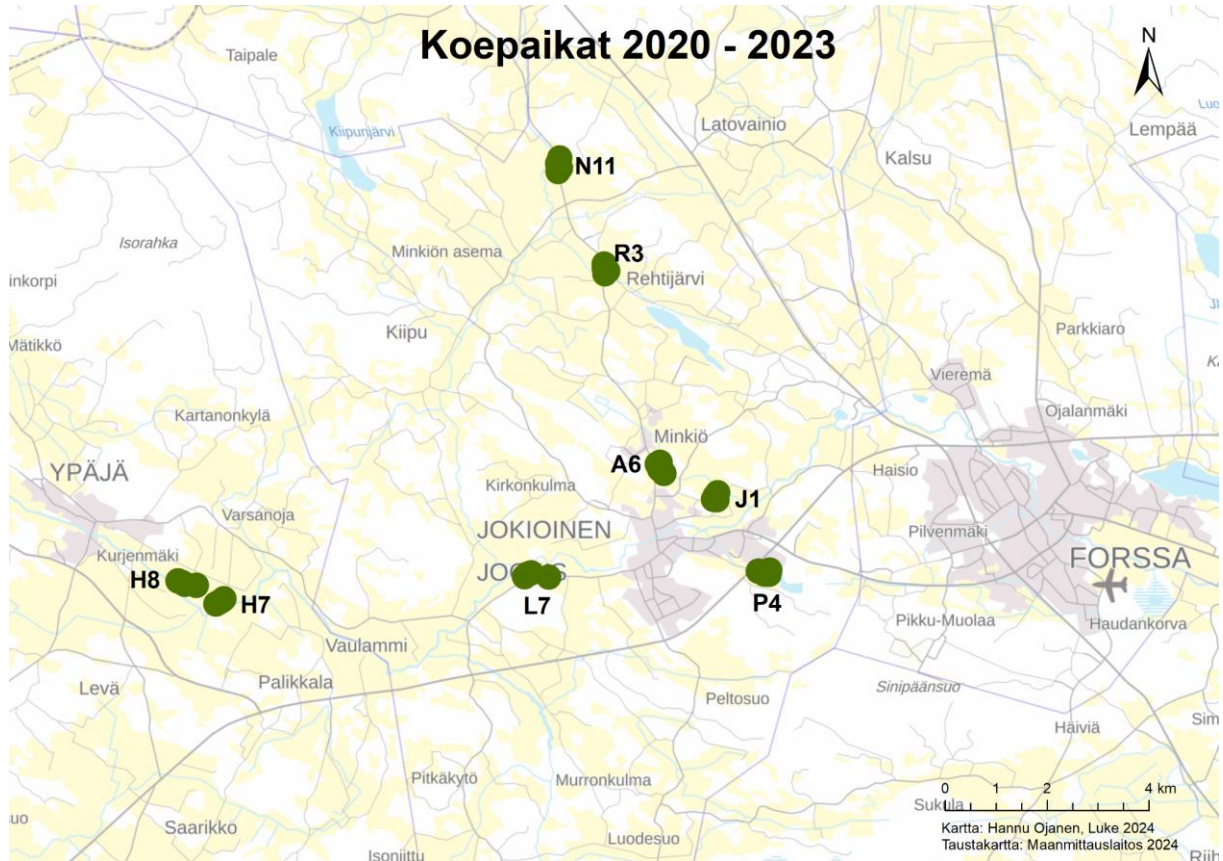
Yhteensä kahdeksalla peltolohkolla toteutettiin vuosina 2021–2023 vastinpareina rapsilohkot, joiden lähellä oli tehty JUOTVAI-koesuunnitelman mukaiset rapsikuoriaistorjunnat ja maanmuokkaukset rapsin puinnin jälkeen jo vuonna 2020. Kokeiden voidaan siis katsoa alkaneen jo tällöin, vaikka rapsikuoriaisiin ja loispistiäisiin liittyviä havaintoja ja -laskentoja ei vielä toteutettukaan hankkeen koeksuunnitelman mukaisesti.

Hankkeessa toteutetuilla koejärjestelyillä haluttiin testata käytännön peltoviljelyn mittakaavassa teoriaan pohjautuvia väittämiä, joiden mukaan syysmuokkaus yhdessä seuraavan kevään kylvömuokkauksen kanssa vaikuttaa maassa olevien loispistiäisten talvehtimiseen ja välillisesti sitä kautta uuden loispistiäissukupolven runsauteen seuraavana kesänä. Edelleen rapsikuoriaisten torjuntaruiskutuksilla katsotaan olevan suora loispistiäisiä vähentävä vaikutus jo öljykasvin viljelyvuonna, mikäli niitä on kasvustossa silloin kun rapsikuoriaisia torjutaan. Toinen lähtökohta laaja-alaisille kokeille oli etsiä ratkaisuja tuhohyönteisten öljykasvien viljelylle aiheuttamiin kasvinsuojeluongelmiin IPM-viljelyssä ja luomussa.

2.1.1. Koejärjestelyt 2021–2023

Suojaetäisyys kasvukauden rypsi- tai rapsilohkojen välillä oli 50–100 m. Yksittäiset kasvulohkot olivat pinta-aloiltaan 0,7–1 ha:n kokoisia ja ne sijaitsivat Jokioisilla ja Ypäjällä. Koelohkot oli sijoitettu toisistaan erilleen, jolloin estettiin loispistiäisten ja rapsikuoriaisten sekoittuminen lohkojen välillä (Kuva 6). Kunkin koelohkon sato puitiin ja lajiteltiin vuosittain viideltä edustavaksi valikoituneelta korjuualalta hyönteisten tarkkailupisteiden läheltä. Koelohkoille tehtiin kylvömuokkaus- ja syysmuokkaustoimenpiteet sekä insektisidikäsittelyt koejärjestelytaulukon mukaisesti (Taulukko 1). Koesuunnitelman mukaiset muokkaustoimenpiteet koelohkoille tehtiin rapsin puinnin jälkeen.

Rapsikuoriaiset torjuttiin vuosittain 4 koelohkolta Mavrik 2F (taufluvalinaatti) -valmisteella. Torjuntaruiskutus ajoitettiin rapsin nappuvaiheen loppupuolelle, juuri ennen rapsin kukinnan alkua. Tämä on valmisteen käyttöohjeen mukaan myöhäisin sallittu ruiskutusajankohta. Juuri ennen rapsin kukinnan alkua tehdyllä insektisidikäsittelyllä on todettu olevan haitallisempi vaikutus pellon hyötyhyönteisiin kuin aikaisemmassa nappuvaiheessa toteutetuilla insektisidikäsittelyillä (Hokkanen ym. 1988). Koelohkoilla käytetyllä Mavrik 2F -valmisteella katsotaan kuitenkin olevan pellon hyötyhyönteisiä paremmin säästävä vaikutus verrattuna useisiin muihin pyretroidivalmisteisiin, joilla on käytännössä kaikkiin pellon hyönteisiin erittäin vahingoittava vaikutus.



Kuva 6. Koepaikat (8 kpl) sijaitsivat eri peltolohkoilla Jokioisissa ja Ypäjällä 2020–2023. Kuten koekäsittelyä vastasi aina yksi peltolohko. Lohkot sijoitettiin toisistaan erilleen, jotta rapsikuoriaisten ja loispistiäisten siirtyminen peltojen ja koekäsittelyjen välillä olisi minimoitu. Loispistiäisten siirtyminen samalla tavoin koekäsittelyjen peltojen välillä kuitenkin mahdollistettiin kylvämällä uusi rapsi lähelle tai viereen aina edellisvuoden kevättrapsia.

Taulukko 1. Koejärjestelyt öljykasvilohkoittain. Uusi öljykasvilohko sijoitettiin mahdollisimman lähelle edellisvuoden öljykasvilohkoa. Öljykasvilohkojen viljelyalan tavoite oli noin 1 ha per vuosi. Käytännössä toteutuneet rapsin viljelyalat olivat kooltaan noin 0,7 ha luokkaa. Rapsikuoriaisten torjuntaruiskutukset tehtiin puolestaan taulukon mukaisesti satovuoden rapsille Mavrik 2F -valmisteella juuri ennen rapsin kukinnan alkamista. Seuraavan vuoden kevätiljoilla ei tehty tuhohyönteisten torjuntaruiskutuksia. Taulukossa kuvatut maanmuokkaukset tehtiin rapsin puinnin jälkeiselle sängelle, johon vastaavasti kylvettiin seuraavana keväänä kevätilja, joka oli useimmiten kauraa.

Koe- jäsen	Pelto- lohko	Vuosittaiset koekäsittelyt			Kevätrapsin satovuonna tehty rapsikuoriaisten torjunta insektisidillä
		Muok- kauskäsit- tely	Maanmuokkaus satovuonna rapsin puinnin jälkeen sängelle syksyllä: 2020, 2021 ja 2022	Edellisvuoden rapsin jälkeen seuraavan vuoden kevätiljaa varten tehty kylvö- muokkaus keväällä: 2021, 2022, 2023	
1	N10	A1	Kyntö	Kylvömuokkaus	Kyllä, Mavrik 2F
2	R3	A1	Kyntö	Kylvömuokkaus	Ei torjuntaa
3	A6	A2	Kultivointi	Kylvömuokkaus	Kyllä, Mavrik 2F
4	P4	A2	Kultivointi	Kylvömuokkaus	Ei torjuntaa
5	J1	A3	Ei syysmuokkausta	Kylvömuokkaus	Kyllä, Mavrik 2F
6	L1	A3	Ei syysmuokkausta	Kylvömuokkaus	Ei torjuntaa
7	H9	A4	Ei syysmuokkausta	Suorakylvö	Ei torjuntaa
8	H5	A4	Ei syysmuokkausta	Suorakylvö	Kyllä, Mavrik 2F

2.1.2. Rapsikuoriaisen loisinta-asteen määrittäminen 2021

Vuonna 2021 kesä-heinäkuussa koelohkoilta kartoitettiin loisipistiäisten loisimien rapsikuoriaisten määrä. Rapsikuoriaiset kerättiin kasvustolaskentojen yhteydessä. Kuoriaiset kerättiin ravistelemalla kasveja (5 kohtaa per lohko x 5 näytepistettä x 10 kasvia). Näytteet säilytettiin kylmiössä noin 1 viikon ajan keräyksestä. Edellisvuoden rypsi ja -rapsilohkolla seurattiin loisipistiäisten kuoriutumista kelta-ansojen avulla. Seuranta aloitettiin juuri ennen kukinnan alkua, jatkuen pääkukinnan päättymiseen saakka. Kelta-ansat tarkistettiin yhteensä 3–4 kertaa kukinnan alun ja pääkukinnan välillä kerran viikossa, kun oli aurinkoinen ja kuiva sää. Jokaiselta koekentältä kerättiin myös 10 kukkivaa rapsikasvia, jotka varastoitettiin muovipusseissa -7 °C:ssa. Näistä kerättiin 50 kpl rapsikuoriaistoukkia, jotka varastoitettiin alkoholiin. Kunkin kentän loisintaprosentti selvitettiin tarkastamalla stereomikroskoopilla loisipistiäisten muninta-aste rapsikuoriaisten toukilla.

