

Agtech 2030

Rapsbaggar

Detektering och bekämpning

Johanna Orsholm



Agtech innovation nr 5

Rapsbaggar: Detektering och bekämpning

Johanna Orsholm

Agtech 2030
c/o Linköpings universitet
Att. Per Frankelius
IEI
581 83 Linköping
www.agtech2030.com

Linköping 2021

Rapsbaggas: Detektering och bekämpning
av Johanna Orsholm
Nummer 5 i rapportserien Agtech innovation

© 2021 Författarna och Agtech 2030
Licens: Creative Commons Erkännande 4.0

ISBN 978-91-7929-079-5 (tryckt)
ISBN 978-91-7929-080-1 (PDF)
<https://doi.org/10.3384/9789179290801>

Tryckning: LiU-Tryck, Linköping 2021

Förord

Den här rapporten utgör en delrapportering av projektet ”Detektion och hantering av rapsbaggar”. Projektet kännetecknas av ansatsen att koppla samman teknik, biologi och ekonomi. Projektet har varit ett samarbete mellan Lovang Lantbrukskonsult, Linköpings universitet, Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare (SFO), Svensk Raps, Agrotec (Rotenbergs Säteri), Tolefors gård, Växtab, Lind Södergård, Klostergården och Boberg. Vid universitetet har biologer, sensorexpertter och ekonomer medverkat – såväl forskare som studenter. Flera medlemmar i Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare (SFO) har bidragit genom att svara på en enkät. Jag vill å Agtech 2030s vägnar rikta ett stort tack till alla er som möjliggjort denna studie. Särskilt tack till Ulrik Lovang som initierade projektet och förstås Johanna Orsholm som med bravur drivit projektet framåt. Rapporten ingår i rapportserien Agtech innovation.

Linköping 20 november 2021

Per Frankelius

Processledare, Agtech 2030

Innehåll

Innehåll.....	0
Sammanfattning.....	1
1 Inledning.....	2
2 Rapsbaggens ekologi.....	2
2.1 Påverkan av klimatförändringar.....	4
3 Detektering av rapsbagge.....	4
3.1 Detektering idag.....	4
3.2 Prognosverktyg och prognosmodeller.....	5
3.3 Automatisk detektering.....	6
4 Bekämpning av rapsbagge.....	8
4.1 Kemisk bekämpning.....	8
4.2 Biologisk bekämpning.....	10
4.3 Fångstgrödor.....	16
4.4 Integrerat växtskydd (IPM).....	17
5 Slutsats.....	19
6 Referenser.....	21
Appendix A: Utveckling av automatisk insektsfälla.....	27

Sammanfattning

Rapsbaggen, en av de viktigaste skadeinsekterna i raps, kan orsaka omfattande skador och stora skördebortfall i rapsodlingar, och angreppens omfattning kan komma att öka med framtida klimatförändringar. Övervakning av rapsbaggens förekomst i fält är idag resurskrävande, men det finns potential att minska behovet av inventeringar med hjälp av prognosverktyg för rapsbaggens aktivitet, samt automatiska system för insektsövervakning. Idag finns bland annat ett system som består av en klisterfälla med en kamera monterad framför, som automatiskt ger information om förekomsten av insekter i rapsfältet, samt en ljusradar som kan identifiera skadeinsekter baserat på deras vingslagsfrekvens. Bekämpningen av rapsbagge sker idag framför allt med kemiska bekämpningsmedel, men på grund av en utbredd resistens mot pyretroider, samt avsaknaden av bekämpningsmedel godkända för ekologisk odling, finns ett behov av nya metoder. Biologisk bekämpning, där rapsbaggens populationsutveckling hejdas med hjälp av dess naturliga fiender, har god potential att minska förekomsten av rapsbagge under tröskelvärden för ekonomisk förlust. Framför allt bekämpning med parasitoider, som angriper rapsbaggens larver, har gett goda resultat i försök, men även marklevande rovinsekter, samt insektspatogena svampar och nematoder angriper rapsbagge. Effekterna av dessa organismer, både på rapsbaggen och på andra insekter i odlingslandskapet, är dock mer osäkra. Genom att arbeta med ett integrerat växtskydd av raps, där förebyggande arbete och behovsanpassade åtgärder används för att minska beroendet av kemiska bekämpningsmedel, kan förekomsten av naturliga fiender gynnas och rapsbaggens angrepp minskas. Några av de viktigaste åtgärderna för att gynna de naturliga fienderna är att undvika att plöja fält efter rapsodling, minska användningen av kemiska bekämpningsmedel, samt öka förekomsten av vilda blommor i anslutning till odlingsfält. I ekologisk odling kan det dessutom vara lämpligt att odla rybs som en fångstgröda runt rapsen, för att minska förekomsten av rapsbagge i huvudgrödan.

1 Inledning

Rapsbaggen är en vanlig skadegörare i rapsodlingar, och har i undersökningar i Europa pekats ut som en av de insekter i oljeväxtodlingar som orsakar störst problem (Menzler-Hokkanen et al. 2006). Skadorna orsakas framför allt av vuxna rapsbaggar som äter pollen från rapsknoppar, vilket kan orsaka knoppavfall och därmed skördebortfall. Raps är en vanligt förekommande omväxlingsgröda i spannmålsdominerade växtföljder, eftersom den kan minska förekomsten av gräsassocierade patogen och ogräs (Fogelfors 2015). Rapsens pålrot kan dessutom luckra upp jorden i odlingsfält, och därmed motverka negativa effekter av markpackning. I Sverige odlades 2019 ungefär 100 000 ha raps (SCB 2019), och arealen av rapsodling förutspås öka i framtiden (Borgström et al. 2019), vilket troligtvis också kommer att innebära ökade växtskyddsutmaningar.

Idag används ofta kemiska bekämpningsmedel för att minska förekomsten av rapsbagge i odlingsfält, men på grund av en utbredd resistensutveckling mot vissa aktiva substanser, och avsaknad av bekämpningsmedel godkända för ekologisk odling, finns ett behov av nya metoder för att bekämpa rapsbagge. Det här projektet, som sker inom ramen av initiativet Agtech 2030, syftar till att inventera och utveckla metoder för detektering av rapsbagge, samt att inventera metoder för prevention och kontroll av utbrott. I rapporten beskrivs rapsbaggens ekologi, samt hur detektering och bekämpning av rapsbagge sker idag. Dessutom diskuteras exempel på system för automatisk övervakning av insekter, samt lösningar för biologisk bekämpning av rapsbagge. Slutligen ges en översikt av hur ett integrerat växtskydd med avseende på rapsbagge kan utformas, med fokus på att gynna rapsbaggens naturliga fiender i odlingslandskapet.

Inom projektet har det också gjorts pilotförsök med automatiska insektsfällor på labb och i fält. Försöken har innefattat akustiska fällor, där rapsbaggens flygljud har spelats in och vingslagsfrekvensen analyserats, kamerabaserade fällor som baserats på den väl etablerade gulskålsfällan (Figur 1), samt elektriska fällor. Försöken har resulterat i en kamerabaserad fälla som testats i fält under två säsonger med goda resultat. Ytterligare försök har potential att i ännu större utsträckning automatisera fällan, till exempel genom automatisk påfyllning av såplösning i gulskålen. I Appendix A beskrivs pilotförsöken i större detalj.

2 Rapsbaggens ekologi

Rapsbaggen (*Brassicogethes aeneus*, tidigare *Meligethes aeneus*) är en 2–3 mm lång, mörkt metallglänsande skalbagge i familjen glansbaggar (*Nitidulidae*). En stor del av rapsbaggens livscykel, inklusive äggläggning och larvutveckling, sker i korsblomstriga växter, framför allt på växter i släktet *Brassica*, däribland raps (*Brassica napus*). Rapsbaggen kan förekomma i mycket höga antal och dess angrepp på raps kan leda till stora skördeförluster, vilket gör att arten anses vara en av de mest betydande skadeinsekterna på oljeväxtgrödor, både i Sverige och i Europa i övrigt (Menzler-Hokkanen et al. 2006).

Rapsbaggen övervintrar i det översta lagret förna i habitat utanför rapsfälten, och både skogs- och gräsmarker har visats fungera som övervintringsplatser (Rusch et al. 2012). Arten föredrar habitat med relativt torra marker och ett tjockt förnalager. När temperaturen på våren når 8–10 °C kommer rapsbaggen upp ur marken och börjar söka pollen, deras huvudsakliga föda, på blommor runt om övervintringsplatsen (Nilsson 1995). Inflygning till rapsfälten sker när temperaturen stigit ytterligare några grader, och nått cirka 12–15 °C. Dessa tröskelvärden verkar dock variera, och i en studie från Luxemburg fann man att inflygning till fälten sker redan vid 8 °C, om det dessutom sammanfaller

med en marktemperatur på minst 4,6 °C och 3,4 timmar solljus (Junk et al. 2015). Generellt ökar rapsbaggens flybenägenhet enligt en sigmoid temperatur-responskurva mellan 6–23 °C (Ferguson et al. 2015). Regn (Junk et al. 2015) och stark vind (Nilsson 1995; Skellern et al. 2017) hämmar dock rapsbaggens flygning, och därmed deras ankomst till rapsfälten.



Figur 1. En automatisk insektsfälla installerad i ett vårrapsfält i Västergötland sommaren 2021. Fällan bestod av en viltkamera riktad mot en gulskål. Kameran tog bild fyra gånger per dag, och bilderna skickades till en webbportal där de kunde granskas.

Migrationen till rapsfälten sker mot vindriktningen (Skellern et al. 2017), och rapsbaggen lokaliserar odlingsfälten bland annat med hjälp av doftämnen som utsöndras från rapsplantan (Smart & Blight 2000; Williams et al. 2007). På kortare avstånd attraheras rapsbaggen också av gul färg (Blight & Smart 1999). Rapsbaggen har en god spridningsförmåga, de har bland annat visats kunna flyga upp till 12 km på två dagar (Stechmann & Schutte 1976 i Rusch et al. 2012), och eftersom inflygningen till rapsfälten sker på hög höjd hindras de inte av landskapselement såsom skogar (Nilsson 1995).

I rapsfälten sker rapsbaggens parning och äggläggning, och sedan larvernans utveckling till fullbildade skalbaggar. Äggläggning sker i knoppar som är 2–3 mm långa och äggstadiet varar 6–12 dagar (Nilsson 1995). Larverna fortsätter sedan att utvecklas i knopparna, där de livnar sig på pollen från ståndarknapparna. Om knoppen hinner utvecklas till en blomma, eller om födan tar slut, förflyttar sig larven till nya delar av rapsplantan. När larven utvecklats färdigt faller den till marken och gräver ner sig ett par centimeter i jorden, där den sedan förpuppas, och slutligen utvecklas till en fullbildad skalbagge. Från äggläggning till att den vuxna rapsbaggen kläcks tar det cirka 45–50 dagar (Nilsson 1995). Den nya generationen söker sedan pollen på både odlade och vilda växter, innan de under hösten flyger till övervintringsplatserna. Migrationen till övervintringsplatserna sker, till skillnad från vårens migration till rapsfälten, med vindriktningen (Williams et al. 2007). Rapsbaggen har en generation per år, och den gamla generationen dör under sommaren (Fogelfors 2015).

Skador på rapsen uppstår framförallt då vuxna individer angriper knoppar för att söka föda, vilket kan orsaka att knopparna faller av (Nilsson 1995). Även larverna kan orsaka skada, om de börjar äta andra växtdelar än pollen, men detta sker i relativt liten utsträckning. Rapsen är som mest känslig i tidigt knoppstadium, varför höstraps, som ofta passerat det mest känsliga stadiet innan rapsbaggens inflygning, är mindre känslig för angrepp än vårraps. Flera faktorer påverkar omfattningen av rapsbaggens angrepp, till exempel temperatur (Ferguson et al. 2015), areal raps som odlats i området föregående år (Skellern et al. 2017), och förekomst av vårraps och höstraps i samma området (Fogelfors 2015).

2.1 Påverkan av klimatförändringar

Klimatförändringarna kommer i Sverige att leda till bland annat mildare vintrar och ökad nederbörd, och hur detta kommer att påverka rapsbaggen, med avseende på till exempel utbredning och populationsstorlek, är idag mycket osäkert. I Luxemburg har forskare skapat modeller för rapsbaggens aktivitet, baserat på meteorologiska faktorer såsom temperatur och nederbörd, som med hög precision kunnat förutsäga tidpunkten för inflygningen till rapsfälten (Junk et al. 2015). Dessa modeller användes sedan för att, baserat på modeller av framtida klimat, förutsäga när inflygningen av rapsbagge kommer att ske i framtiden. De fann att ökade temperaturer kommer att leda till att rapsbaggen anländer till fälten 10 dagar tidigare mellan 2021–2050, och 23 dagar tidigare mellan 2069–2098, trots den motverkande effekten av ökade nederbördsmängder. Hur en tidigare inflygning kommer att påverka skadans omfattning beror bland annat på om de mildare vintrarna kommer att göra att rapsen ändå hinner passera det mest känsliga knoppstadiet innan rapsbaggens ankomst till fälten.

Högre temperaturer kommer troligtvis leda till att den nordliga gränsen för odling av raps förskjuts norrut, och arealen med rapsodling i Sverige kommer troligtvis att öka i framtiden (Borgström et al. 2019). Dessutom kan det förändrade klimatet påverka bland annat skadeinsekternas aktivitet och deras mortalitet under övervintringen, samt rapsens känslighet mot bland annat virus och svampar. Hur påverkan kommer att se ut, och hur effekterna av rapsbaggens angrepp i framtiden kommer att samverka med effekterna av andra skadegörare, är ännu mycket osäkert. Borgström et al. (2019) menar dock att klimatförändringarna, i samband med otillräcklig tillgång till effektiva bekämpningsmedel, kan orsaka stora utmaningar med avseende på växtskydd i framtiden.

3 Detektering av rapsbagge

För att avgöra när det är lämpligt att sätta in bekämpning mot rapsbagge är det viktigt att noggrant följa när ankomsten till rapsfälten sker, samt hur stor förekomsten av rapsbaggar är. På grund av en utbredd resistens mot vissa bekämpningsmedel hos rapsbagge bör bekämpning inte ske innan tätheten av rapsbaggar överskrider ett visst tröskelvärde, som varierar bland annat beroende på rapsens utvecklingsstadium (se avsnitt 4.1). Frekventa och rättvisande inventeringar av fälten är därför centralt för att uppnå ett hållbart växtskydd av raps.

3.1 Detektering idag

För att inventera förekomsten av rapsbagge i odlingsfält rekommenderar Jordbruksverket (2020) att man går tvärs över fältet och räknar rapsbaggar på tio slumpmässigt utvalda plantor på flera platser längs med transekten. Eftersom tätheten av rapsbagge ofta är betydligt högre i kanten än i mitten av odlingsfält bör transekten gå diagonalt över fältet, för att ge ett representativt genomsnitt. I försök har det visats att rapsbaggar ofta upptäcks på fällor innan de hittas i fält (Ferguson et al. 2016).

Inflygningen av rapsbagge kan därför med fördel detekteras med hjälp av klart gula fällor (Döring et al. 2012), bestående av klistriga plattor eller vattenfyllda skålar (Blight & Smart 1999), som placeras i kanten av odlingsfält. Klistriga fällor som är vinklade 45 grader mot vertikalplanet och gulskålsfällor är effektiva hela odlingssäsongen, till skillnad från horisontella och vertikala klisterfällor, som visats vara effektiva enbart på våren respektive hösten (Blight & Smart 1999).

Då rapsbaggen lokaliserar rapsfälten genom att flyga mot vindriktningen bör fällor för att upptäcka inflygningen vara placerade i fältkanten motsatt den förhärskande vindriktningen (den vanligast förekommande vindriktningen), det vill säga den änden rapsbaggen sannolikt ankommer till först (Williams et al. 2007; Skellern et al. 2017). I Sverige är den förhärskande vindriktningen vanligtvis västlig eller sydvästlig (SMHI 2019), och fällor bör alltså placeras i den östliga eller nordostliga änden av fält. Klisterfällor bör dessutom vara riktade ut från fältet, i detta exempel alltså mot ost eller nordost (Skellern et al. 2017). Vindriktningen kan dock variera mellan områden, eller beroende på årstid, och fällornas placering och riktning bör därför anpassas till varje plats och mätperiod. För att ytterligare öka fällans effektivitet kan den agnas med doftämnen som naturligt utsöndras av rapsplantan, såsom fenylacetaldehyd, som tros fungera attraherande när rapsbaggen lokaliserar rapsfälten på våren (Smart & Blight 2000; Mauchline et al. 2018). Fällor som agnats med fenylacetaldehyd var i ett försök 1,7–3,3 gånger så effektiva som fällor utan doftämnen (Blight & Smart 1999).

För att bekämpning av rapsbagge ska kunna sättas in i tillräckligt god tid för att undvika skördeförlost, är det viktigt att utvecklingen av antalet rapsbaggar i rapsfälten följs noggrant, så att överskridandet av tröskelvärden för bekämpning detekteras tidigt. Regelbundna kontroller av rapsfälten är dock tidskrävande och därmed dyra, oavsett om lantbrukaren tar hjälp av en konsult eller genomför kontrollerna själv. Det finns således ett behov av att minska beroendet av manuella kontroller, till exempel med hjälp av prognosverktyg eller prognosmodeller för rapsbaggens inflygning, eller med hjälp av automatiska detekteringssystem.

3.2 Prognosverktyg och prognosmodeller

Tack vare en tydlig koppling mellan rapsbaggens aktivitet och meteorologiska faktorer, såsom temperatur, vindstyrka och nederbörd, är det möjligt att förutsäga när inflygning till rapsfälten sannolikt sker, samt när förekomsten av rapsbagge riskerar att överstiga tröskelvärden för ekonomisk förlust. Detta görs bland annat i beslutstödssystemet (på engelska *decision support system*, DSS) proPlant Expert, som utvecklades i Tyskland (Johnen et al. 2010). Programmet förses med data om bland annat väder, förekomst av skadedjur på grödan, och grödans utvecklingsstadium, och kan sedan ge prognoser om inflygning och överskridande av tröskelvärden. I bland annat Tyskland och Storbritannien har programmet gett mycket goda resultat (Cook et al. 2013; Ferguson et al. 2016), och det bedöms kunna minska både tidsåtgång och kostnader av att göra egna kontroller av skadedjursförekomsten i fält. Programmet har även testats i Sverige, men gav då något sämre resultat, då rapsbaggar upptäcktes i fält innan datumet som prognosmodellen angav för den första inflygningen (Johnen et al. 2010). Vad detta berodde på var oklart, och det kan till exempel ha kommit av att väderstationen vars data användes i modellen inte exakt motsvarade väderförhållandena i försöksfältet. Programmet används idag inte i någon större utsträckning i Sverige.

Från Jordbruksverkets växtskyddscentraler i Alnarp, Kalmar, Linköping, Skara, Uppsala och Norrlandslänen, går det att läsa aktuell information om förekomsten av skadedjur i odlingsfält i de

olika områdena (Jordbruksverket n.d.-a). Vilken information som finns tillgänglig varierar något mellan de olika växtskyddcentralerna, men hos de flesta finns växtskyddsbrev, med övergripande information om säsongens skadegörare, och veckorapporter, med mer specifik information om uppmätt och förväntad förekomst av skadegörare i fält.

3.3 Automatisk detektering

Tack vare en snabb teknisk utveckling är det möjligt att automatisera insektsövervakning, utan att förlora noggrannhet i artbestämning eller behöva investera i alltför kostsamma system. Här diskuteras automatiska system baserade på bild och baserade på vingslagsfrekvens, samt några exempel på hur maskininlärning kan användas för artbestämning av insekter.

3.3.1 Baserat på bild

Kamerasystem, där insekter fotograferas efter att de fångats i en insektsfälla, har utvecklats för övervakning av flera olika skadeinsekter i jordbruk. Några exempel är kameror som monterats mot ljusfällor i risfält (Qing et al. 2012), rörelseaktiverade kameror som monterats på pyramidfällor för vivlar (Selby et al. 2014), samt kameror monterade i locket på vattenfyllda feromonfällor för röd palmvivel (López et al. 2012). Det finns också ett system med en kamera monterad framför en gul klisterfälla, där insekterna på fällan automatiskt kategoriseras efter storlek (<http://www.e-gleek.com/>). Kamerafällan har bland annat använts i pilotförsök i rapsfält av växtskydds företaget ADAMA (Maskinbladet 2019).

3.3.2 Baserat på vingslagsfrekvens

Vingslagsfrekvens, som bland annat beror på insektens storlek, vingarnas yta, och omgivningens temperatur, kan användas för att artbestämma flera olika insekter. Principen har bland annat använts för att övervaka sjukdomsspridande myggor, där det dessutom är möjligt att skilja på honor och hanar av vissa arter.

Akustiska system

Akustiska system, det vill säga system baserade på mikrofon, har bland annat utvecklats för att övervaka sjukdomsspridande myggor i tropiska områden. Med hjälp av vingslagsfrekvens är det möjligt att både art- och könsbestämma myggor, och nätverk av mikrofoner kan därför användas för att identifiera områden med särskilt hög risk för sjukdomsspridning. Det har bland annat gjorts försök med brusreducerande mikrofoner (Raman et al. 2007), en lågkostnadssensor som kombinerar ljudinspelningar med information om temperatur och luftfuktighet (Vasconcelos et al. 2019), samt vanliga mobiltelefoner (Mukundarajan et al. 2017). Akustiska system har även testats för övervakning av skadeinsekter i lantbruket, bland annat mikrofoner monterade på feromonfällor för övervakning av medelhavsfruktflugan (*Ceratitis capitata*), en viktig skadegörare i frukt- och grönsaksodlingar (Mankin et al. 2006). För att flygljudet skulle registreras även i miljöer med högt bakgrundsljud krävdes dock att flugan var mycket nära mikrofonen (inom 1–2 cm), vilket begränsade användningsmöjligheterna i fält.

Fördelar med akustiska system är bland annat låga kostnader, och att mikrofoner kan uppfatta signaler från alla riktningar. Systemen är dock ofta känsliga för bakgrundsljud, och eftersom ljudsignalens styrka snabbt minskar med avståndet måste insekterna ofta vara mycket nära mikrofonen för att flygljudet ska registreras. Chen et al. (2014) menar att denna begränsning har lett till att insektsljud ofta spelats in under onaturliga förhållanden på laboratorium, och att det är tveksamt om den insamlade informationen om arters vingslagsfrekvens kan appliceras på

inspelningar från fältförhållanden. Bristen på adekvat data har också gjort att klassificeringsmodeller baserats på få ljudinspelningar, vilket gör att artbestämningen får låg träffsäkerhet.

Optiska system

Optiska system för övervakning av flygande insekter använder ljus i stället för ljud för att få information om bland annat insekters vingslagsfrekvens, vilket gör att de kan användas även i miljöer med mycket bakgrundsljud. Optiska sensorer kan delas in i två typer: de som registrerar hur en ljusstråle *bryts* när insekter passerar, och de som registrerar hur ljuset *reflekteras* på passerande insekter. Batista et al. (2011) konstruerade en sensor bestående av en laserkälla riktad mot en fototransistor, som registrerade ljusfluktuationerna när flygande insekter passerade laserstrålen. Fluktuationerna i ljussignalen gav information om insektens vingslagsfrekvens, och kunde på så sätt användas för artbestämning. Sensorn byggdes med hjälp av billiga komponenter, såsom fototransistorer ur fjärrkontroller, för att möjliggöra en bred användning, samt minimera stöldrisken i fält. En likadan sensor har senare använts i en smart insektsfälla, för att selektera mellan skade- och nyttoinsekter (Silva et al. 2013).

Ljusradar (på engelska *light detection and ranging*, LiDAR) bygger istället på att en ljusstråle reflekteras på flygande insekter, och används bland annat av företaget FaunaPhotonics i deras system för automatisk insektsövervakning (FaunaPhotonics n.d.). Sensorn kan ge information om bland annat vingslagsfrekvens, färg, och ving-kropp-förhållande. I jämförelser av ett system baserat på ljusreflektion och ett system baserat på skuggning av ljus fann Wang et al. (2020) att systemen gav lika bra resultat. En viktig skillnad är dock att system som mäter hur en ljusstråle bryts enbart kan registrera insekter som passerar en mycket liten yta (Batista et al. 2011), medan LiDAR kan detektera insekter på mycket stort avstånd (Brydegaard 2015).

Radar

Radar har bland annat använts för att mäta insekters flygmönster (Dwivedi et al. 2020) samt följa hur insekter migrerar, särskilt på hög höjd (Drake 2002). I vissa fall har radar använts för att ge information om vingslagsfrekvens (Dwivedi et al. 2020), men LiDAR är vanligare för den typen av övervakning. Radar är sämre än LiDAR på att uppfatta insekter i områden med vegetation, och har i stor utsträckning varit beroende av att insekter förses med till exempel en transponder, som reflekterar signalen från radarn, för att kunna uppfatta dem (Dwivedi et al. 2020).