2.1.3. Hyönteishavainnot 2021–2023

Hyönteishavainnot tehtiin kesä-heinäkuussa alkaen kevätrapsin ruusukevaiheesta ja jatkuen kukinnan loppuun. Rapsikuoriaiset laskettiin kaksi kertaa viikossa keväällä koelohkoille perustetuilta tarkkailupisteiltä (5 kpl per koelohko), 10 kasvilta per tarkkailupiste. Loispistiäishavainnot tehtiin kullakin koelohkolla kolmelta tarkkailupisteeltä käyttämällä 10 cm x 25 cm keltaisia liima-ansoja (Biotus Oy) (Kuva 7), jotka vaihdettiin kaksi kertaa viikossa. Loispistiäislajit *P. morionellus* ja *D. capito* tunnistettiin ja laskettiin laboratoriossa.



Kuva 7. Aikuisten loispistiäisten pellolle tuloa ja niiden lukumääriä seurattiin kolmen kelta-ansan avulla kullakin lohkolla. Ansat vaihdettiin kaksi kertaa viikossa. Kahden loispistiäislajin lukumäärät laskettiin ansoista mikroskooppia apuna käyttäen. Kuva Jarmo Ketola.

2.1.4. Kenttäkoeaineistojen tilastokäsittelyt

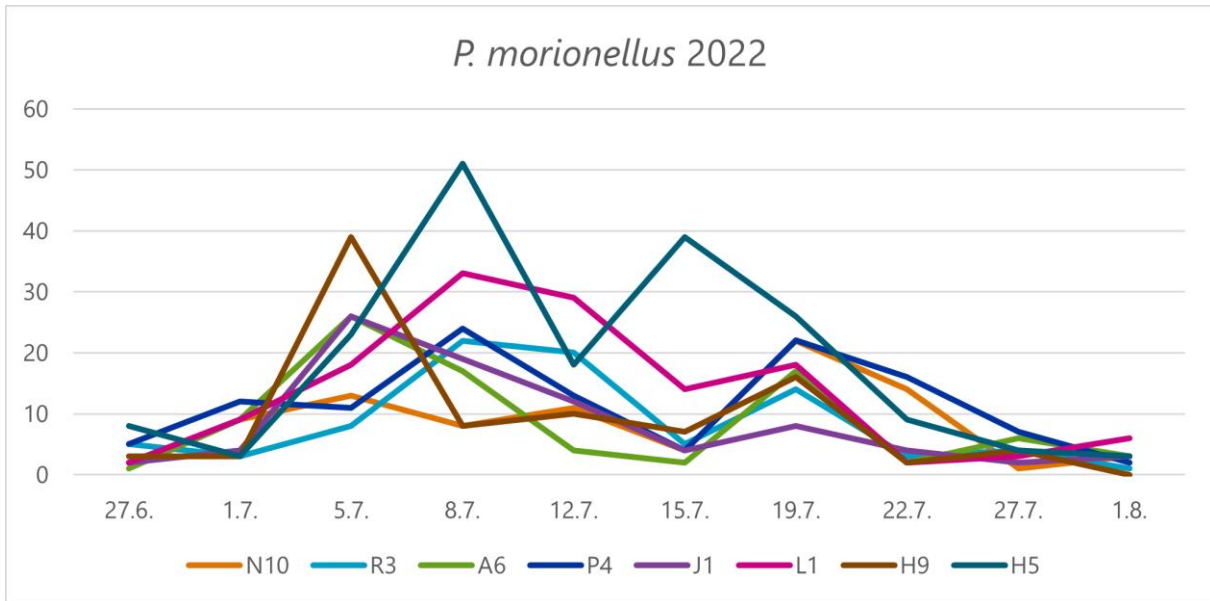
Rapsikuoriaiskokeiden aineisto analysoitiin lineaarisilla malleilla, joissa selittäjinä olivat torjunta, muokkaus ja vuosi sekä niiden yhdysvaikutukset. Lisäksi tutkittaessa loispistiäisten määrän yhteyttä satoon tai rapsikuoriaisten määrään, malleihin otettiin mukaan kovariaatiksi loispistiäisten määrä ja sen tarvittavat yhdysvaikutukset muiden muuttujien kanssa. Malleissa hyödynnettiin oletusten niin vaatiessa neliöjuurimuunnosta, jolloin esitettävät keskiarvoestimaatit ja luottamusvälit on takaisinmuunnettu alkuperäiselle asteikolle. Kaikki mallit sovitettiin SAS 9.4:n MIXED-proseduurilla ja keskiarvoestimaateista piirrettiin kuvat SGPanel-proseduurilla.

2.2. Rapsikuoriaisten hallintakokeiden tulokset ja tulosten tulkinta

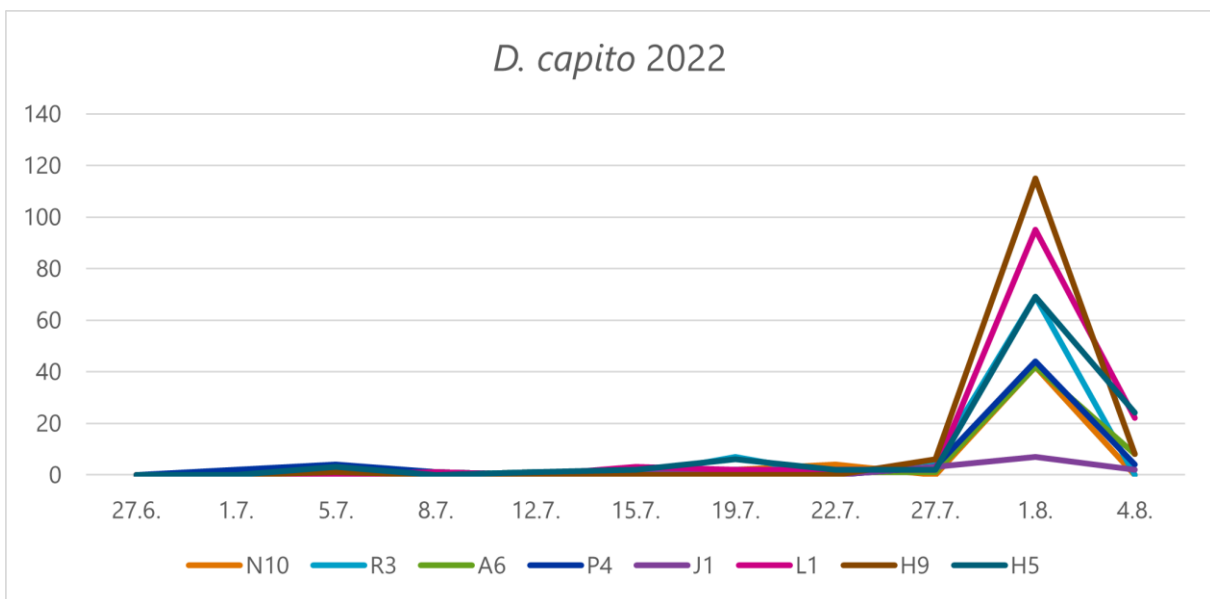
2.2.1. Rapsikuoriaisten ja loispistiäisten määrät 2021, 2022 ja 2023

Loispistiäislajeista eniten oli rapsikuoriaispistiäistä *P. morionellus*, jota oli yleensä eniten niillä koelohkoilla, joilla oli myös korkein rapsikuoriaisten määrä kunkin havaintojakson alussa. Rapsikuoriaisvainokainen *D. capito* tuli pelloille vasta myöhemmin kesällä. Sitä esiintyi runsaimmin niillä koekentillä vuonna 2021, jotka kylvettiin selvästi muita myöhemmin ja jotka myös kukkivat myöhemmin kesällä. Loispistiäislajien rapsipellolle tulo ajoittui *P. morionellus*-lajilla kesä-heinäkuun vaihteeseen (Kuva 8) ja *D. capitolla* heinäkuun loppupuolelle (Kuva 9).

Rapsikuoriaisia esiintyi koevuosien aikana runsaasti ja rapsikuoriaisten torjuntakynnys ylittyi kaikkina koevuosina kaikilla koelohkoilla. Vähiten rapsikuoriaisia oli vuonna 2022. Ajallisesti rapsikuoriaisten pellolle tulo ja esiintymishuiput ajoittuivat koevuosien aikana hieman eri tavoin eri peltolohkoilla, riippuen kasvustojen kehitysvaiheista ja kukinnan määrästä. Määrällisesti eniten rapsikuoriaisia oli ruiskuttamattomilla koelohkoilla, jolloin esimerkiksi vuonna 2022 rapsikuoriaisten määrässä oli selkeä nousupiikki vielä elokuun alussa. Tällöin kyseessä on ollut rapsikuoriaisten 2. sukupolven eli niin kutsutun syysukupolven migraatiohuippu.



Kuva 8. Seurattavien loispistiäislajien pellolle tulo ajoittui melko samalla tavalla kaikkina koevuosina. Kuvassa *P. morionellus* -lajin lukumäärät kelta-ansoissa koelohkoilla vuonna 2022. *P. morionellus* saapuu öljykasvipellolle kesä-heinäkuun vaihteessa samaan aikaan, jolloin rapsikuoriaiskannat runsastuvat. Y-akselilla hyönteisten lukumäärä kelta-ansassa ja x-akselilla kelta-ansan vaihtopäivä. Kelta-ansat (3 kpl per koelohko) vaihdettiin uusiin kaksi kertaa viikossa.

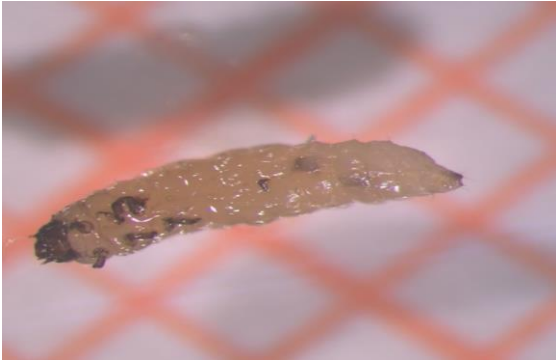


Kuva 9. *D. capito* kelta-ansoissa koepelloilla vuonna 2022. *D. capito* saapuu öljykasvipellolle selvästi *P. morionellus* -lajia myöhemmin, usein vasta heinäkuun loppupuolella. kuvassa Y-akselilla hyönteisten lukumäärä (kpl) kelta-ansassa ja x-akselilla kelta-ansan vaihtopäivä. Kelta-ansat (3 kpl per koelohko) vaihdettiin uusiin kaksi kertaa viikossa.

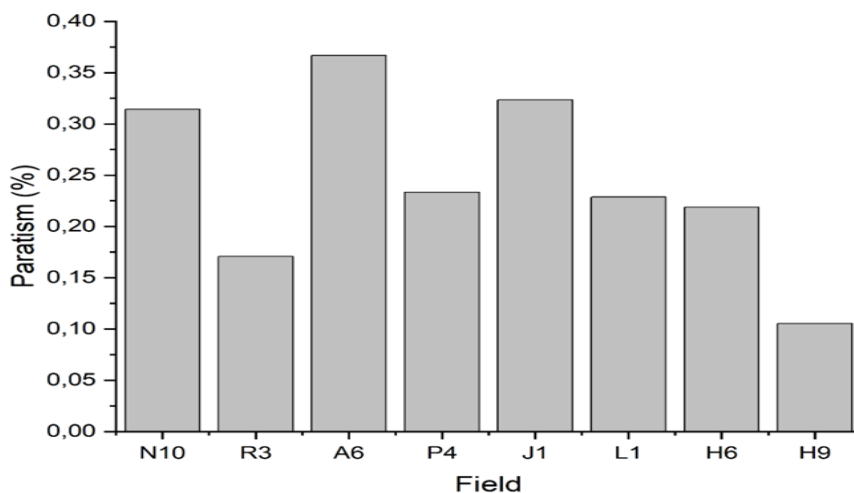
2.2.2. Loispistiäisten loisinta-aste rapsikuoriaisten toukilla 2021

Loisinta-aste kuvaa pistiäistoukkien loisimien rapsikuoriaistoukkien (Kuva 10) määrää. Loisinta-aste selvitettiin ainoastaan vuonna 2021, joka oli varsinaisen koesarjan ensimmäinen vuosi.

Loisinta-aste vaihteli eri peltolohkoilla 11–37 %:n välillä (Kuva 11). Kolmella eri lohkolta loisinta-aste ylitti 30 %, jota pidetään raja-arvona sille, että loispistiäislajit alkavat vähentää rapsikuoriaisten määrää (Hokkanen 2006). Yllättäen kaikki ne peltolohkot, joilla loisinta-aste oli korkea, oli käsitelty insektisidillä. Joidenkin insektisidien onkin osoitettu aiheuttavan hyperaktiivisuutta loispistiäisissä (Liégeois et al. 2022). Kahdella niistä peltolohkoista, joilla loisinta-aste oli korkea, myös rapsikuoriaispopulaatio oli pieni. Todennäköisin syy suurelle loisinta-asteelle lieneekin loispistiäisten suuri määrä rapsikuoriaisten määrään verrattuna. Loisinta-astetta ei selvitetty hankkeen jälkimmäisinä vuosina, joten vuoden 2021 loisinnan perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä muiden hankevuosien loisintatilanteesta.



Kuva 10. Loisittu rapsikuoriaisen toukka mikroskooppikuvassa. Kuva Leo Laaksonen.

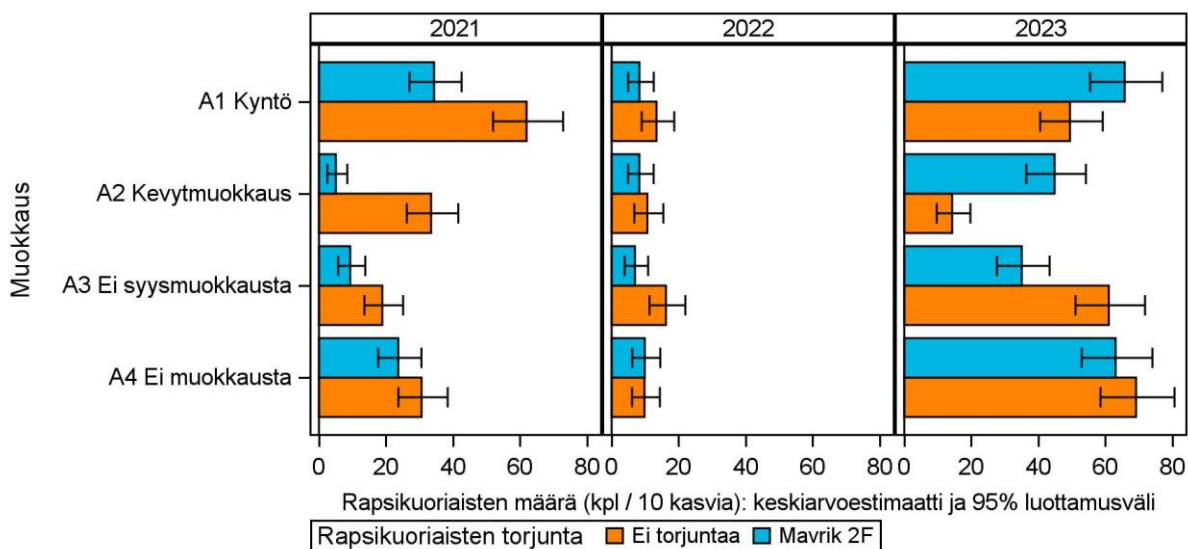


Kuva 11. Rapsikuoriaistoukkien loisinta-aste koelohkoilta kerätyissä näytteissä hankkeen alussa vuonna 2021. Kuvassa x-akselilla (Field) koelohkot ja y-akselilla (Paratism-%) loispistiäisten rapsikuoriaistoukkille aiheuttama loisinta-aste (%) 50 rapsikuoriaistoukkaa kohti. Koelohkoilla tehdyt muokkaus- ja rapsikuoriaistorjunnan toimenpiteet kuvattu Taulukossa 1. Kuva: Leo Laaksonen.

2.2.3. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaisten määriin 2021–2023

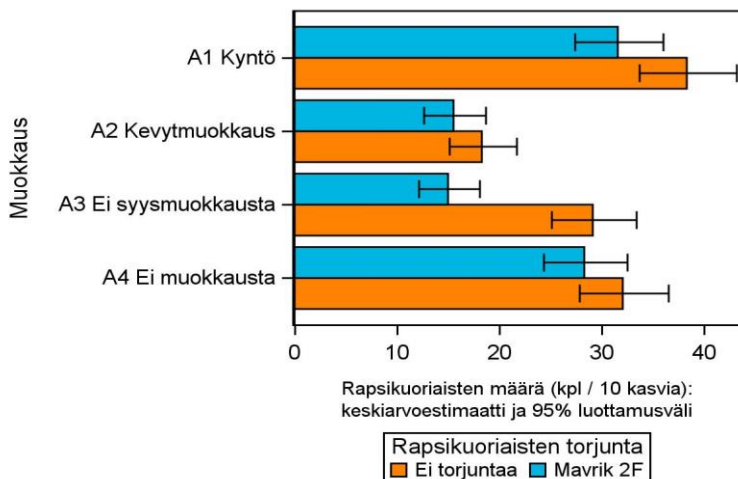
Vuonna 2021 Mavrik 2F -torjuntaruiskutus vähensi rapsikuoriaisten lukumääriä kaikilla ruiskutetuilla koelohkoilla (Kuva 12). Muokkauskäsittelyillä A1 (kyntö), A2 (kevytmuokkaus) ja A3 (ei syysmuokkausta) ruiskutettujen ja ruiskuttamattomien lohkojen ero oli myös tilastollisesti merkitsevä. Vuonna 2022, jolloin rapsikuoriaisia oli yleisesti vähemmän kuin muina koevuosina, ruiskutettujen ja ruiskuttamattomien lohkojen ero oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan muokkauskäsittelyllä A3 (ei syysmuokkausta). Vuonna 2023 torjuntaruiskutus vähensi rapsikuoriaisten määrää ainoastaan kahdella koelohkolla ruiskuttamattomiin koelohkoihin verrattuna. Vuonna 2023 ero rapsikuoriaisten määrässä oli tilastollisesti merkitsevä kaikilla muilla muokkauskäsittelyillä paitsi käsittelyllä A4 (ei muokkausta).