3.3.3 Maskininlärning för artbestämning av insekter

Inom entomologi, läran om insekter, har det länge funnits ett behov av automatisk identifiering av insekter, eftersom experter med tillräcklig kunskap för att artbestämma vissa insektsgrupper blir allt färre. Maskininlärning baserat på insektsdata i form av bilder eller ljudinspelningar kan vara en del av lösningen, särskilt som noggrannheten i artbestämningen ständigt förbättras av nya tekniker. I en studie där maskininlärning användes för att, baserat på vingslagsfrekvens, separera skadeinsekter i jordbruket från nyttoinsekter blev sorteringen korrekt i 99 % av fallen (Silva et al. 2013). Bäst resultat uppnåddes med en metod för att extrahera kännetecken (på engelska *features*) som var anpassad för frekvenser i det mänskligt hörbara spektrumet. Xie et al. (2015) använde i stället bilder för identifiering av insektsarter, och lyckades med en ny metod, som bland annat innebar att kännetecken från hela bilden användes (så kallade *global features*, till exempel information om insektens form), uppnå korrekt artbestämning i mer än 90 % av fallen.

En modell för maskininlärning som har gett mycket goda resultat är djupinlärning med så kallade falttningsnätverk (på engelska *convolutional neural networks*, CNN), vars fördel bland annat ligger i att

de på egen hand kan extrahera relevanta kännetecken från data. Kiskin et al. (2020) uppnådde en noggrannhet på 90 % när CNN användes för att identifiera ljudklipp som innehöll inspelningar av flygande myggor. CNN är dock framför allt effektivt för bildigenkänning, och när Zhang et al. (2017) transformerade ljudsignaler till frekvensspektrumbilder lyckades de förbättra noggrannheten av artbestämningen, jämfört med tidigare metoder för maskininlärning baserade på de ursprungliga ljudinspelningarna.

Ett hinder för en bred användning av maskininlärning i artbestämningen av insekter är bristen på data som kan användas för att träna modellerna. För att minska behovet av träningsdata använde Valan et al. (2019) en ny metod, där kunskap från ett CNN som var tränat på en allmän bildklassificeringsuppgift utnyttjades för en mer specificerad uppgift (så kallad *feature transfer*). Metoden användes bland annat för att artbestämma skalbaggar, och uppnådde då samma noggrannhet som en expert inom området, trots att färre än 100 bilder användes för träning av modellen.

4 Bekämpning av rapsbagge

För att förhindra stora skördeförluster orsakade av rapsbaggeangrepp kan olika sorters bekämpning sättas in, i syfte att minska förekomsten av rapsbagge i odlingsfälten. Kemiska bekämpningsmedel är effektiva för att minska antalet rapsbaggar i den första generationen, som gör mest skada på rapsen, men det är också möjligt att minska förekomsten med hjälp av biologisk bekämpning, där rapsbaggens naturliga fiender nyttjas. Även förebyggande åtgärder, såsom en lämplig växtföljd eller odling av fångstgrödor, kan minska angreppen av rapsbagge, vilket är centralt i arbetet med ett integrerat växtskydd, som syftar till att minska beroendet av kemiska bekämpningsmedel.

4.1 Kemisk bekämpning

Kemisk bekämpning av rapsbagge bör enbart göras när förekomsten överstiger de tröskelvärden för ekonomisk förlust som Jordbruksverket fastslagit (Jordbruksverket n.d.-b). Tröskelvärdena är uttryckta som ett genomsnitt av antalet rapsbaggar per planta och varierar beroende på plantans utvecklingsstadium, samt om angreppet är i vårraps eller höstraps (Tabell 1). En faktor som har pekats ut som bidragande till att rapsbaggen utgör ett så stort problem i oljeväxtodlingen är att den optimala populationstätheten för att maximera den nya generationen ligger strax under dessa tröskelvärden (0,5 - 1 rapsbagge/planta; Hokkanen 2000). Detta skulle kunna innebära att bekämpningen som är nödvändig för att undvika ekonomisk förlust också ger förutsättningar för en stor rapsbaggepopulation efterföljande år.

Tabell 1. Bekämpningströsklar, uttryckt som antal rapsbaggar i medeltal/planta (Jordbruksverket n.d.-b).

Plantbestånd	Tidigt knoppstadium (DC 51)	Medelsent knoppstadium (DC 52/53)	Sent knoppstadium (DC 59)
Höstoljeväxter			
Kraftiga plantor, god tillväxt	4–6	6–8	10–11
Mindre plantor, svag tillväxt	2–3	3–4	5–6
Våroljeväxter			
	0,5–1	1–2	2–3

Jordbruksverket (n.d.-b) rekommenderar att ingen bekämpning görs efter att rapsen börjat blomma, dels eftersom rapsbaggen gör mindre skada på plantorna i sent utvecklingsstadium, dels för att bekämpning sent under säsongen gör större skada på nyttoinsekter i odlingslandskapet. Det är vanligare att bekämpning behöver göras i vårraps än i höstraps, och i Sverige bekämpas rapsbagge i genomsnitt mindre än en gång per säsong i höstraps (Richardson 2008). Inom ekologisk odling av raps finns idag inga godkända kemiska bekämpningsmedel (Ascard et al. 2017).

4.1.1 Pyretroidresistens

Upprepade bekämpningar med samma preparat kan i vissa fall leda till insekticidresistens, alltså förmåga hos en insekt att överleva bekämpning med ett insektsmedel som är tänkt att kontrollera populationen. Bland rapsbaggar i Sverige, liksom i övriga Europa, finns en utbredd resistens mot pyretroider, en grupp bekämpningsmedel med liknande verkningsmekanism (Slater et al. 2011). Det första fallet av pyretroidresistens i Sverige upptäcktes år 2000 (Ekbom & Kuusk 2001), och förekomsten av resistens visades öka i undersökningar som gjordes 2007-2009 (Slater et al. 2011). En av anledningarna till den spridda utvecklingen av resistens är sannolikt att i princip enbart pyretroider användes för att bekämpa rapsbagge mellan 1985-2001, vilket orsakade en stark selektion för pyretroidresistens (Nauen et al. 2012). Idag förekommer pyretroidresistens hos rapsbagge i hela odlingsregionen (Riggi et al. 2016), och trots att användningen av pyretroider är betydligt lägre idag finns det inga tendenser av minskad andel resistent rapsbaggar (Växtskyddscentralen Linköping 2020). Att pyretroidresistensen inte försvinner, trots minskad användning, kan bero på att rapsbaggen inte upplever någon kostnad i fitness (så kallad *fitness penalty*, till exempel att resistent rapsbagge har en ökad mortalitet av andra faktorer) av resistensen. För att övervaka utbredningen av resistens görs regelbundna resistenstester på rapsbagge i Sverige.

4.1.2 RNA-interferens

Som alternativ till kemiska bekämpningsmedel testas nu en ny metod: RNA-interferens, eller RNAi. RNAi är en endogen cellprocess som kan stoppa eller minska uttrycket av specifika gener, genom att dubbelsträngat RNA (dsRNA) guidar klyvningen av komplementära strängar av budbärar-RNA (mRNA, som används i syntetisering av proteiner). Klyvningen resulterar i att mRNA:t bryts ned, och på så sätt stoppas syntetiseringen av det protein som mRNA:t kodar för (Geley & Müller 2004). Metoden har potential bland annat inom bekämpning av skadeinsekter, genom att dsRNA som hämmar syntetiseringen av livsnödvändiga proteiner tillsätts till insektens celler, och därmed orsakar insektens död. Exponering för ämnet kan ske genom en injektion, eller genom att insekten konsumerar växtdelar som antingen sprayats med dsRNA eller genmodifierats att producera ämnet. Eftersom RNAi påverkar artspecifika gener är metoden troligen skonsam mot andra organismer i odlingslandskapet.

RNAi har bland annat testats för bekämpning av *Diabrotica virgifera virgifera* (Baum et al. 2007), en viktig skadeinsekt på majs i Nordamerika. I försöket genmodifierades majsplantor att producera det dubbelsträngade RNA:t. För rapsbagge har RNAi testats genom att injicera dsRNA riktat mot fyra gener som är nära besläktade med de som testats för andra insekter (Knorr et al. 2018). Behandlingen orsakade signifikant högre dödlighet 6–10 dagar efter injektionen, och minst 90 % dödlighet efter 14 dagar. Andra möjliga målgener har också undersökts med liknande resultat, dock med lägre dödlighet efter exponering via kosten än efter injektion (Willow, Sulg et al. 2021). Studier har även gjorts på rapsbaggelarver, för att undersöka om metoden kan användas för att minska storleken på efterföljande års population (Willow, Soonvald et al. 2021).

Det krävs många fler undersökningar innan RNAi kan användas för bekämpning i odlingar, men hittills har metoden gett lovande resultat. Hur användbar metoden blir i framtiden beror i stor utsträckning på om man kan hitta sätt att administrera dsRNA som ger ett tillförlitligt resultat, samt egenskaperna hos både målgenen och proteinet den kodar för.

4.2 Biologisk bekämpning

Biologisk bekämpning syftar till att begränsa förekomsten av ett skadedjur genom att nyttja dess naturliga fiender (Jonsson 2020), såsom predatorer, parasitoider (organismer vars parasitering orsakar värdens död eller sterilisering), eller patogen. Fördelar med biologisk bekämpning, jämfört med kemisk bekämpning, inkluderar minskade effekter på andra insekter samt minskad risk för resistensutveckling. Biologisk bekämpning kan bestå i att en för regionen ny organism införs för att bekämpa skadegöraren (klassisk biologisk bekämpning), att naturliga fiender tillförs en redan existerande population (tillsättande biologisk bekämpning), eller att omkringliggande miljöer förändras för att gynna de naturliga fienderna (bevarande biologisk bekämpning).

För biologisk bekämpning av rapsbagge har parasitoider, marklevande rovinsekter, samt insektspatogena svampar och nematoder gett lovande resultat i försök (Hokkanen 2008). I många fall verkar bevarande biologisk bekämpning, där rapsbaggens naturliga fiender gynnas genom förändringar i till exempel jordbearbetning eller växtföljd, ha god potential att bekämpa både rapsbaggen och andra skadegörare inom rapsodling. En viktig aspekt av biologisk bekämpning är att många naturliga fiender framför allt angriper rapsbaggen i larvstadiet, eller påverkar mortaliteten under övervintringen, och minskningen av populationen sker därför i den nya generationen. Till skillnad från kemisk bekämpning kan de flesta typerna av biologiska bekämpning därför inte förhindra skada på rapsen under samma säsong, även om undantag finns.

4.2.1 Parasitoider

Parasitoider, organismer vars parasitering orsakar värdens död eller sterilisering, har stor potential i den biologiska bekämpningen av rapsbagge. Det är framför allt parasitsteklar (ordning *Hymenoptera*) som angriper rapsbagge, genom att lägga ägg i larverna. När rapsbaggelarven förpuppas i marken kläcks även parasitstekelns larv, som äter upp värdlarven och sedan förpuppas inuti rapsbaggens puppa (Nilsson 2010). Där, några centimeter under jorden i rapsfältet, övervintrar parasitstekeln som en fullbildad individ inuti puppan. På våren, då temperaturen stiger och rapsbaggens inflygning till rapsfälten påbörjats, kommer parasitstekeln upp ur marken och migrerar till det nya årets rapsfält. Genom parasitoidernas infektering ökar rapsbaggelarvernas mortalitet, vilket kan minska antalet fullbildade individer i den nya generationen av rapsbagge, samt påverka omfattningen av följande års angrepp på rapsen (Ulber, Williams et al. 2010).

I Europa är *Phradis interstitialis*, *Phradis morionellus*, *Tersilochus heterocerus* och *Diospilus capito* de viktigaste parasitoiderna på rapsbagge (Ulber, Williams et al. 2010). Av dessa är *T. heterocerus* vanligast förekommande i Sverige, följt av *P. interstitialis* och *P. morionellus* (Nilsson 1988; Hanson et al. 2015). *D. capito* förekommer framförallt i vårraps runt om i Europa (Ulber, Williams et al. 2010). Parasiteringsgraden, det vill säga den andel larver som vid förpuppning parasiterats av minst en parasitoid, kan variera mycket. I Sverige har det uppmätts en parasiteringsgrad på 20 % av enbart *T. heterocerus* (Nilsson 1988), och mellan 10-35 % av samtliga parasitoider (Ulber, Williams et al. 2010). I vissa fall kan dock 50-60 % av larverna vara angripna (Fogelfors 2015), och i Europa har en parasiteringsgrad på över 90 % uppmätts (Ulber, Williams et al. 2010). *D. capito* har rapporterats ha en parasiteringsgrad på mellan 8-23 % i vårraps i Sverige (Billqvist & Ekblom 2001). För att en

betydande minskning av rapsbaggepopulationen ska uppnås krävs en parasiteringsgrad på 30-40 % (Hokkanen 2008), vilket är högre än vad som uppmätts i de flesta undersökningar i Sverige. I flera länder i Europa har det dock uppmätts tillräckligt höga parasiteringsnivåer för att minska förekomsten av rapsbaggar under gränsen för ekonomiska förluster (Ulber, Williams et al. 2010). Parasiteringsgraden beror i stor utsträckning på tätheten av parasitoider, vilket i sin tur avgörs av antalet som under våren migrerar till fältet från övervintringsplatserna (Nilsson 2010). Förhållandet mellan parasitoidtäthet och andel angripa rapsbaggelarver är dock inte linjärt, eftersom de flesta parasitoider inte kan urskilja larver som redan infekterats av en annan parasitoid, av samma eller en annan art, och larver som angripits av flera parasitoider är vanligt förekommande. För att uppnå en parasiteringsgrad på 100 % behövs det därför mer än tre parasitoider per rapsbaggelarv, medan det för 50 % parasiteringsgrad räcker med ungefär 0,7 parasitoider per larv (Nilsson 2010). Parasiteringsgraden kan också variera med tätheten av rapsbaggelarver (Nilsson 2010; Nilsson et al. 2015), men effekten av larvtäthet har ibland visats vara mycket låg (Rusch et al. 2011).