Huomionarvoista on, että muokkaamattomalla koelohkolla (A4) rapsikuoriaisten määrässä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa torjuntaruiskutetun ja ruiskuttamattoman lohkon välillä yhtenäkkään koevuonna.



Kuva 12. Rapsikuoriaisten lukumäärä (kpl/10 kasvia) vuosittain 2021–2023. Rapsikuoriaisten lukumäärät vaihtelivat huomattavasti eri koelohkojen ja merkittävästi myös eri vuosien välillä. Muokkausmenetelmät A1–A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.

Kun rapsikuoriaisten lukumääriä tarkastellaan yli vuosien, oli niiden lukumäärä kaikilla torjutuilla koelohkoilla torjumattomia pienempi, muokkaustavasta riippumatta (Kuva 13). Kynnetyillä koelohkoilla, sekä ruiskutetuilla että ruiskuttamattomilla, rapsikuoriaisia oli enemmän kuin muiden muokkausmenetelmien jälkeen. Tämä saattaa välillisesti johtua juuri kynnon loispistiäisiä vahingoittavasta vaikutuksesta. Rapsikuoriaiset eivät talvehi vanhassa rypsi- tai rapsipellossa, mutta niiden 2. aikuissukupolven runsauteen vaikuttava loisinta heijastuu talvehtimispaikoilleen pellonpientareille ja metsänreunan karikkeille elokuussa siirtyvien rapsikuoriaisten lukumääriin. Tulosten perusteella voidaan todeta, että rapsin puinnin jälkeinen kevyempi maanmuokkaus vähensi koelohkojen rapsikuoriaisia ruiskutetuilla ja ruiskuttamattomilla koelohkoilla verrattuna kynnettyihin koelohkoihin (Kuva 13).



Kuva 13. Rapsikuoriaisten keskimääräinen lukumäärä (kpl/10 kasvia) vuosien 2021–2023 yli. Tilastollisesti merkitsevästi enemmän rapsikuoriaisia oli torjumattomilla A1- ja A3-koelohkoilla verrattuna vastaaviin torjuttuihin koelohkoihin. Sen sijaan A2- ja A4-koelohkoilla rapsikuoriaisten lukumäärät eivät tilastollisesti eronneet torjumattomien ja torjuttujen välillä. Muokkausmenetelmät A1–A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.

2.2.4. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaispistiäisen *P. morionellus* määriin

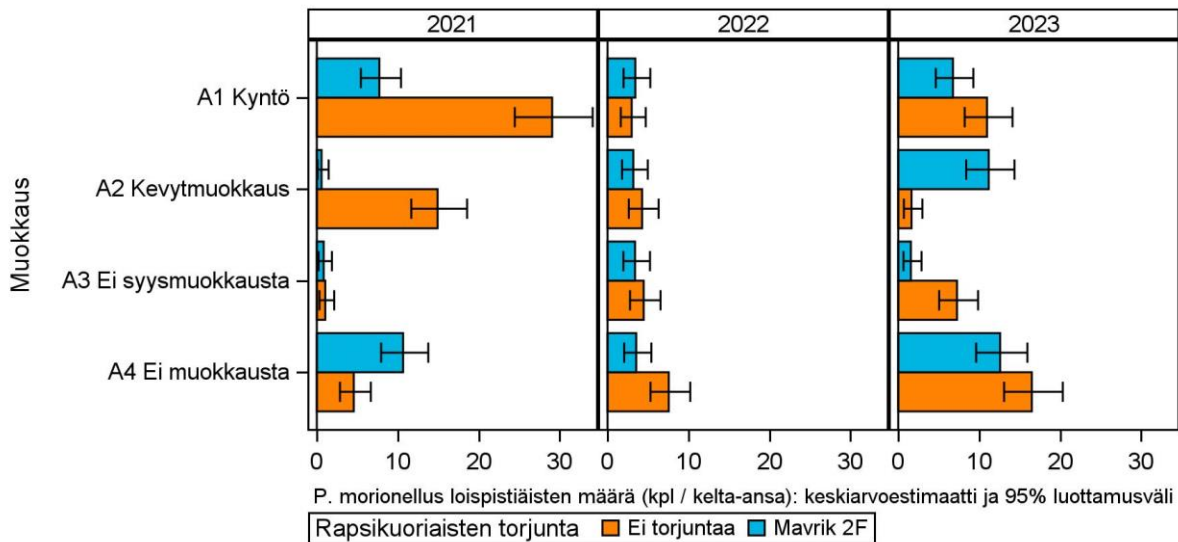
Rapsikuoriaispistiäisen *P. morionellus* katsotaan talvehtivan vanhoilla rypsi- ja rapsipelloilla, jolloin sadonkorjuun jälkeen tapahtuva maanmuokkaus ja seuraavan kevään kylvömuokkaus vaikuttavat niiden talvehtimiseen ja kuoriutumiseen, ja sitä kautta niiden menestymiseen seuraavana keväänä lähistön uusilla rypsi- ja rapsiviljelyksillä. Rypsin- ja rapsin satovuonna tehty kemiallinen rapsikuoriaistorjunta vaikuttaa suoraan vähentävästi kasvustossa samaan aikaan lentelevien ja munivien loispistiäisaikuisten määriin, vähentäen samalla loisintaa rapsikuoriaisten toukissa.

P. morionelluksen määrä oli vuonna 2021 ruiskutetuilla koelohkoilla ruiskuttamattomia koelohkoja pienempi kaikilla muilla muokkaustavoilla paitsi koelohkolla A4 (ei muokkausta), jossa *P. morionellus* oli ruiskutetulla koelohkolla runsaslukuisempi kuin vastaavalla ruiskuttamattomalla koelohkolla (Kuva 14). Tilastollisesti merkitsevä tämä ero oli muokkauskäsittelyillä A1 (kyntö) ja A2 (kevytmuokkaus). Vuonna 2022 *P. morionellusta* oli kaikilla koelohkoilla keskimäärin edellisvuotta vähemmän. Torjutuilla koelohkoilla oli *P. morionellusta* erittäin vähän, eikä pistiäisten lukumäärä eronnut eri muokkausten välillä. Torjumattomilla koelohkoilla oli *P. morionellusta* torjuttuja koelohkoja hieman enemmän, ja määrä kasvoi vielä hieman muokkauksen vähentyessä. Eniten *P. morionellusta* olikin vuonna 2022 muokkaamattomalla koelohkolla (A4), ja tällä muokkauskäsittelyllä myös torjumattoman ja torjutun koelohkon välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Kuva 14).

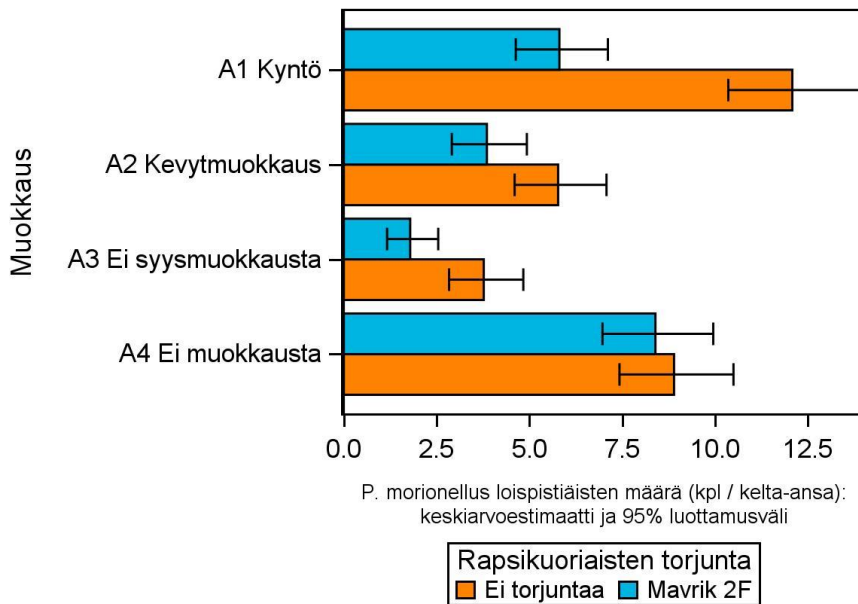
Vuonna 2023 oli muilla koelohkoilla selvästi enemmän *P. morionellusta* verrattuna torjumattoman A2 (kevytmuokkaus) sekä torjutun A3 (ei syysmuokkausta) koelohkon kuoriaismääriin, joilla oli yleisesti selvästi vähemmän loispistiäisiä kuin vuonna 2022. Vuonna 2023 loispistiäisten määrä oli suurin A4 (ei muokkausta) torjumattomalla koelohkolla. Loispistiäisten lukumäärä nousi myös koelohkolla A3 (ei syysmuokkausta) (Kuva 14). Vuonna 2023 koelohkojen

A1-A3 *P. morionelluksen* määrät olivat tilastollisesti merkitseviä torjuttujen ja torjumattomien koelohkojen välillä.

Koska rapsikuoriaiset ja niiden toukat houkuttelevat loispistiäisiä oli *P. morionelluksia* runsaasti koelohkoilla, joilla oli paljon rapsikuoriaisia. Kun *P. morionelluksen* lukumääriä tarkastellaan yli vuosien, nähdään että torjunta kaikilla muokkaustavoilla näyttäisi vähentävän loispistiäisten lukumäärää (Kuva 15). Tilastollisesti merkitsevästi enemmän loispistiäisiä oli torjumattomilla A1-A3 koelohkoilla torjuttuihin verrattuna. Odotusten vastaisesti *P. morionelluksen* lukumäärä oli suurin torjumattomalla koelohkolla muokkauskäsittelyn A1 (kyntö) jälkeen (Kuva 15). Torjutuista koelohkoista *P. morionellusta* tavattiin yli vuosien tarkastelussa eniten, kun lohkolle ei tehty muokkaustoimenpiteitä (A4). Yhteenvetona voidaan todeta, että muokkauksilla A1-A3 ei näytä olevan loispistiäisten lukumääriin yhtä suurta vaikutusta kuin mitä sato vuoden kemiallisella torjunnalla on.