För att öka den biologiska bekämpningen av rapsbaggepopulationer kan parasitoider gynnas genom minskad jordbearbetning, minskad användning av bekämpningsmedel, samt ökad mängd vilda blommor i anslutning till odlingsfälten. Jordbearbetning, framförallt plöjning, minskar parasitoidernas vinteröverlevnad (Hokkanen 2008; Nilsson 2010; Fogelfors 2015), då pupporna kan skadas eller begravas djupare när jorden vänds, vilket kan göra det svårare för parasitoiderna att ta sig upp ur marken på våren (Nilsson 2010). I ett försök var antalet parasitsteklar som överlevde övervintringen fyra gånger högre i obearbetade eller direktsådda jordar än i plöjda jordar (Nilsson 2010), och plöjning har generellt visats minska antalet parasitsteklar med 50-75 % (Nilsson 2010; Fogelfors 2015). Dessutom har parasiteringsgraden på regional skala (1 500-2 000 m radie) visats minska med ökad andel oljeväxtfält med konventionell jordbearbetning (Rusch et al. 2011). I kontrast till detta såg Hanson et al. (2015) ingen effekt av jordbearbetningsmetod på antalet parasitoider som överlevde övervintringen, men i försöket gjordes inga jämförelser mot direktsådda marker eller marker i träda. Minskad jordbearbetning har inte visats ha någon negativ effekt på marklevande rovinsekter, som också angriper rapsbagge, eller någon positiv effekt på rapsbaggen (Skellern & Cook 2018b), vilket gör det till en åtgärd med god potential för att öka den biologiska bekämpningen av rapsbagge.

Parasitoider kan också missgynnas av bekämpningsmedel, som kan orsaka en förhöjd mortalitet genom direkta eller indirekta effekter (Hokkanen 2008; Hanson et al. 2015; Nilsson et al. 2015). Antalet *T. heterocerus* som överlevde övervintring minskade med 70 % i områden som behandlats med bekämpningsmedel jämfört med obesprutade områden (Hanson et al. 2015). Effekten av bekämpningsmedel kan variera med bland annat dos, halveringstid, och tidpunkt för applicering, och generellt har användning av bekämpningsmedel efter att rapsen börjat blomma störst negativ effekt (Hokkanen 2008; Ulber, Klukowski et al. 2010). I Sverige anländer parasitoiderna till rapsfälten i början (*P. interstitialis*) och slutet (*T. heterocerus*) av maj (Hanson et al. 2015), och genom att anpassa tidpunkten för applicering av bekämpningsmedel för att undvika parasitoidernas aktiva perioder kan deras mortalitet minskas (Skellern & Cook 2018b).

Parasiteringsgraden av *T. heterocerus* har visats positivt relaterad till andelen halvnaturliga livsmiljöer (på engelska semi-natural habitats, vilket inkluderar till exempel gräs- och hagmarker, dikesrenar och fältmarginaler; Rusch et al. 2011), och negativt relaterad till arealen odlingsmark (Scheid et al. 2011). Effekten på parasiteringsgrad kan komma av att halvnaturliga livsmiljöer ger en ökad tillgång till nektar och pollen (sannolikt parasitoidernas huvudsakliga föda; Rusch et al. 2011) från alternativa blommor, eller av en ökad möjlighet att infektera värdinsekter utanför rapsfälten, och på så sätt övervintra skyddad från eventuell jordbearbetning. Tillgång till vilda blommor kan öka

parasitoidernas fekunditet (den teoretiskt möjliga fortplantningen; Skellern & Cook 2018a), möjligtvis genom att mer tid kan läggas på att lokalisera värdlarverna när tiden som krävs för födosökande förkortas. Att just de vilda blommorna är en viktig faktor för att halvnaturliga habitat ska gynna parasitoiderna styrks av Büchi (2002), som såg att parasiteringsgraden var högre nära blomsterremсор än nära hagmarker. Blomsterremсор gynnar även pollinerande insekter, såsom bin, vilka kan bidra till en ökad rapsskörd (Mänd et al. 2010). För att åtgärder som ökar förekomsten av vilda blommor i anslutning till rapsfält inte ska gynna rapsbaggen är det viktigt att anpassa vilka växter som tillåts, och till exempel vitsenap (*Sinapis alba*) har pekats ut som en art som kan användas, då rapsbaggelarver på vitsenap har visats ha låg överlevnad (Skellern & Cook 2018a). Senapsarter kan dock vara olämpliga av andra skäl, till exempel kan de bidra till en uppförökning av svampen som orsakar klumprotsjuka (Jordbruksverket 2014). Skellern och Cook (2018a) menar att åtgärder för att gynna parasitoider, som till exempel anläggande av blomsterremсор, bör koncentreras till landskap med låg komplexitet, det vill säga låg andel halvnaturliga livsmiljöer, eftersom parasiteringsgraden i komplexa landskap ofta redan är hög. Eftersom det är sannolikt att rapsbaggar migrerar från mindre till mer komplexa landskap i sökandet efter en övervintringsplats kan åtgärder i landskap med låg komplexitet även få effekter på förekomsten av rapsbagge i landskap med hög komplexitet.

Antalet parasitoider är generellt större om det har odlats oljeväxter på stora arealer föregående år, men om arealen ökar mellan två år kan en utspädningseffekt göra att tätheten av parasitoider blir lägre (Riggi et al. 2017; Skellern & Cook 2018a). Parasiteringsgraden av *T. heterocerus* har också visats positivt relaterad till närhet av föregående års rapsfält, troligtvis för att sträckan för migrationen in till rapsfälten på våren minskar (Rusch et al. 2011). Att anpassa växtföljden för att minimera avståndet mellan föregående och innevarande års rapsfält skulle därför kunna vara en åtgärd för att gynna parasitoider. Det är dock viktigt att utreda hur detta påverkar övriga skadegörare, för att åtgärden inte ska gynna dessa.

4.2.2 Marklevande rovinsekter

Marklevande rovinsekter, såsom jordlöpare, kortvingar och spindlar, anses generellt vara viktiga faktorer för biologisk bekämpning av skadeinsekter i jordbruket (Piper & Williams 2004). Både jordlöpare (Piper & Williams 2004) och spindlar (Öberg et al. 2011) har visats angripa rapsbagge, framför allt rapsbaggelarver, och kan på så sätt påverka rapsbaggens populationsstorlek (Hokkanen 2008). Rapsbaggens mortalitet har visats öka med förekomsten av marklevande rovinsekter (Büchs & Nuss 2000; Riggi et al. 2017), och förekomsten av olika sorters rovinsekter har visats ge en kumulativ effekt (Riggi et al. 2017), vilket tyder på att flera olika insekter kan samverka för en god biologisk bekämpning av rapsbagge.

Trots att det är sannolikt att marklevande rovinsekter angriper rapsbagge i viss utsträckning i alla rapsfält, är det idag okänt hur stor påverkan de har på rapsbaggepopulationen. En orsak till detta är att rapsbaggen lägger fler ägg per rapsplanta än det antal larver som kan livnära sig därpå (Hokkanen 2000). En stor andel av larverna dör därför innan de kan förpuppas, så även en hög predationsnivå kan ha begränsad effekt på populationsstorleken. I försök i Finland har man också sett att den naturliga förekomsten av rovinsekter i rapsfält var för låg för att ha någon effekt på rapsbaggepopulationen, även om det fanns tecken på att samodling med klöver kunde öka effekterna av predation (Hokkanen 2004). I Tyskland däremot minskade jordlöpare antalet rapsbaggar redan vid naturliga förekomster, och effekten ökade med tätheten av jordlöpare (Büchs & Nuss 2000). I försöksrutor, som berikades med jordlöpare till ungefär fem gånger så höga tätheter som i kontrollrutor, minskades antalet nykläckta rapsbaggar med 56 %. Även spindlar i släktena *Pardosa* och *Theridion* har visats angripa rapsbaggar, särskilt vid höga tätheter av rapsbaggelarver

(Öberg et al. 2011). Spindlar i släktet *Pardosa* verkar dock föredra andra byten, och antalet rapsbaggelarver de angrep minskade om tätheten av alternativa byten var hög. Känsligheten för predation är framförallt hög när rapsbaggelarverna befinner sig på markytan, precis innan de gräver ner sig och förpuppas (Williams et al. 2010). Det är dock en mycket kort tid det handlar om, då majoriteten av larverna har grävt ner sig inom en minut (Warner 2001 i Williams et al. 2010), vilket kan bidra till att det krävs en hög täthet av rovinsekter för att uppnå en tillräcklig biologisk bekämpning av rapsbagge.



Spindlar tillhör de rovinsekter som har visats angripa rapsbaggar. Spindlarnas betydelse i den biologiska kontrollen av rapsbagge är dock inte utredd.

Rovinsekter kan gynnas genom bland annat minskad användning av bekämpningsmedel, i synnerhet efter att rapsen börjat blomma (Hokkanen 2008). I Finland fångades tre gånger fler rovinsekter i obehandlade försöksrutor än i rutor som behandlats med bekämpningsmedel (Hokkanen 2004). Tillgång till lämpliga övervintringshabitat (Hokkanen 2008) och nektar och pollen från vilda blommor (Skellern & Cook 2018a) kan gynna rovinsekter, men till skillnad från parasitoider finns ingen tydlig effekt av halvnaturliga miljöer på förekomsten av rovinsekter (Riggi et al. 2017). I stället verkar det som att en god populationsstorlek kan upprätthållas inom odlingslandskapet, och skillnader i förekomst av rovinsekter beror snarare på skillnader i till exempel markfukt och växttäckning (Williams et al. 2010), samt tätheten av skadeinsekter (Skellern & Cook 2018a). Det är idag osäkert hur parasitoider och rovinsekter samverkar i den biologiska bekämpningen av rapsbagge, och det finns fall då en hög predation troligtvis minskat effekten av parasitoider, eftersom rovinsekterna inte kan diskriminera mellan friska och infekterade larver (Riggi et al. 2017). Trots att den sammanlagda effekten på rapsbaggepopulationen är densamma oavsett om larven angrips av en parasitoid eller rovinsekt är det viktigt att utreda detta vidare, eftersom en hög predation på larver angripna av parasitoider på sikt kan leda till en minskning av parasitoidpopulationen.

4.2.3 Insektspatogena svampar och nematoder

Insektspatogena svampar och nematoder är naturligt förekommande i jordbruksmark och kan, direkt eller indirekt, orsaka rapsbaggens död, genom infektering av insekten i adult, larv- eller puppstadium (Hokkanen 2008). En svamp som kan orsaka hög dödlighet hos rapsbagge är *Metarhizium anisopliae*, som bland annat har visats orsaka 75 % dödlighet hos rapsbaggelarver i Finland (Hokkanen 2008), samt en minskad överlevnad hos övervintrande rapsbaggar (Hokkanen & Menzler-Hokkanen 2018). För att nyttja svampen för biologisk bekämpning av rapsbagge kan den spridas direkt i fält eller inokuleras på bin, som effektivt kan sprida svampen till blommor när de söker nektar och pollen (Mänd et al. 2010). Svampen kan sedan infektera rapsbaggar som besöker blommorna, samt spridas vidare inom fältet och till jorden, via andra insekter eller via växtdelar som faller till marken. Butt et al. (1998) fann att bin inokulerade med *M. anisopliae* ledde till en markant förhöjd dödlighet hos rapsbagge i odlingar av både höst- och vårraps. Effekten var störst under rapsens blomning, då födosökningen var som mest intensiv för både honungsbin och rapsbaggar. Metoden har potential att kombineras med en tidigt blommande fångstgröda (se avsnitt 4.3), vilket skulle kunna öka effekten, samt rikta bekämpningen mot den första generationen av rapsbagge, som orsakar störst skada på rapsen (Butt et al. 1998; Hokkanen 2008).



Pollinerare är viktiga nyttoinsekter i rapsodlingen, och kan bland annat bidra till en ökad skörd (Mänd et al. 2010). Det har också gjorts försök där bin används i bekämpningen av rapsbagge, genom att de inokulerades med en insektspatogen svamp som de sedan spred till rapsblommorna.

Trots goda resultat i försök har behandlingar med *M. anisopliae* på stor skala inte haft någon effekt på antalet rapsbaggar i den nya generationen (Hokkanen 2008). Behandling med svampen har dock visats påverka vinteröverlevnaden hos rapsbagge, vilket kan ha stor påverkan på populationsstorleken efterföljande vår. Undersökningar har visat att förekomsten av insektspatogena svampar är låg i jordbruksmark i Europa, och återinföring av till exempel *M. anisopliae* har god potential för att öka den biologiska bekämpningen av rapsbagge (Hokkanen 2008). För att bekämpning med insektspatogena svampar inte ska ge oönskade effekter på ekosystemen i

odlingslandskapet bör effekterna på andra insekter, i synnerhet andra naturliga fiender, utredas innan metoden används på stor skala. Husberg och Hokkanen (2001) har visat att *M. anisopliae* infekterar *D. capito* i hög utsträckning, men att *P. morionellus* är mindre känslig. Det är dock fortfarande osäkert hur till exempel *T. heterocerus* och *P. interstitialis*, som är de vanligast förekommande parasitoiderna på rapsbagge i Sverige, påverkas av *M. anisopliae*.

Även insektspatogena nematoder, mikroskopiska marklevande maskar, kan användas för biologisk bekämpning av rapsbagge. I försök i flera länder i Europa, däribland Sverige, var antalet nykläckta rapsbaggar i genomsnitt 60 % färre i försöksrutor som behandlats med nematoden *Steinernema fletiae* jämfört med i kontrollrutor (Hokkanen et al. 2006). I ett liknande försök i Finland minskade antalet rapsbaggar med 95 % efter behandling med *S. fletiae* i rapsbaggens tidiga puppstadium (Hokkanen 2008). Flera insektspatogena nematoder, däribland *S. fletiae*, förekommer i låga tätheter i oljeväxtfält, vilket tyder på att det finns en möjlighet att öka den biologiska bekämpningen av rapsbagge genom att berika jorden med nematoder (Hokkanen et al. 2006). För att uppnå lika goda resultat som i försök krävs dock att behandlingen utförs vid precis rätt tidpunkt, och att nematoder tillsätts i höga koncentrationer, vilket gör metoden relativt komplicerad och kostsam (Hokkanen 2008). Det är möjligt att framtida lösningar, till exempel där nematoder automatiskt släpps ut från behållare som placeras i fält, förenklar metoden.

Vissa mikrosporidier, encelliga svampar, parasiterar på insekter, och infekterade insekter kan bland annat ha lägre fekunditet eller förkortad livslängd. Infektion av *Nosema meligethi*, ett mikrosporidium som är obligat intracellulär parasit på rapsbagge, har visats minska rapsbaggens fekunditet, samt orsaka en hög mortalitet under övervintringen (Hokkanen & Lipa 1995; Hokkanen 2008). *N. meligethi* förekommer bland annat i populationer av rapsbagge i Finland, men har inte hittats i Sverige (Hokkanen & Menzler-Hokkanen 2018). Det finns dock andra mikrosporidier i Sverige som skulle kunna ha liknande effekter, däribland *Anncalia meligethi* (Lipa & Ekblom 2003). Förekomsten av mikrosporidier är lägre i områden med hög användning av insekticider (Lipa & Ekblom 2003; Hokkanen 2008), vilket skulle kunna bero på att bekämpningsmedel ofta dödar infekterade individer mer effektivt än friska, och regelbunden bekämpning med insekticider kan därför hindra spridningen av patogen. Om mikrosporidier ska användas för biologisk bekämpning av rapsbagge måste det därför samordnas med en förändring i användningen av bekämpningsmedel.

4.2.4 Sterile Insect Technique (SIT)

Sterile Insect Technique (SIT) är en bekämpningsmetod där steriliserade individer, oftast hanar, av en skadegörare sprids i en population, varpå hanarna parar sig med vilda honor utan att det resulterar i en avkomma (Dyck et al. 2005). Tekniken minskar därmed antalet avkommor av skadegöraren, och upprepade spridningar av sterila individer kan leda till att den vilda populationen kraschar. Tekniken har använts sedan 1950-talet, och bland annat gett goda resultat i försök att bekämpa den tropiska myggan *Aedes aegypti*, som sprider denguefeber (Lees et al. 2015).

Det har inte gjorts några försök att sterilisera rapsbagge, och eftersom SIT innebär höga kostnader och framför allt lämpar sig för skadegörare inom relativt begränsade områden (Dyck et al. 2005), är tekniken troligtvis av mycket begränsad användning för bekämpning av rapsbagge. För arter med hög spridningsförmåga, såsom rapsbaggen, är risken stor att individer från andra populationer migrerar in i områden där bekämpning skett, vilket kan motverka effekterna av sterila individer. Dessutom är det osäkert hur en art påverkas av steriliseringen, och steriliserade individer kan till exempel ha en lägre spridningsförmåga eller vara sämre i konkurrensen om honor, vilket ytterligare kan begränsa effekten av bekämpning med SIT.

4.3 Fångstgrödor

En fångstgröda är en gröda som sås i eller i anslutning till odlingsfältet, med syfte att locka bort skadegörare från huvudgrödan. För rapsbaggen har flera växtsorter visat sig vara mer attraktiva än raps, däribland rybs (*Brassica rapa*) och svartsenap (*Brassica nigra*), och flera av dem anses ha potential som fångstgröda (Skellern & Cook 2018a). Trots det är det relativt få studier som har testat effekten av en fångstgröda på förekomsten av rapsbagge i huvudgrödan. Cook et al. (2004) fann att rybs som såddes i kanten av en rapsodling, så att rybsen utgjorde ungefär 10 % av ytan, ledde till signifikant färre rapsbaggar i huvudgrödan än i kontrollrutor utan fångstgröda. Effekten kvarstod under hela tiden då rapsen befann sig i det känsliga knoppstadiet, och rutor med fångstgröda hade mindre skador än kontrollrutor. Förekomsten av rapsbaggar kan vara lika hög, eller högre, i odlingar med en omgivande fångstgröda (Cook et al. 2004), men tätheten av rapsbaggar koncentreras till ytan med fångstgrödan (Frearson et al. 2005). Detta gör att fångstgrödor kan användas för att minska ytan som behöver behandlas vid bekämpning, vilket kan nyttjas vid bekämpningar med både kemiska och biologiska medel. Hokkanen och Menzler-Hokkanen (2018) föreslog till exempel att en fångstgröda kan användas i kombination med insektspatogena svampar, och på så sätt minska mängden svampsporor som behöver spridas.

När rapsbaggen anländer till odlingsfälten på våren stannar de ofta i kanten, och det är vanligt att förekomsten är högre i kanten än i mitten av fältet. En fångstgröda är därför mest effektiv om den sås i ett band runt fältet (Skellern & Cook 2018a). Fångstgrödan bör dessutom, för att vara mer attraktiv än huvudgrödan, blomma tidigare än rapsen. I försök har det visats att rapsbaggen föredrar rybs framför raps när båda sorterna är i knoppstadium, samt när enbart rybsen blommar (Cook et al. 2007). När båda sorterna blommade var det däremot ingen skillnad på vilken sort rapsbaggen föredrog. Den ökade attraktionen från blommande exemplar kan dels bero blommornas gula färg (Döring et al. 2012), men också på skillnader i vilka doftämnen som utsöndras under olika utvecklingsstadium (Cook et al. 2007). I en studie i Storbritannien gav fångstgrödor varierande resultat på förekomsten av rapsbagge i huvudgrödan, men de år då fångstgrödan inte ledde till minskade förekomst av rapsbagge var skillnaden i blomning mellan fångstgrödan och huvudgrödan liten (cirka en vecka; Cook et al. 2013), vilket ytterligare visar på vikten av fångstgrödans tidiga blomning.

Att avsätta en del av fältet till odling av en fångstgröda är dock inte alltid ekonomiskt, vilket också har uppmärksamats i försök (Cook et al. 2013). Vi kan illustrera detta med ett räkneexempel:

Om avkastningen av raps är 3 350 kg/ha (baserat på genomsnitt för konventionellt odlad höstraps 2014 – 2018; SCB 2020) och priset är 4 kr/kg (avrundat från Lantmännens rapspris för 2020; Lantmännen n.d.) skulle det resultera i ett pris på 13 400 kr/ha. Kostnaden för att bespruta en hektar åkermark varierar beroende på bekämpningsmedel, men ligger mellan 350 – 500 kr (medräknat en arbetskostnad på 300 kr/ha, men inga ställtider; Aiéro et al. 2021). Behövs en andra bekämpning stiger priset till 900 – 1 100 kr/ha. Detta är dock fortfarande billigare än att avsätta 10 % av åkerarealen till en fångstgröda, vilket skulle resultera i en förlorad inkomst (kostnad) på 1 340 kr/ha. Här är dessutom inget oljehaltstillägg medräknat, så den egentliga kostnaden för att avsätta mark till en fångstgröda kan vara högre.

I detta exempel bör noteras dels att avkastningen troligtvis är lågt räknad, dels att ytan som krävs för en fångstgröda är baserad på försök med relativt små odlingsfält (försöksrutorna var totalt 30x30 m). Vilken yta som krävs för att minska skador i större fält är idag inte utrett, och kan därför vara högre eller lägre än vad som anges i exemplet. Det är dock ändå möjligt att användningen av fångstgrödor

för att minska skadorna av rapsbagge framför allt lämpar sig i ekologisk odling, där få eller inga alternativ för bekämpning är tillåtna.

Typen av fångstgröda bör väljas med omsorg, dels för att vara tillräckligt attraktiv för att locka bort rapsbaggen från huvudgrödan, dels för att inte gynna andra skadegörare. Jordbruksverket rekommenderar till exempel inte att senap används som fångstgröda eftersom det kan leda till en uppförkning av klumprotsjuka, en svampsjukdom som kan orsaka mycket stora skador på raps (Jordbruksverket 2014). En möjlig lösning i framtiden är att ta fram en tidigt blommande rapssort som kan användas som fångstgröda. Detta har potential att öka användningen av fångstgrödor i växtskyddssyfte, eftersom det inte längre skulle vara nödvändigt att helt avsätta delar av fältet till en gröda utan avkastning.

4.4 Integrerat växtskydd (IPM)

Integrerat växtskydd (på engelska *integrated pest management*, IPM) är en bekämpningsstrategi som syftar till att minska beroendet av kemiska bekämpningsmedel, genom att tillämpa bland annat förebyggande åtgärder och behovsanpassad bekämpning, samt uppföljning och utvärdering av alla åtgärder. Exempel på åtgärder är en anpassad växtföljd, optimerad planttäthet, bevakning av skadegörarnas utveckling i fält, och tröskelvärden för kemisk bekämpning. Integrerat växtskydd är sedan 2014, då EU:s direktiv om hållbar användning av bekämpningsmedel infördes, ett krav i all yrkesmässig odling inom EU. Integrerat växtskydd är en viktig del av bredare strategier för att minska negativa miljöeffekter av jordbruk, ofta kallat integrerad odling eller integrerad produktion, som strävar mot ett jordbruk som är både ekonomiskt och miljömässigt hållbart.

I jämförelser med konventionell odling visades odling som tillämpade integrerad produktion, i kombination med icke-invasiv jordbearbetning, minska förekomsten av flera olika skadegörare i raps, däribland rapsbagge (Nilsson et al. 2015). Användningen av bekämpningsmedel åtminstone halverades i odlingar med integrerad produktion, och områden som inte behandlades med insekticider hade en högre parasiteringsgrad. Dessutom har odlingar med integrerad produktion visats ha högre förekomst av marklevande rovinsekter (Piper & Williams 2004; Nilsson et al. 2015), vilket tyder på en hög potential för biologisk bekämpning av rapsbagge. Skörden från odlingar med integrerad produktion blev något lägre än från konventionella odlingssystem, men skillnaden var mycket liten (Nilsson et al. 2015). Dessutom sänktes produktionskostnaden och energitillgången i den integrerade produktionen, vilket gjorde att de negativa miljöeffekterna kunde minimeras samtidigt som odlingssystemet var ekonomiskt hållbart.