Kuva 14. Loispistiäislajin *P. morionellus* lukumäärä vuosittain yli laskentakertojen kelta-ansaa kohti. *P. morionelluksen* lukumäärät vaihtelivat huomattavasti koevuosien ja peltojen välillä. Muokkausmenetelmät A1-A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.



Kuva 15. Loispistiäislajin *P. morionellus* lukumäärä (kpl/kelta-ansa) keskiarvona yli vuosien 2021–2023. Muokkausmenetelmät A1-A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.

2.2.5. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsikuoriaisvainokaisen *D. capito* määriin

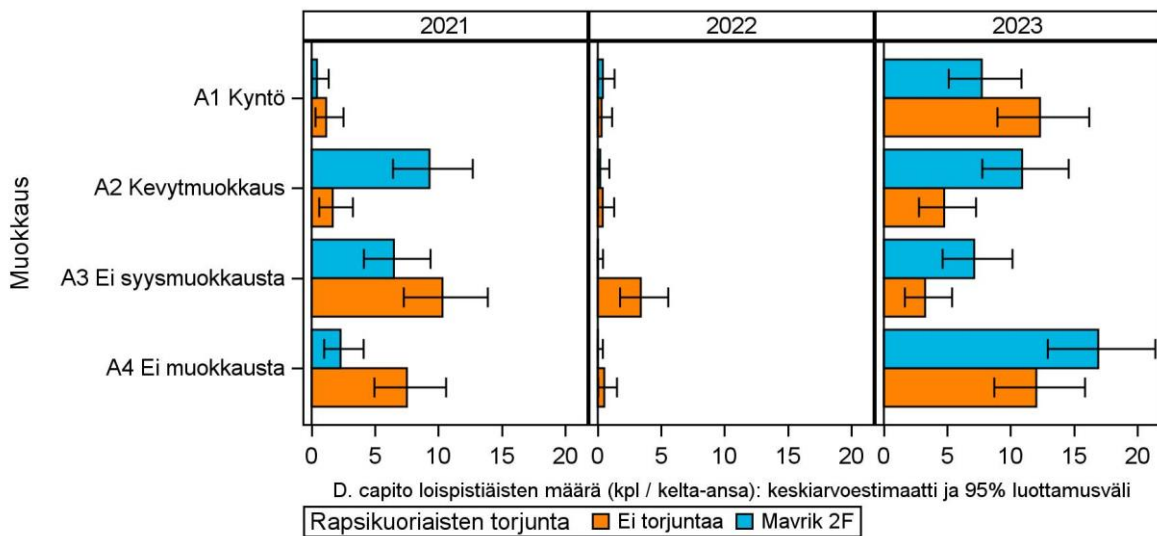
Rapsikuoriaisvainokaisen *D. capito* katsotaan tulevan enimmäkseen rypsi- ja rapsipeltojen ulkopuolelta. Se tulee uusille öljykasvipelloille heinäkuun loppupuolella, eli selvästi myöhemmin kuin *P. morionellus*, joka ilmaantuu pelloille yleensä silloin kun rapsikuoriaisetkin ja kun lämpösusma on kohonnut riittävästi. Tällöin loispistiäisiä näkyy lentelemässä rapsikuoriaisten ympärillä heinäkuun alkupuolella.

Vuonna 2021 *D. capito* oli vähiten molemmilla kynnetyillä, sekä torjutulla että torjumattomalla, koelohkolla (Kuva 16). Pistiäisten määrä oli puolestaan suurin torjumattomalla A3 (ei syysmuokkausta) koelohkolla. Tilastollisesti merkitsevä torjutun ja torjumattoman koelohkon välinen ero *D. capiton* lukumäärissä oli kuitenkin vain muokkauksikäsitellyllä A2 (kevytmuokkaus) ja A4 (ei muokkausta), mutta kevytmuokatuista (A2) lohkoista torjutulla pistiäisiä oli enemmän verrattuna torjumattomaan vastinpariin.

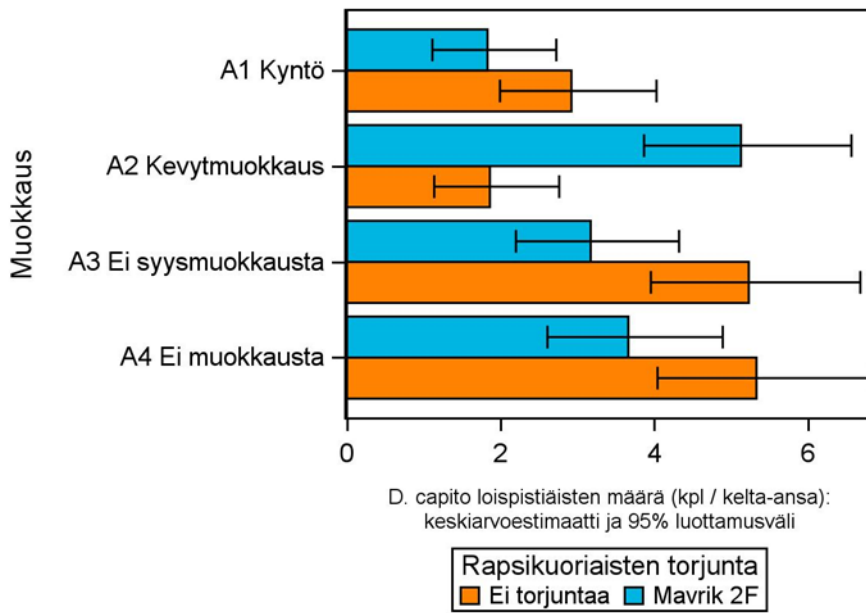
Vuonna 2022 myös *D. capitoja*, kuten rapsikuoriaisia ja *P. morionellus*-pistiäislajia, oli kaikilla koepelloilla erittäin vähän. Torjumaton koelohko A3 (ei syysmuokkausta) oli ainoa pelto, jossa lajia havaittiin muita enemmän kesän mittauksissa, ja tämä ero oli myös tilastollisesti merkitsevä.

Vuonna 2023 *D. capito* oli selvästi runsaslukuisempi kaikilla muokkaustavoilla sekä torjutulla että torjumattomalla koelohkolla verrattuna edellisvuosien loispistiäisten lukumääriin. *D. capitoja* oli kuitenkin keskimäärin enemmän torjutuilla koelohkoilla kuin torjumattomilla. Tähän vaikuttanee se, että kemiallisesta torjuntaruiskutuksesta oli selvästi pidempi aika verrattuna aikaisempaan *P. morionelluksen* pellolle tulon. Torjunnan vaikutuksen *D. capiton* lukumääriin voidaan katsoa olleen siis melko vähäinen (Kuva 16).

Kun *D. capiton* lukumääriä verrataan yli vuosien, 2021–2023 välillä torjumattomilla lohkoilla muokkauskäsittelyä A1 (kyntö) vähemmän loispistiäisiä oli vain koelohkolla A2 (kevytmuokkaus). *D. capiton* lukumäärä selvästi seuraa rapsikuoriaisten lukumääriä. Öljykasvin puinnin jälkeen tehtävät ja kylvöä edeltävät muokkaustoimet vaikuttavat myös *D. capiton* määriin. *D. capito* näyttäisi näiden tulosten perusteella talvehtivan rypsi- ja rapsipelloilla *P. morionelluksen* tavoin, mahdollisesti aiempaa tiedettyä enemmän. Rapsikuoriaisten torjuntaruiskutus puolestaan ei vaikuta *D. capitoon* yhtä haitallisesti kuin *P. morionellukseen*. Tämä johtunee *D. capiton* selvästi myöhäisemmästä pellolle tulosta, jolloin rapsikuoriaisten torjuntaruiskutuksesta on kulunut jo tuntuvasti enemmän aikaa (Kuva 17).



Kuva 16. Loispistiäisen *D. capito* lukumäärät koelohkoilla (kpl/kelta-ansa) vuosittain yli laskentakertojen 2021–2023. *D. capito*ja oli koevuosien 2021–2023 aikana eniten vuonna 2023 ja vähiten vuonna 2022. *D. capiton* määrä noudatti rapsikuoriaisten ja *P. morionelluksen* esiintyvyyttä. Tilastollisesti merkitsevät erot torjutun ja torjumattoman lohkon välillä: 2021 A2 ja A4; 2022 A3; 2023: A1, A2 ja A3. Muokkausmenetelmät A1-A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F (sininen palkki) tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.



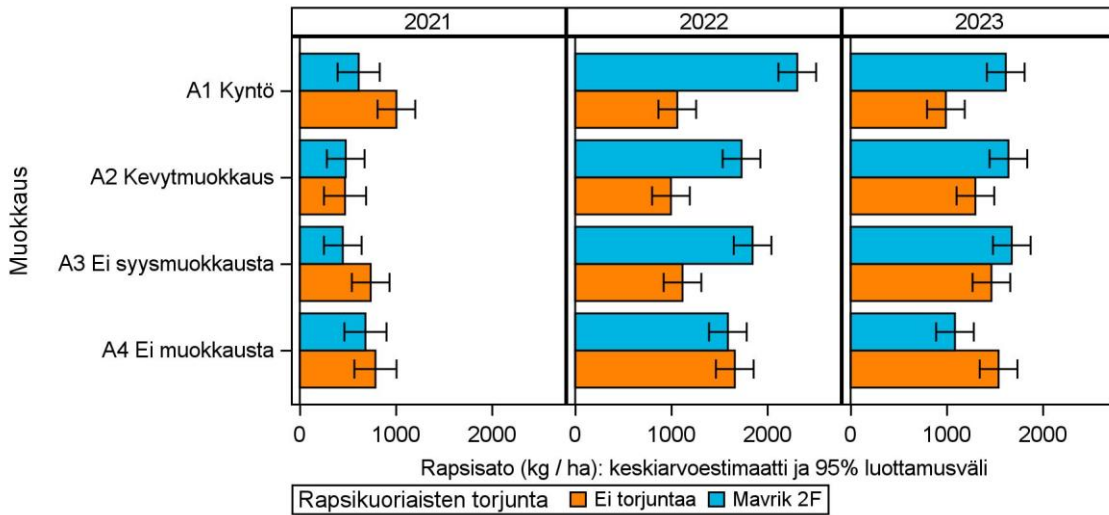
Kuva 17. Loispistiäisen *D. capito* lukumäärä (kpl/kelta-ansa) keskiarvona yli vuosien 2021–2023. Tilastollisesti merkitsevät erot torjutun ja torjumattoman koelohkon välillä muokkaus- käsittelyillä A2, A3 sekä A4. Muokkausmenetelmät A1–A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.