För att uppnå ett integrerat växtskydd effektivt mot rapsbagge bör jorden i rapsfält inte plöjas efter skörden, utan efterföljande gröda bör direktsås utan jordbearbetning (Hokkanen 2008). Dessutom bör användningen av bekämpningsmedel minimeras, och eventuella bekämpningar bör göras då de har som minst skadliga effekter på rapsbaggens naturliga fiender. Detta gäller även för efterföljande gröda om den sås på hösten, för att bekämpningsmedlen inte ska skada övervintrande parasitoider eller insektspatogena nematoder. Om problemen med rapsbagge kvarstår efter dessa åtgärder vidtagits kan behandlingar med insektspatogena svampar användas, och marklevande rovinsekter kan gynnas ytterligare genom till exempel samodling med klöver (Hokkanen 2008). Dessutom kan parasitsteklar gynnas genom att öka förekomsten av vilda blommor i anslutning till rapsfälten (Skellern & Cook 2018a).

Det är möjligt att sådden av raps, till exempel när den sker och med vilken täthet, kan påverka omfattningen av rapsbaggens angrepp, men resultaten av studier kring detta varierar. Tidig sådd av

raps, för att rapsen ska ha utvecklats förbi det mest känsliga knoppstadiet innan rapsbaggens inflygning, har till exempel i vissa studier inte visats påverka rapsbaggens förekomst eller omfattningen av skadan på skörden (Skellern & Cook 2018b). Larver som utvecklades på tidigt blommande plantor har däremot visats ha en lägre parasiteringsgrad, möjligtvis på grund av att parasitoiderna ankommer till fälten senare under säsongen. Högre planttäthet har också potential att minska rapsbaggens påverkan på skörden, eftersom antalet rapsbaggar per planta minskar (som en effekt av utspädning). Samtidigt kan en hög planttäthet minska rapsens förmåga att kompensera för skador, genom att till exempel skuta nya grenar, vilket i stället kan leda till minskad skörd (Skellern & Cook 2018b). Troligtvis beror de varierande resultaten på att det är flera olika faktorer som samverkar, och det är svårt att dra några konkreta slutsatser kring hur rapsen bör sås för att optimera växtskyddet.

I Storbritannien utvecklades en strategi för integrerat växtskydd mot rapsbagge, med fokus på att använda prognosmodeller och fällor för att underlätta övervakningen av rapsbagge i fält, samt att odla fångstgrödor för att minska behovet av bekämpning (Cook et al. 2013). Beslutsstödsystemet proPlant Expert visades minska både tid och kostnader av inventeringar, genom att ge information om tidpunkt för rapsbaggens inflygning, samt när populationen förväntades överskrida tröskelvärden för bekämpning. Eftersom systemet dessutom kunde ge information om den förväntade utvecklingen av antalet rapsbaggar i fältet minskade antalet onödiga bekämpningar, till exempel i de fall där förekomsten var hög men förväntades minska. Odling av rybs som fångstgröda gav varierande resultat på rapsbaggens förekomst i huvudgrödan, och rekommenderades framförallt som alternativ i ekologisk odling (Cook et al. 2013).

4.4.1 Samverkan med andra skadegörare

För att uppnå en hållbar rapsodling krävs ett helhetsgrepp kring växtskydd som tar hänsyn till bland annat hur olika skadegörare samverkar, samt hur växtskyddsåtgärder påverkar både andra skadegörare och nyttoorganismer. Skellern och Cook (2018b) har till exempel föreslagit att tröskelvärden för kemisk bekämpning i framtiden bör vara baserade på förekomsten av flera arter, eftersom den gemensamma påverkan av olika skadegörare inte alltid är densamma som summan av deras enskilda påverkan. Tvärtom kan det vara svårt att förutsäga hur de kommer att samverka, och de sammanlagda effekterna kan ibland vara rent konstraintuitiva (det har till exempel visats att allvarliga angrepp av rapsvivel och stamvivel kan ge en högre rapsskörd, troligtvis på grund av att plantan överkompenserar med nya grenar). Tröskelvärden baserade på flera skadegörare har därför potential att ytterligare minska användningen av bekämpningsmedel (Skellern & Cook 2018b). För att definiera dessa tröskelvärden krävs dock omfattande studier.

Växtskyddsåtgärder som sätts in mot skadegörare påverkar så klart även andra organismer i odlingslandskapet, och ett väl integrerat växtskydd kräver därför avvägningar baserade på kunskap om den specifika gårdens förutsättningar. Till exempel kan plöjningsfri sådd efter odling av raps gynna rapsbaggens naturliga fiender och minska överlevnaden av bomullsmöglets (*Sclerotinia sclerotiorum*) sklerotier (ett slags långlivade vilkroppar; Twengström 1999), samtidigt som det potentiellt kan gynna skidgallmygga (*Dasyneura brassicae*), en insekt som kan orsaka mycket stora skador på raps (Sattar Panahi 2018). Plöjning är också viktig för ogräshantering, vilket i sin tur påverkar uppförökningen av till exempel patogena svampar. Om det finns risk för angrepp av skidgallmygga eller saknas andra möjligheter för ogräsbekämpning kan det därför vara lämpligt att plöja fälten även efter odling av raps. Även vid användning av kemiska bekämpningsmedel krävs kunskap om hur andra organismer påverkas. Till exempel har beståndet av parasitsteklar i Finland visats krascha i samband med att bladlöss bekämpas i fält där raps odlades föregående säsong

(Hokkanen & Menzler-Hokkanen 2018). För ett hållbart integrerat växtskydd krävs därför en bred kunskap om odlingslandskapets organismer och deras samverkan, kunskap som i stor utsträckning saknas idag.



Jordloppor (Phyllotreta spp.) är en annan skadeinsekt i rapsodlingar. Det är ännu inte utrett hur olika skadeinsekter samverkar i odlingslandskapet, men sådan kunskap har potential att effektivisera användningen av bekämpningsmedel.

4.4.2 Regional samverkan

Flera viktiga skadeinsekter i raps, däribland rapsbagge, är beroende av att varje år lokalisera sin värdväxt för fortplantning. Eftersom rapsbaggen dör i slutet av säsongen skulle ett år utan tillräckliga bestånd av värdväxten kunna innebära att populationen kraschar. Genom att på regional skala samordna växtföljderna så att det med jämna mellanrum infaller år då ingen raps odlas skulle detta kunna utnyttjas i hanteringen av skadeinsekter (Zheng et al. 2020). Metoden har testats under en säsong i Tyskland på 70-talet, och ledde då till tydligt minskade angrepp av skidgallmygga och blygrå rapsvivel. Effekten på rapsbaggen var något mindre, möjligtvis på grund av rapsbaggens goda spridningsförmåga.

För att regional samverkan av växtföljder ska kunna användas som del av växtskyddsstrategier krävs metoder för storskaligt samarbete mellan växtodlare. Dessutom behöver effekten på andra organismer i odlingslandskapet, såsom skadeinsekternas naturliga fiender, utredas.

5 Slutsats

Rapsbaggen är idag en av de viktigaste skadegörarna i raps, och angreppens omfattning kan komma att öka i framtiden. Att övervaka rapsbaggens förekomst i odlingsfälten är idag resurskrävande, men det finns potential att utveckla system för automatisk övervakning, till exempel baserat på bild eller ljusradar. För bekämpning av rapsbagge finns ett behov av nya metoder, bland annat på grund av en utbredd pyretroidresistens, samt avsaknaden av bekämpningsmedel lämpliga för ekologisk odling. Bevarande biologisk bekämpning, där naturliga fiender gynnas i odlingslandskapet, kan i många fall

ge en tillräcklig minskning av rapsbaggepopulationen för att undvika ekonomisk förlust. Framför allt är det parasitoider och marklevande rovinsekter som angriper rapsbagge, och dessa kan gynnas med ett integrerat växtskydd, vilket i försök har lett till minskade förekomster av rapsbagge i odlingsfälten. För att gynna den biologiska bekämpningen av rapsbagge bör man:

- inte plöja fältet efter odling av raps, utan om möjligt direktså efterföljande gröda,
- minska användningen av bekämpningsmedel, och åtminstone inte bekämpa efter att rapsen börjat blomma, samt
- öka förekomsten av vilda blommor i anslutning till rapsfält.

I ekologisk odling kan det dessutom vara lämpligt att odla rybs som fångstgröda runt rapsen, för att minska förekomsten av rapsbagge i huvudgrödan.

6 Referenser

- Aiéro M et al. (2021) *Bekämpningsrekommendationer; Svampar och insekter 2021*.
- Ascard J, Löfkvist K, Mie A, Wivstad M (2017) *Växtskyddsmedel i ekologisk produktion*.
- Batista GEAPA, Hao Y, Keogh EJ, Mafra-Neto A (2011) Towards automatic classification on flying insects using inexpensive sensors. *Proceedings - 10th International Conference on Machine Learning and Applications, ICMLA 1*, 364–369. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2011.145>
- Baum JA et al. (2007) Control of coleopteran insect pests through RNA interference. *Nature Biotechnology* 25, 1322–1326. <https://doi.org/10.1038/nbt1359>
- Billqvist A, Ekblom B (2001) Effects of host plant species on the interaction between the parasitic wasp *Diospilus capito* and pollen beetles (*Meligethes* spp.). *Agricultural and Forest Entomology* 3, 147–152. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2001.00099.x>
- Blight MM, Smart LE (1999) Influence of visual cues and isothiocyanate lures on capture of the pollen beetle, *Meligethes aeneus* in field traps. *Journal of Chemical Ecology* 25, 1501–1516. <https://doi.org/10.1023/A:1020876513799>
- Borgström P, Jasarevic M, Wallenhammar A-C, Anderson P, Friberg H, Larsson M, Lundin O (2019) *Växtskydd i raps, åkerbönor och ärter: kunskapsbehov och forskningsinriktningar*.
- Brydegaard M (2015) Towards quantitative optical cross sections in entomological laser radar - Potential of temporal and spherical parameterizations for identifying atmospheric fauna. *PLoS ONE* 10, e0135231. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135231>
- Büchi R (2002) Mortality of pollen beetle (*Meligethes* spp.) larvae due to predators and parasitoids in rape fields and the effect of conservation strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 255–263. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00213-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00213-4)
- Büchs W, Nuss H (2000) First steps to assess the importance of epigeic active polyphagous predators on oilseed rape insect pests with soil pupating larvae. *IOBC/Wprs Bulletin* 23, 151–163. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.426.9791&rep=rep1&type=pdf#page=166>
- Butt TM, Carreck NL, Ibrahim L, Williams IH (1998) Honey-bee-mediated infection of pollen beetle (*Meligethes aeneus* Fab.) by the insect-pathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology* 8, 533–538. <https://doi.org/10.1080/09583159830045>
- Chen Y, Why A, Batista GEAPA, Mafra-Neto A, Keogh EJ (2014) Flying Insect Classification with Inexpensive Sensors. *Journal of Insect Behavior* 27, 657–677. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9454-4>
- Cook SM, Döring TF, Ferguson AW, Martin JL, Skellern MP, Smart LE, Watts NP, Welham SJ, Woodcock C, Pickett JA (2013) *Development of an integrated pest management strategy for control of pollen beetles in winter oilseed rape*. (Issue 504). <https://doi.org/10.13140/2.1.2473.4089>
- Cook SM, Rasmussen HB, Birkett MA, Murray DA, Pye BJ, Watts NP, Williams IH (2007) Behavioural and chemical ecology underlying the success of turnip rape (*Brassica rapa*) trap crops in protecting oilseed rape (*Brassica napus*) from the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). *Arthropod-Plant Interactions* 1, 57–67. <https://doi.org/10.1007/s11829-007-9004-5>
- Cook SM, Watts NP, Hunter F, Smart LE, Williams IH (2004) Effects of a turnip rape trap crop on the spatial distribution of *Meligethes aeneus* and *Ceutorhynchus assimilis* in oilseed rape. *IOBC/WPRS Bulletin* 27, 199–206.
- Döring TF, Skellern MP, Watts NP, Cook SM (2012) Colour choice behaviour in the pollen beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae). *Physiological Entomology* 37, 360–378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2012.00850.x>
- Drake A (2002) Automatically operating radars for monitoring insect pest migrations. *Entomologia Sinica* 9, 27–39.