2.2.6. Muokkauksen ja kemiallisen torjunnan vaikutus rapsin satoon

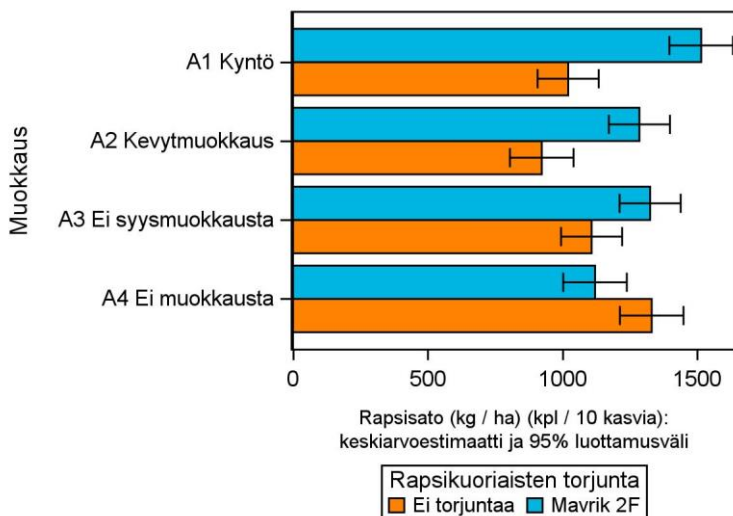
Vuonna 2021 rapsisato oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi torjumattomilla koelohkoilla A1 (kyntö) ja A3 (ei syysmuokkausta) kuin vastaavilla torjutuilla lohkoilla. Tulosten vertailta- vuutta heikentää se, että koelohkojen kylvöt myöhästyivät touko-kesäkuun vaihteeseen asti maiden liiallisen märkyuden takia ja kesän kuumuuden ja kuivuuden takia rapsisadot olivat kauttaaltaan heikkoja. Vuonna 2022 torjutuilla koelohkoilla A1 (kyntö), A2 (kevytmuokkaus) ja A3 (ei syysmuokkausta) sato oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin vastaavilla torjumattomilla koelohkoilla. Sen sijaan muokkaamattomilla koelohkoilla A4 rapsisato ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi torjutun ja torjumattoman välillä (Kuva 18).

Vuosi 2023 oli käytännössä neljäs vuosi siitä, kun koesuunnitelman mukaiset rapsin puintisän- gen syysmuokkaukset koelohkoilla ja seuraavana keväänä niillä tehtävät kylvömuokkaukset viljan kylvöä varten toteutettiin. Satoeroja mitattiin ja torjumattomilla koelohkoilla sato oli suurin koelohkolla A4 (ei muokkausta). Rapsisato torjumattomilla koelohkoilla oli suurempi myös muilla muokkausmenetelmillä verrattuna A1 (kyntö) koelohkon satoon. Muokkauksit- telyllä A4 (ei muokkausta) rapsisato oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi torjumattomalla koelohkolla (yli 1500 kg/ha) kuin torjutulla koelohkolla (yli 1000 kg/ha). Edelleen yhteenve- тона voidaan todeta, että torjumattomien koelohkojen sato oli sitä suurempi mitä vähemmän muokkauksia tehtiin edeltävälle rapsinsängelle puinnin jälkeen (Kuva 18).

Rapsisato yli vuosien 2021–2023 oli torjutuilla koelohkoilla keskimäärin suurempi kuin torju- mattomilla koelohkoilla. Muokkauksit- telyllä A1 (kyntö) torjunta koelohkolla yli vuosien an- toi suurimman sadon, mutta sen sijaan muokkauksit- telyllä A4 (ei muokkausta) torjumaton koelohko tuotti selvästi suuremman sadon kuin vastaava torjuttu koelohko (Kuva 19).



Kuva 18. Rapsisato kg/ha koelohkoilla vuosina 2021–2023. Tilastollisesti merkitsevät erot torjutun ja torjumattoman lohkon välillä: 2021 A1 ja A3; 2022 A1, A2 ja A3; 2023 A1, A2 ja A4. Muokkausmenetelmät A1-A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F (sininen palkki) tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.



Kuva 19. Rapsisato koelohkoilla kg /ha yli vuosien 2021–2023. Rapsisatojen erot yli vuosien olivat torjutun ja torjumattoman välillä tilastollisesti merkitseviä kaikilla koelohkoilla A1-A4. Torjumattomista koelohkoista ainoastaan muokkaamaton (A4) tuotti merkitsevästi suuremman sadon kuin vastaava torjuttu koelohko. Muokkausmenetelmät A1-A4 tarkoittavat edellisvuoden rapsin puinnin jälkeen sängelle tehtyä maanmuokkausta. Mavrik 2F (sininen palkki) tarkoittaa rapsille satovuonna tehtyä kemiallista rapsikuoriaistorjuntaa.

2.3. Kirpan torjuntakokeet 2023

Yhteensä kaksi koeruututason kenttäkoetta perustettiin Jokioisten kirppaherkille lohkoille. Kahteen koejäseneen kylvettiin syksyllä 2022 valkoapila aluskasviksi ja näihin ruutuihin oli 2023 keväällä tarkoitus kylvää rapsi varsinaiseksi satokasviksi. Tällä kokeella haluttiin selvittää, onko taimettuneella apilakasvustolla vaikutusta kirppojen määriin ja voituksiin rapsin taimissa. Koelohkoilla apila taimettuivat ja jäivät talvehtimaan kuitenkin huonosti syksyllä 2022

koska peurat olivat sotkeneet ja vioittaneet apiloita. Keväällä 2023 hieman paremman apilakasvuston omaavalla Ilmalan lohkolle koealueella kasvoi monivuotisia rikkoja kuten voi- ja saunakukkaa ja juolavehettä. Apilaruudut jätettiin Ilmalassa kasvamaan ja jonkin verran niihin kasvoi apilaa kevään ja kesän aikana. Ilmalan apilaruutuihin kylvettiin rapsi traktorivetoisella kylvökoneella, mutta siinäkin rapsi taimettui huonosti kuivuuden takia.

Uudet kirppakokeet kylvettiin kokonaan uusiin paikkoihin, mutta kasvukauden 2023 alku oli kesäkuun loppupuolelle saakka todella kuiva, jolloin kumpikin kirppakoe taimettui heikosti. Vasta kesäkuun lopun ja heinäkuun alun runsaat sateet auttoivat koeruutujen kylvöt itämisen alkuun. Kalakosken lohkolle kylvettiin heikosti itävää Solar CL-rapsia. Vaikka heikko itävyys oli tiedossa jo etukäteen, oli tulos pellolla kevään kuivissa olosuhteissa ennakoitua heikompi. Rinnalle kylvetty kaupallinen Buteo Start -valmisteella peitattu Solar CL-lajike oli ainoa koejäsen, joka iti ja taimettui kohtalaisesti, Kalakosken peltolohkolla. Kokeen kasvusto murskattiin eikä satoa puitu.

Ilmalan lohkolle kylvettiin Drago-lajikkeella rapsikoeruudut tuplaleveyksin. Käsittelyt tehtiin koejäsenkohtaisesti (Taulukko 2). Koekäsittelyt Houkutuskasvi 1 ja 2 kylvettiin paksoi-rapsi ja nauris-rapsi-siemenseoksilla. Tarkoituksena oli selvittää paksoin ja nauriin maittavuutta kirppoilte rapsin sijaan. Koekäsittelyssä 'Biotorjunta-aine 1' tutkittiin suopursusilpun vaikutusta kirppoihin, kun se levitettiin heti kylvön jälkeen rapsin kylvörivien päälle. Suopursu niitettiin Lammin suolta toukokuussa 2023 ennen suopursun kukinnan alkamista. Niitetyt suopursun varvut silputtiin oksasilppurilla muutamaa päivää ennen kylvöä ja sitä seuraavaa silpun pellolle levittämistä (Kuva 20 a-b).

Kuivuuden takia kaikki rapsikoeruudut itivät todella hitaasti eivätkä siten altistuneet kirppojen vioituksille. Ilmalan rapsikoeruudut puitiin kuitenkin syksyllä, mutta koekäsittelyiden vaikutuksia kirppojen torjumiseksi ei saatu kokeen myöhäisen taimettumisen takia, joka oli yli kaksi viikkoa kirppojen normaalin pellolla oloajan jälkeen.

Koekäsittelyiden rapsisadot eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi eri koejäsenten välillä (Taulukko 2). Tällöin voitaneenkin todeta, että ainakaan kokeen eri koekäsittelyillä ei ollut fytotoksisia tai muita haitallisia vaikutuksia rapsin satoon. Satojen tilastollinen käsittely tehtiin Agriculture Research Manager -ohjelmistolla (rev. 2023.6, GDM Solutions, Inc., USA). Sen tulokset perustuivat täydellisten lohkojen koeasetelmaan. Analysoitu muuttuja oli rapsisato kg/ha, 9 % vakiokosteuteen muunnettuna. Satoaineiston vertailussa käytettiin Student-Newman-Keulsin menetelmää ja merkitsevyytensä $p = 0,05$.



Kuva 20 a-b. Vasemmanpuoleisessa kuvassa suopursua oksasilppurilla silputtuna. Oikeanpuoleisessa kuvassa suopursusilppua levitettyä kylvöriveille heti rapsin kylvön jälkeen. Kuva Jarmo Ketola.

Taulukko 2. Kirpan torjuntakokeessa paras sato oli Käsittelemättömissä koejäsenissä. Tulosten perusteella voidaan vastaavasti todeta, että millään koekäsittelyllä ei ollut myöskään haitallista vaikutusta rapsin satoon. Koekäsittelyiden vaikutus kirppoihin jäi kokeessa silti todentamatta koska rapsi iti ja taimettui kovan kuivuuden takia vasta kesäkuun lopun ja heinäkuun alun runsaiden sateiden seurauksena, jolloin kirpat eivät olleet enää ole vaaraksi öljykasvien taimille. Koekäsittelyiden sato kg/ha ja tuhannen siemenen paino g mitattiin, mutta tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä P:n arvoilla 0.05.

Koekäsittelyt	Sato kg/ha	Tuhannen siemenen paino g
Käsittelemätön kontrolli 1	1363	3,24
Käsittelemätön kontrolli 2	1341	3,32
Houkutuskasvi 1: Siemenseos paksoi-rapsi	1308	3,15
Houkutuskasvi 2: Siemenseos nauris-rapsi	1164	3,21
Biotorjunta-aine 1: Kate suopursu	1290	3,25
Kemiallinen kontrolli 1: Buteo Start	1053	3,05
Kemiallinen kontrolli 2: Pyretroidiruiskutus tarvittaessa	1269	3,18

3. Menetelmien kannattavuusvertailut

3.1. Rapsikuoriaisten hallintamenetelmien kannattavuus

Erialaisten rapsikuoriaisten torjuntamenetelmien kannattavuutta tarkasteltiin vertaamalla eri menetelmien katetuotto A:ta toisiinsa. Katetuotto A laskettiin vähentämällä muuttuvat kustannukset kokonaistuloista (peltokasvin tulot ja tuki). Laskelmissa on käytetty Kasvitalouslaskelmien hinnoitteluohje vuodelle 2023-oppaan ohjeita.

3.2. Katetuottolaskelman rakenne:

Katetuottolaskelmia laadittaessa käytettiin seuraavaa laskentakaavaa:

Tuotot - muuttuvat kustannukset = katetuotto A

Syy sille, että vain muuttuvat kustannukset huomioitiin rapsikuoriaisten hallinnan menetelmien kannattavuuden vertailussa, on se, että konetyön osuus on laskettu käyttäen urakointihintoja. Koska työt tehdään ostopalveluina, konetyöstä ei aiheudu kiinteitä kustannuksia, vaan eri koejäsenet ovat keskenään vertailukelpoisia.

3.2.1. Tuotot

Kenttäkokeissa viljeltiin kevätropsia. Myytävä sato hinnoiteltiin käyttäen LUKEN tilaston keskiarvoa hinnasta aikaväliltä 1/2021–12/2023.

Tukitasot määritettiin uuden, vuodesta 2023 alkaen voimassa olleen tukijärjestelmän mukaisesti. Kaikki koepaikat sijaitsivat AB-tukialueella ja tuen määrä oli sama kaikissa koejäsenissä.

3.2.2. Muuttuvat kustannukset

Kylvösiemenen, lannoituksen ja kalkituksen kustannukset ovat samat jokaisessa koejäsenessä. Kylvösiemenen hinta on laskettu Buteo Startilla peitatulle Drago-rapsilajikkeelle. Lannoitteiden hinnat katsottiin Minun Maatilani Visu-ohjelmasta ja kasvinsuojeluaineiden kustannukset Peltokasvien kasvinsuojelu 2022- ja Peltokasvien kasvinsuojelu 2023 -oppaasta.

Mavrik 2F -ruiskutustoimenpiteen hinta sisältää ainekustannuksen ja itse ruiskutuksen hinnan. Hinta käsittelylle oli vuonna 2022 30,9 €/ha ja vuonna 2023 31,9 €/ha. Koska rapsin hinta oli keskimäärin 536 €/tonni, antaa tämä insektisidikäsitteilylle 58 kg/ha ja 60 kg/ha sadonlisävaatimukset. Tämä sadonlisän vaatimus täyttyi kaikissa muissa kemiallisen torjunnan sisältävissä koejäsenissä paitsi koejäsenessä 8, jossa käsittely ei tuottanut sadonlisää kumpanakaan kenttäkoevuonna

Kynnön, kultivoinnin, lautasäestyksen, äestyksen joustopiikkiäkeellä, kylvölannoituksen, suora-kylvön, kasvinsuojeluruiskutusten ja puinnin hinnat on laskettu Työteho-seuran julkaiseman Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat 2022-oppaassa esitettyjen keskihintojen perusteella. Oppaassa ei kerrottu tasausäestyksen hintaa, joten hinnan arvioitiin olevan 60 % äestyksen joustopiikkiäkeellä hinnasta.

3.3. Tulokset

Laskelmista voidaan todeta, että kannattavuus vaihteli suuresti eri koejäsenissä. Vuoden 2022 aikana katetuotto oli alhaisin koejäsenessä 4 (314 €/ha) ja korkein koejäsenessä 1 (913 €/ha). Vuoden 2023 aikana katetuotto oli alhaisin koejäsenessä 2 (291 €/ha) ja korkein koejäsenessä 5 (670 €/ha). Kannattavuuden suuri vaihtelu johtui suurelta osin siitä, miten menetelmät vaikuttivat satotasoon etenkin vuonna 2022. Alhaisimmat muuttuvat kustannukset olivat koejäsenessä 7, jossa muuttuvat kustannukset olivat keskimäärin 637 € ja korkeimmat muuttuvat kustannukset, 834 €, olivat koejäsenessä 1 (Taulukko 3).

Taulukko 3. Taulukon toimenpiteille tehtiin kannattavuuslaskenta käyttäen urakointityökustannuksia. Katetuottolaskelmissa käytettiin rapsin keskihintana 536 €/tn vuosilta 2021–2023, jolloin käytetty hinta antoi tasaisemman tuloksen kuin vuoden 2022 poikkeuksellisen korkea rapsin hinta 650 €/tn.

Koejäsen nro	Toimenpiteet peltolohkoilla	Katetuotto A €/ha		
		2. koevuosi 2022	3. koevuosi 2023	Keskiarvo 2. ja 3. koevuosi
1	Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö + Mavrik 2F (0,2 l/ha)	913	567	740
2	Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö	326	291	309
3	Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö + Mavrik 2F	646	601	624
4	Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö	314	464	389
5	Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö + Mavrik 2F	755	670	712
6	Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö	425	598	512
7	Ei muokkausta + suorakylvö	728	668	698
8	Ei muokkausta + suorakylvö + Mavrik 2F	661	410	535

4. Johtopäätökset

Tuhohyönteisten torjunnassa käytettävät kemikaalit kuormittavat ympäristöä ja vaikuttavat usein haitallisesti viljely-ympäristön hyödyllisiin eliölajeihin, kuten pölyttäjiin. Lisäksi tuohyönteiset muodostavat melko helposti kestäviä eli resistenttejä kantoja torjuntaan tarkoitettujen valmisteiden tehoaineita vastaan, jolloin valmisteiden biologinen tehokkuus ja käytökelpoisuus heikkenee. Edellä mainituista syistä johtuen muita kuin kemiallisia keinoja tulisi selvittää ja edistää jatkossa nykyistä enemmän.

Tilanteessa, jossa kemiallista torjuntaa käytetään ja tarjolla on vain suppea, muutaman tehoaineryhmän valikoima, kasvaa resistenttien kirppa- ja rapsikuoriaiskantojen muodostumisen riski. Resistenttien tuohyönteiskantojen torjuminen kemiallisesti ei ole ekologisesti eikä taloudellisesti kestävää toimintaa. Sillä heikennetään vain monien hyönteisten, kuten pölyttäjien, elinolosuhteita. Hankkeen tulosten perusteella koelohko ilman rapsinpuinnin jälkeistä muokkausta ja ilman satovuosina tehtyä kemiallista rapsikuoriaisten torjuntaa oli kolmantena koivuotena jo taloudellisesti yhtä kannattava kuin koelohko, jolla ei tehty syysmuokkausta, mutta jolta rapsikuoriaiset torjuttiin kemiallisesti satovuosien aikana.

Kun kemiallista rapsikuoriaisten torjuntaa ei käytetä, runsastuvat rapsikuoriaiskannat ensin alkuvuosina, jolloin loispistiäiskannat eivät vielä riitä vastaamaan runsaisiin rapsikuoriaismääriin niitä vähentäen. Öljykasvien viljelyyn voitaisiin kuitenkin sisällyttää ”uhrilohkoja”, joilla tuhon annetaan tapahtua vapaasti, mutta jotka ajan kuluessa voisivat tarjota ’loispistiäispankin’ rapsikuoriaisia vastaan. Luomussa tämä on käytännössä ainoa mahdollisuus pitkän viljelykierron ohella yrittää rajoittaa rapsikuoriaiskantoja.

Eräs keino olisi siirtää öljykasvien viljely vuoden kahden välein kokonaan uusille alueille, joilla ei ole viljelty pitkiin aikoihin (yli 5 vuotta) ristikukkaisia kasveja, jolloin luonnon rapsikuoriais- ja kirppakannat ovat tällöin jo vähentyneet ollen siten mahdollisimman alhaisia öljykasvien viljelyn paremman onnistumisen mahdollistamiseksi. Pitkän viljelykierron ansiosta vähenisi samoin ristikukkaiskasveilla kasvitautien kuten möhöjuuren leviämisen riski. On kuitenkin hyvä muistaa, että lentävät hyönteiset etsivät ravintoa pitkienkin matkojen päästä.