- Dwivedi M, Shadab MH, Santosh VR (2020) Insect Pest Detection, Migration and Monitoring Using Radar and LiDAR Systems. In A. Chakravarthy (Ed.), *Innovative Pest Management Approaches for the 21st Century* Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-15-0794-6_4
- Dyck VA, Hendrichs J, Robinson AS (2005) *Sterile Insect Technique*. Springer, Dordrecht. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/1-4020-4051-2>
- Ekbohm B, Kuusk A-K (2001) Rapsbaggar och resistens mot pyretroider. *Växtskyddsnotiser* 65, 39–42.
- FaunaPhotonics (n.d.) *Technology*. Retrieved July 6, 2020, from <https://www.faunaphotonics.com/technology/>
- Ferguson AW, Nevard LM, Clark SJ, Cook SM (2015) Temperature-activity relationships in *Meligethes aeneus*: Implications for pest management. *Pest Management Science* 71, 459–466. <https://doi.org/10.1002/ps.3860>
- Ferguson AW, Skellern MP, Johnen A, von Richthofen JS, Watts NP, Bardsley E, Murray DA, Cook SM (2016) The potential of decision support systems to improve risk assessment for pollen beetle management in winter oilseed rape. *Pest Management Science* 72, 609–617. <https://doi.org/10.1002/ps.4069>
- Fogelfors H (2015) *Vår mat*. Studentlitteratur.
- Frearson DJT, Ferguson AW, Campbell JM, Williams IH (2005) The spatial dynamics of pollen beetles in relation to inflorescence growth stage of oilseed rape: Implications for trap crop strategies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 116, 21–29. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00299.x>
- Geley S, Müller C (2004) RNAi: Ancient mechanism with a promising future. *Experimental Gerontology* 39, 985–998. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2004.03.040>
- Hanson HI, Smith HG, Hedlund K (2015) Agricultural management reduces emergence of pollen beetle parasitoids. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 205, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.001>
- Hokkanen HMT (2000) The making of a pest: Recruitment of *Meligethes aeneus* onto oilseed Brassicas. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 95, 141–149. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00652.x>
- Hokkanen HMT (2004) Impact of predators on pollen beetle *Meligethes aeneus* on rapeseed in Finland. *IOBC/Wprs Bulletin* 27, 293–296.
- Hokkanen HMT (2008) Biological control methods of pest insects in oilseed rape. *EPPO Bulletin* 38, 104–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2008.01191.x>
- Hokkanen HMT, Lipa JJ (1995) Occurrence and dynamics of *Nosema meligethi* (Microsporidia) in populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) in Finland. *Entomologica Fennica* 6, 11–18. <https://doi.org/10.33338/ef.83832>
- Hokkanen HMT, Menzler-Hokkanen I (2018) Developing ecostacking techniques for pollen beetle management in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions* 12, 767–777. <https://doi.org/10.1007/s11829-018-9650-9>
- Hokkanen HMT, Vojinovic MZ, Büchs W, Klukowski Z (2006) Effectiveness of Entomopathogenic Nematodes in the Control of OSR Pests. *CD Proc Int Symp Integrated Pest Management in Oilseed Rape, 3–5 April 2006, Goettingen, Germany. August 2015*.
- Husberg GB, Hokkanen HMT (2001) Effects of *Metarhizium anisopliae* on the pollen beetle *Meligethes aeneus* and its parasitoids *Phradis morionellus* and *Diospilus capito*. *BioControl* 46, 261–273. <https://doi.org/10.1023/A:1011479616787>
- Johnen A, Williams IH, Nilsson C, Klukowski Z, Luik A, Ulber B (2010) The proPlant decision support system: Phenological models for the major pests of oilseed rape and their key parasitoids in Europe. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 381–402). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3983-5>
- Jonsson M (2020) *Vad är biologisk bekämpning?* SLU. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-biologisk-bekampning-cbc/om-biologisk-bekampning/>

- Jordbruksverket (n.d.-a) *Aktuellt från växtskyddscentralerna*. Retrieved July 2, 2020, from <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/aktuellt-fran-vaxtskyddscentralerna>
- Jordbruksverket (n.d.-b) *Växtskyddsinfo: Rapsbagge Oljevaxter*. Retrieved July 2, 2020, from https://fou.jordbruksverket.se/vxinfo/answer_skade.php
- Jordbruksverket (2014) *Odlingsvägledning, integrerat växtskydd - höstraps*.
- Jordbruksverket (2020) *Växtskyddsåtgärder*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/vaxtskyddsatgarder>
- Junk J, Jonas M, Eickermann M (2015) Assessing meteorological key factors influencing crop invasion by pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) - Past observations and future perspectives. *Meteorologische Zeitschrift* 25, 357–364. <https://doi.org/10.1127/metz/2015/0665>
- Kiskin I, Zilli D, Li Y, Sinka M, Willis K, Roberts S (2020) Bioacoustic detection with wavelet-conditioned convolutional neural networks. *Neural Computing and Applications* 32, 915–927. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3626-7>
- Knorr E et al. (2018) Gene silencing in *Tribolium castaneum* as a tool for the targeted identification of candidate RNAi targets in crop pests. *Scientific Reports* 8, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20416-y>
- Lantmännen (n.d.) *Slutpriser skörd 2020*.
- Lees RS, Gilles JR, Hendrichs J, Vreysen MJ, Bourtzis K (2015) Back to the future: the sterile insect technique against mosquito disease vectors. *Current Opinion in Insect Science* 10, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.011>
- Lipa JJ, Ekblom B (2003) Microsporidian, haplosporidian, and eugregarine parasites present in populations of *Meligethes aeneus* F. in Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science* 53, 87–89. <https://doi.org/10.1080/09064710310005536>
- López O, Martínez Rach M, Migallon H, Malumbres MP, Bonastre A, Serrano JJ (2012) Monitoring pest insect traps by means of low-power image sensor technologies. *Sensors* 12, 15801–15819. <https://doi.org/10.3390/s121115801>
- Mänd M, Williams IH, Viik E, Karise R (2010) Oilseed rape, bees and integrated pest management. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 357–379).
- Mankin RW, Machan R, Jones R (2006) Field Testing of a Prototype Acoustic Device for Detection of Mediterranean Fruit Flies Flying into a Trap. *Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance* 165–169.
- Maskinbladet (2019) *Fangbakker til daglig varsling mod skadedyr*. <https://www.maskinbladet.dk/agro/artikel/62953-fangbakker-daglig-varsling-mod-ska-dedyr>
- Mauchline AL, Hervé MR, Cook SM (2018) Semiochemical-based alternatives to synthetic toxicant insecticides for pollen beetle management. *Arthropod-Plant Interactions* 12, 835–847. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9569-6>
- Menzler-Hokkanen I, Hokkanen HMT, Büchs W, Klukowski Z, Luik A, Nilsson C, Ulber B, Williams IH (2006) Insect problems in European oilseed rape cultivation, and how to deal with them: the OSR farmers' perspective. *IOBC/Wprs Bulletin* 29, 91–94.
- Mukundarajan H, Hol FJH, Castillo EA, Newby C, Prakash M (2017) Using mobile phones as acoustic sensors for high-throughput mosquito surveillance. *eLife* 6, e27854. <https://doi.org/10.7554/eLife.27854>
- Nauen R, Zimmer CT, Andrews M, Slater R, Bass C, Ekblom B, Gustafsson G, Hansen LM, Kristensen M, Zebitz CPW, Williamson MS (2012) Target-site resistance to pyrethroids in European populations of pollen beetle, *Meligethes aeneus* F. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 103, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.04.012>
- Nilsson C (1988) The pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) in winter and spring rape at Alnarp 1976-1978. III.

- Mortality factors. *Växtskyddnotiser* 52, 145–150.
- Nilsson C (1995) *Faktablad om växtskydd 35 J*. SLU.
- Nilsson C (2010) Impact of soil tillage on parasitoids of oilseed rape pests. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 305–311).
- Nilsson C, Büchs W, Klukowski Z, Luik A, Ulber B, Williams IH (2015) Integrated crop and pest management of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Zemdirbyste-Agriculture* 102, 325–334.
<https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.042>
- Öberg S, Cassel-Lundhagen A, Ekbohm B (2011) Pollen beetles are consumed by ground- and foliage-dwelling spiders in winter oilseed rape. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 138, 256–262.
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01098.x>
- Piper R, Williams IH (2004) Incidence and feeding activity of epigeic, predatory invertebrates within winter oilseed rape in the UK with comparisons between integrated and conventional crop management. *IOBC/Wprs Bulletin* 27, 281–288.
- Qing Y, Jun L, Qing-jie L, Guang-qiang D, N, Bao-jun Y, Hong-ming C, Jian T (2012) An Insect Imaging System to Automate Rice Light-Trap Pest Identification. *Journal of Integrative Agriculture* 11, 978–985.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60089-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60089-6)
- Raman DR, Gerhardt RR, Wilkerson JB (2007) Detecting insect flight sounds in the field: Implications for acoustical counting of mosquitoes. *Transactions of the ASABE* 50, 1481–1485.
- Richardson DM (2008) Summary of findings from a participant country pollen beetle questionnaire. *OEPP/EPPO Bulletin* 38, 68–72. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2008.01183.x>
- Riggi LG, Gagic V, Bommarco R, Ekbohm B (2016) Insecticide resistance in pollen beetles over 7 years - a landscape approach. *Pest Management Science* 72, 780–786. <https://doi.org/10.1002/ps.4052>
- Riggi LG, Gagic V, Rusch A, Malsher G, Ekbohm B, Bommarco R (2017) Pollen beetle mortality is increased by ground-dwelling generalist predators but not landscape complexity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 250, 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.039>
- Rusch A, Valantin-Morison M, Roger-Estrade J, Sarthou J-P (2012) Local and landscape determinants of pollen beetle abundance in overwintering habitats. *Agricultural and Forest Entomology* 14, 37–47.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00547.x>
- Rusch A, Valantin-Morison M, Sarthou J-P, Roger-Estrade J (2011) Multi-scale effects of landscape complexity and crop management on pollen beetle parasitism rate. *Landscape Ecology* 26, 473–486.
<https://doi.org/10.1007/s10980-011-9573-7>
- Sattar Panahi M (2018) *Den blygrå rapsviveln & skidgallmyggan – Ett växande problem i svensk rapsodling The cabbage seedpod weevil & the brassica pod midge*.
- SCB (2019) *Jordbruksstatistisk sammanställning 2019*.
https://www2.jordbruksverket.se/download/18.643c21e416b9421f4f8a4d09/1561707945214/JS_2019.pdf
- SCB (2020) *Skörd för ekologisk och konventionell odling 2019; Spannmål, trindsäd, oljeväxter, matpotatis och slättervall*.
- Scheid BE, Thies C, Tschardt T (2011) Enhancing rape pollen beetle parasitism within sown flower fields along a landscape complexity gradient. *Agricultural and Forest Entomology* 13, 173–179.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00516.x>
- Selby RD, Gage SH, Whalon ME (2014) Precise and Low-Cost Monitoring of Plum Curculio (Coleoptera: Curculionidae) Pest Activity in Pyramid Traps With Cameras. *Environmental Entomology* 43, 421–431.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1603/EN13136>
- Silva DF, De Souza VMA, Batista GEAPA, Keogh EJ, Ellis DPW (2013) Applying machine learning and audio

- analysis techniques to insect recognition in intelligent traps. *12th International Conference on Machine Learning and Applications 1*, 99–104. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2013.24>
- Skellern MP, Cook SM (2018a) Prospects for improved off-crop habitat management for pollen beetle control in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions 12*, 849–866. <https://doi.org/10.1007/s11829-018-9598-9>
- Skellern MP, Cook SM (2018b) The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions 12*, 867–879. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9571-z>
- Skellern MP, Welham SJ, Watts NP, Cook SM (2017) Meteorological and landscape influences on pollen beetle immigration into oilseed rape crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment 241*, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.008>
- Slater R, Ellis S, Genay JP, Heimbach U, Huart G, Sarazin M, Longhurst C, Müller A, Nauen R, Rison JL, Robin F (2011) Pyrethroid resistance monitoring in European populations of pollen beetle (*Meligethes* spp.): A coordinated approach through the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). *Pest Management Science 67*, 633–638. <https://doi.org/10.1002/ps.2101>
- Smart LE, Blight MM (2000) Response of the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, to traps baited with volatiles from oilseed rape, *Brassica napus*. *Journal of Chemical Ecology 26*, 1051–1064. <https://doi.org/10.1023/A:1005493100165>
- SMHI (2019) *Vind i Sverige*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/vind-i-sverige-1.31309>
- Twengström E (1999) *Faktablad om växtskydd 25 J*. Jordbruksverket.
- Ulber B, Klukowski Z, Williams IH (2010) Impact of insecticides on parasitoids of oilseed rape pests. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 337–355). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3983-5>
- Ulber B, Williams IH, Klukowski Z, Luik A, Nilsson C (2010) Parasitoids of oilseed rape pests in Europe: Key species for conservation biocontrol. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 45–76). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3983-5>
- Valan M, Makonyi K, Maki A, Vondráček D, Ronquist F (2019) Automated Taxonomic Identification of Insects with Expert-Level Accuracy Using Effective Feature Transfer from Convolutional Networks. *Systematic Biology 68*, 876–895. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syz014>
- Vasconcelos D, Nunes N, Ribeiro M, Prandi C, Rogers A (2019) LOCOMOBIS: A low-cost acoustic-based sensing system to monitor and classify mosquitoes. *16th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference 1–6*. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2019.8651767>
- Växtskyddscentralen Linköping (2020) *Resistens hos rapsbagg och blygrå rapsvivel - resultat från 2019*. Jordbruksverket. <http://www.anpdm.com/newsletter/6034837/44425D447843435A4A71>
- Wang J, Zhu S, Lin Y, Svanberg S, Zhao G (2020) Mosquito counting system based on optical sensing. *Applied Physics B: Lasers and Optics 126*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00340-019-7361-2>
- Williams IH, Ferguson AW, Kruus M, Veromann E, Warner DJ (2010) Ground beetles as predators of oilseed rape pests: Incidence, spatio-temporal distributions and feeding. In I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests* (pp. 115–149). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3983-5>
- Williams IH, Frearson D, Barari H, McCartney A (2007) Migration to and dispersal from oilseed rape by the pollen beetle, *Meligethes aeneus*, in relation to wind direction. *Agricultural and Forest Entomology 9*, 279–286. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2007.00343.x>
- Willow J, Soonvald L, Sulg S, Kaasik R, Silva AI, Taning CNT, Christiaens O, Smagghe G, Veromann E (2021) Anther-Feeding-Induced RNAi in *Brassicoglyphus aeneus* Larvae. *Frontiers in Agronomy 3*, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.633120>
- Willow J, Sulg S, Taning CNT, Silva AI, Christiaens O, Kaasik R, Prentice K, Lövei GL, Smagghe G, Veromann E

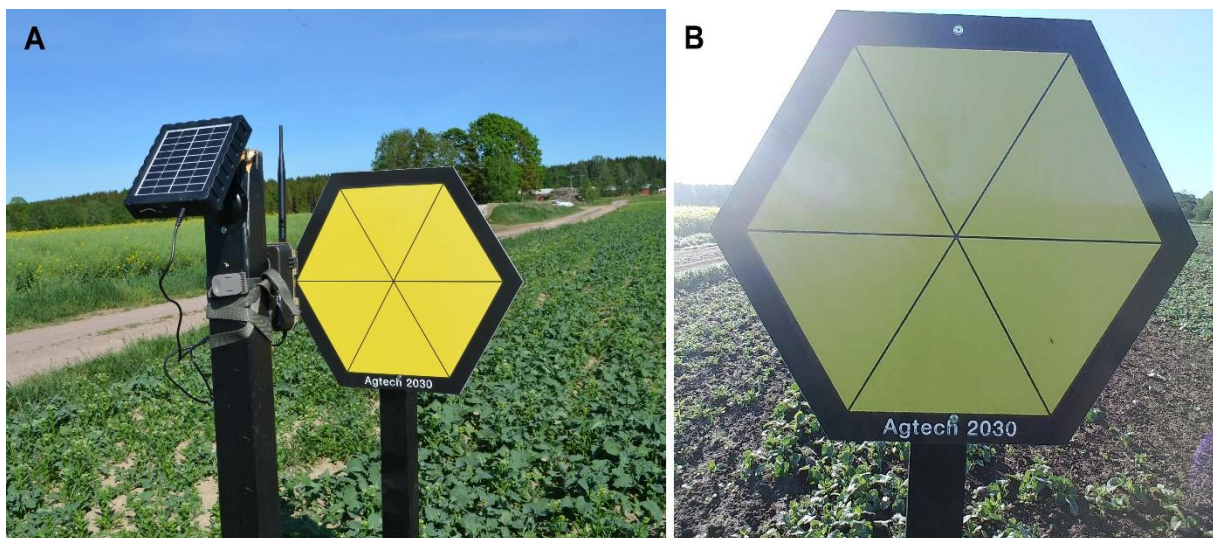
- (2021) Targeting a coatamer protein complex-I gene via RNA interference results in effective lethality in the pollen beetle *Brassicogethes aeneus*. *Journal of Pest Science* 94, 703–712. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01288-6>
- Xie C, Zhang J, Li R, Li J, Hong P, Xia J, Chen P (2015) Automatic classification for field crop insects via multiple-task sparse representation and multiple-kernel learning. *Computers and Electronics in Agriculture* 119, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.10.015>
- Zhang C, Wang P, Guo H, Fan G, Chen K, Kämäräinen J-K (2017) Turning wingbeat sounds into spectrum images for acoustic insect classification. *Electronics Letters* 53, 1674–1676. <https://doi.org/10.1049/el.2017.3334>
- Zheng X, Koopmann B, Ulber B, von Tiedemann A (2020) A Global Survey on Diseases and Pests in Oilseed Rape—Current Challenges and Innovative Strategies of Control. *Frontiers in Agronomy* 2, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590908>

Appendix A: Utveckling av automatisk insektsfälla

Ett syfte med projektet var att utveckla en metod för automatisk övervakning av rapsbagge i odlingsfält, med avseende att minska tidsåtgången jämfört med de metoder som används idag. Under odlingssäsongerna 2020 och 2021 gjordes därför pilottester av bildbaserade insektsfällor i höst- och vårraps i Östergötland och Västergötland. Dessutom spelades flygljud av rapsbagge in på labb och i fält för att undersöka om det är möjligt att använda en fälla som identifierar insekterna baserat på deras vingslagsfrekvens. Även en elektrisk insektsfälla testades på labb.

Bildbaserad insektsfälla

Idag finns en automatisk bildbaserad insektsfälla bestående av en kamera monterad mot en gul, klistrig yta (<http://www.e-gleek.com/>). Inspirerad av den testade vi att montera en viltkamera mot en gul plåtskylt (Figur A1), med förhoppningen att det skulle minska tillsynsbehovet jämfört med en klisterfälla, som behöver bytas regelbundet. Skylten fotograferades dagtid var fjärde timme, och bilderna skickades automatiskt till en webbportal.



Figur A1. Bild A visar en kamera monterad riktad mot en gul plåtskylt. Kameran tog automatiskt bild var fjärde timme, och bilderna skickades till en webbportal. Bild B visar ett exempel på hur bilderna såg ut.

Tre fällor monterades våren 2020 i höstraps i tidigt knoppstadium på olika platser i Östergötland. I början av säsongen var temperaturen för låg för att rapsbaggen skulle vara aktiv, men även när temperaturen steg uteblev fynd av rapsbagge, och i princip alla andra insekter, på bilderna av skyltarna. En av fällorna flyttades till vårraps i Västergötland, och vid ett tillfälle filmades skylten i ungefär en timme, för att se om insekter över huvud taget landade på den. För att jämföra med aktiviteten runt en annan typ av fälla monterades ytterligare en kamera riktad mot en gulskål. Under tiden som kamerorna filmade var insekter mer benägna att landa på eller i gulskålen än på skylten, och de flesta insekter som landade på skylten satt kvar en mycket kort stund (15 – 30 sekunder). Det var alltså mycket låg sannolikhet att fånga insekter på bilderna av skylten. Det finns flera möjliga anledningar till att färre insekter landade på skylten än på gulskålen, till exempel att skylten var en mindre attraktiv gul nyans (Döring et al. 2012), att den hade en blank yta, eller att den var monterad vertikalt (Blight & Smart 1999).

Efter testet monterades kamerorna i stället riktade mot varsin gulskål, och satt så under resterande del av odlingssäsongen 2020, samt odlingssäsongen 2021 (Figur A2). Gulskålar är en väl etablerad insektsfälla, som bland annat kan användas för att detektera inflygningen av rapsbagge till odlingsfält.

Fällan fylls med en såplösning som insekter fastnar i, och en gulskål kan därför, i likhet med en klisterfälla, ge information och det ackumulerade antalet insekter som fångats i fällan. En nackdel med gulskålar är att de måste tömmas regelbundet, eftersom insekter som legat länge i vatten är svåra att identifiera, och eftersom en full fälla lockar nya insekter mindre effektivt än en tom fälla. Behovet av kontroller av fällan skulle dock ändå kunna minskas med hjälp av den regelbundna fotograferingen, dels för att det är möjligt att identifiera insekterna via bilderna, dels för att bilderna kan säkerställa att tömningar bara görs när det är nödvändigt.



Figur A2. Bild A visar hur kameran monterades riktad mot en gulskål. I gulskålen går det att se det ackumulerade antalet insekter, men nackdelen är att vattnet regelbundet måste bytas ut. Bild B visar ett exempel på en gulskålsbild.

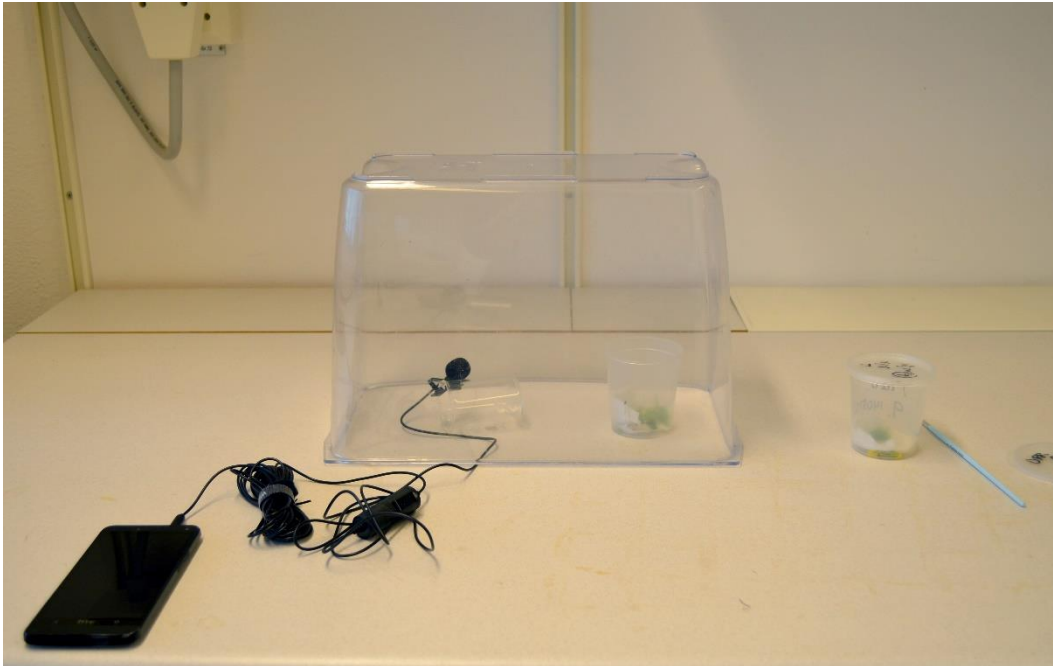
Vilka insekter är nya i fällan?

En av utmaningarna med att använda en gulskål i stället för en klisterfälla är att insekter som fångats i gulskålen kan förflyttas i såplösningen, till exempel vid blåst, vilket kan göra det svårt att urskilja nya insekter i fällan. En möjlighet vore om insekter sjunker till botten när de legat i fällan en stund, då det i så fall skulle kunna antas att flytande insekter nyss har landat i fällan. För att undersöka om så var fallet hämtades 50 rapsbaggarna från ett vårrapsfält i Östergötland i juni 2020. Rapsbaggarna placerades jämnt fördelade i fem burkar med 100 ml såplösning (vatten och diskmedel) i varje. Dessutom placerades fyra vivlar, också hämtade från odlingsfältet, i en likadan burk. Antalet insekter som sjunkit till botten noterades sedan efter 2,5, 19, och 24 timmar. I försöket ökade antalet rapsbaggarna som sjunkit till botten ju längre tid som gått, men vissa insekter (14 %) sjönk till botten omedelbart när de placerades i burken. Efter 2,5 timmar hade majoriteten (60 %) sjunkit till botten, och efter 19 och 24 timmar hade 82 % respektive 84 % sjunkit. Av vivlarna sjönk två till botten direkt, och alla hade sjunkit efter 19 timmar. Trots att det fanns ett mönster att sannolikheten för att insekt skulle ligga på botten ökade med tiden den låg i såplösningen var variationen för stor för att det ska kunna användas som tillförlitlig indikation på om insekten precis landat i fällan.

Inspelning av rapsbaggens flygljud

Flera automatiska insektsfällor, baserade på till exempel mikrofon eller ljusradar, använder sig av insekters vinglagsfrekvens för artbestämning. För att detta ska vara möjligt krävs att fokusinsekten dels har en vinglagsfrekvens utan stora variationer, dels att vinglagsfrekvensen skiljer sig från andra insekter som förekommer i samma miljö. För att identifiera rapsbaggens vinglagsfrekvens och se om den skiljer sig från andra vanligt förekommande insekter i rapsfält spelade vi in flygande insekter på

labb och i fält. Rapsbaggar fångades i fält i juni 2020, och flygljudet spelades in i en sluten låda på labb, med hjälp av en mikrofon ansluten till en mobiltelefon (Figur A3). Även vivlar spelades in på labb, medan övriga insekter, såsom bin och olika sorters flugor, spelades in i anslutning till en gulskål i fält (Figur A4).