Öljykasvipeltojen satokauden jälkeisen maanmuokkauksen keventäminen yhdistettynä alueisiin, joilla tuohyönteisten kemiallisesta torjunnasta luovutaan, auttaa luomaan suotuisampia elinolosuhteita loispistiäisille. Tämä puolestaan edistää vahvempaa luonnollista rapsikuoriaisten hallintaa.

5. Kiitokset

Kiitokset seuraaville hanketyöryhmän jäsenille Lukessa: Matti Eskola, Jaana Grahn, Susanna Lehtonen, Aleksi Korhonen, Juha Paajanen, Hannu Ojanen, Elias Mantere, Kirsi Puisto, Liisa Vigelius, Kukka Kutilainen ja Anja Lammi. Erityiskiitokset MMYO Leo Laaksoselle, jonka työpanos hankkeen ensimmäisen vuoden tuloksiin on ollut varsin merkittävä. Kiitos myös Jasmin Isotuvalle NSL:ssä tuesta kannattavuuslaskelmien valmistelussa.

Kiitokset asiantuntemuksensa jaosta hankkeen eri vaiheissa MMT Sari Himaselle ja ryhmäpäällikkö MMT Marja Jallille. Kiitokset hankkeen ohjausryhmälle hyvistä ja hyödyllisistä kommentteista ja kehitysehdotuksista matkan varrella. Kiitokset hankkeen rahoittajille: MAKERA, Luonnonvarakeskus (Luke), Maatalouskoneiden tutkimussäätiö r.y sekä LUOTO2023 -hanke.

6. Viitteet

- Egigu, MC., Ibrahim, M.A., Yahya, A. & Holopainen, J.K. 2011. *Cordeauxia edulis* and *Rhododendron tomentosum* extracts disturb orientation and feeding behavior of *Hylobius abietis* and *Phyllodecta laticollis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 138: 162–174.
- Ekbom, B. (Swedish Univ. of A. S.) & Borg, A. 1996. Pollen beetle (*Meligethes aeneus*) oviposition and feeding preference on different host plant species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 78(3): 291–299. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00793.x>
- Ferguson, A.W., Nevard, L.M., Clark, S.J. & Cook, S.M. 2015. Temperature-activity relationships in *Meligethes aeneus*: implications for pest management. *Pest Management Science* 71(3): 459–466. <https://doi.org/10.1002/ps.3860>
- Free, J.B. & Williams, I.H. 1978. responses of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, and the seed weevil, *Ceuthorrhynchus assimilis*, to oil-seed rape, *Brassica napus*, and other plants. *The Journal of Applied Ecology* 15(3): 761–774. <https://doi.org/10.2307/2402773>
- Himanen, S.J, Bui, T.N.T., Maja, M.M. & Holopainen, J.K. 2015. Utilizing associational resistance for biocontrol: impacted by temperature, supported by indirect defence. *BMC Ecology* 15:16. <https://bmcecol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12898-015-0048-6>
- Himanen, S.J. 2017. Karkottavuuden mekanismien testausta: Suopursu ja parsakaali kentällä. In: Karkotteiden ja kasvinsuojelun raaka-aineita kosteikolta. Suokas-työpaja 19.1.2017. <https://www.slideshare.net/LukeFinland/sari-himanen-suokastypaja-1912017>
- Hokkanen, H., Husberg, G.B. & Söderblom, M. 1988. Natural enemy conservation for the integrated control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* F. *Annales Agriculturae Fenniae* 27: 281-194.
- Hokkanen, H.M.T. 2000. The making of a pest: recruitment of *Meligethes aeneus* onto oilseed Brassicas. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95: 141–149.
- Hokkanen, H.M.T. 2006. *Phradis morionellus* on *Meligethes aeneus*: Long-term patterns of parasitism and impact on pollen beetle populations in Finland. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC/wprs Bulletin* 29: 187-191
- Hokkanen, H.M.T: 2008. Biological control methods of pest insects in oilseed rape. *EPPO Bulletin* 38: 104-109.
- Hokkanen, H.M.T. & Menzler-Hokkanen, I. 2024. Effective Biological Control of the Pollen Beetle in Oilseed Rape in Finland: How Insecticide Use in Cereals Disrupts the System. In: *The Concept of Ecostacking – Techniques and Applications*. Wang, J. ym. (edit.) Pages: 191–204. ISBN : 978-1-78924-869-2
- Huusela-Veistola, E. 1996. Effects of pesticide use and cultivation techniques on ground beetles (Col., Carabidae) in cereal fields. *Annales Zoologici Fennici* 33(1): 197–205. <http://www.jstor.org/stable/23735419>

- Huusela-Veistola, E. & Ketola J. 2005. In: Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseuran julkaisu n:o 103: 91
- Ilmatieteen laitos 2021a. Havaintojen lataus. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus> Ilmatieteen laitos. Viitattu 3.12.2021.
- Ilmatieteen laitos 2021b. Kasvukausi 2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvukausi-2021> Ilmatieteen laitos. Viitattu 3.12.2021.
- Jalli, H., Ketola, J., Rahkonen, A. & Ohralahti, K. 2019. Resistenssi: Kasvintuhoojien torjunta-ainekestävyys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-725-1>
- Kaila, L., Antinola, A., Toivonen, M., Jalli, M., & Loukola, O.J. 2023. Oral exposure to thiacloprid-based pesticide (Calypso SC480) causes physical poisoning symptoms and impairs the cognitive abilities of bumble bees. BMC Ecology and Evolution 23(1): 9–9. <https://doi.org/10.1186/s12862-023-02111-3>
- Ketola, J. 2019. Kemikaalittomia vaihtoehtoja kevätrypsin ja -rapsin taimivaiheen tuohyönteisten hallintaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 91/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki 27 s.
- Keva, M. 2017. Rapsikuoriaisen (*Meligethes aenus*) loispistiäisen (*Phradis morionellus* ja *Diospilus capito*) loisintatason dynamiikka ja siihen vaikuttavat tekijät. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto Maataloustieteiden laitos. Maatalouseläintiede. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/178529/keva_maaria_pg_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Liégeois, S., Delaunay, M., Lécureuil, C. & Goubault, M. 2022. Sublethal Doses of Pyriproxyfen Stimulate Aggressive Behavior and Reproduction in a Non-Target Parasitoid Wasp. Available at SSRN 4060128.
- Luonnonvarakeskus (LUKE). Käytössä oleva maatalousmaa 2023, alueittainen ennakkotieto. 20.6.2023. Viitattu 13.2.2024. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/kaytossa-oleva-maatalousmaa/kaytossa-oleva-maatalousmaa-2023-ennakko>.
- TUKES 2021. Kasvinsuojeluaineiden myyntimäärät. <https://tukes.fi/kemikaalit/kasvinsuojeluaineet/myyntitilastot> Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 22.11.2021.
- Vigelius, L. 2018. Kirppojen viljelyksellinen ja biologinen torjunta rypsin ja rapsin viljelyssä. Kandidaatintutkielma. Helsingin yliopisto. https://luomuinstituutti.fi/wp-content/uploads/2018/05/kandi_liisavigelius.pdf

7. Liitteet

Liite 1

Rapsi- pelto	Viljelytoimenpiteiden vaikutus rapsisatoon	Rapsi- sato	
		kg/ha	
Koejä- sen	Toimenpiteet peltolohkoilla:	Vuosi 2022	Vuosi 2023
1	Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö + Mavrik 2F (0,2 l/ha)	2313	1616
2	Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö	1063	992
3	Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö + Mavrik 2F	1733	1644
4	Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö	997	1300
5	Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö + Mavrik 2F	1848	1679
6	Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö	1118	1467
7	Ei muokkausta + suorakylvö	1662	1541
8	Ei muokkausta + suorakylvö + Mavrik 2F	1590	1087

Liite 2

Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat 2022	
TTS Työteho-seuran julkaisu 471 Reetta Palva TTS Työteho-seura	
	€/ha
Kyntö	90,80 €
Kultivointi	71,30 €
Tasausäestys (60%*Kylvömuokkaus, joustopiikkiäes)	24,78 €
Lautasmuokkaus/-äestys	45,80 €
Kylvömuokkaus, joustopiikkiäes	41,30 €
Kylvölannoitus (kaikki)	68,80 €
Suorakylvö (kaikki)	79,40 €
Kasvinsuojeluruiskutus	21,90 €
Puinti	116,20 €

Liite 3

Toimenpiteet peltolohkoilla:	€/ha
Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö + Mavrik 2F (0,2 l/ha) + puinti	363,78 €
Kyntö + tasausäestys + äestys joustopiikkiäkeellä 2,5x + kylvö + puinti	341,88 €
Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö + Mavrik 2F + puinti	344,28 €
Kevytmuokkaus (=kultivointi) + tasausäestys + joustopiikkiäestys 2x + kylvö + puinti	322,38 €
Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö + Mavrik 2F + puinti	294,00 €
Ei syysmuokkausta, lautasmuokkaus + joustopiikkiäestys 1x + kylvö + puinti	272,10 €
Ei muokkausta + suorakylvö + puinti	195,60 €
Ei muokkausta + suorakylvö + Mavrik 2F + puinti	217,50 €

Liite 4

Lämpö- ja sadesummat Luke Jokioisissa koevuosina 2021–2023 touko-syyskuussa ja vertailukauden keskiarvoina. Säädata on Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Jokioisista, jossa vertailukausi on 1991–2020.

	Lämpösumma °C vrk Jokioinen				Sadesumma mm Jokioinen			
	Koevuosi			Keskiarvo	Koevuosi			Keskiarvo
	2021	2022	2023	1991-2020	2021	2022	2023	1991-2020
Touko- kuu	156	135	169	159	98	29	25	38
Kesä- kuu	408	344	324	279	35	41	19	68
Heinä- kuu	464	367	343	371	26	65	135	74
Elokuu	299	395	353	324	165	36	150	72
Syys- kuu	116	104	278	168	31	39	42	54
Summa	1444	1357	1505	1301	354	211	371	306



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki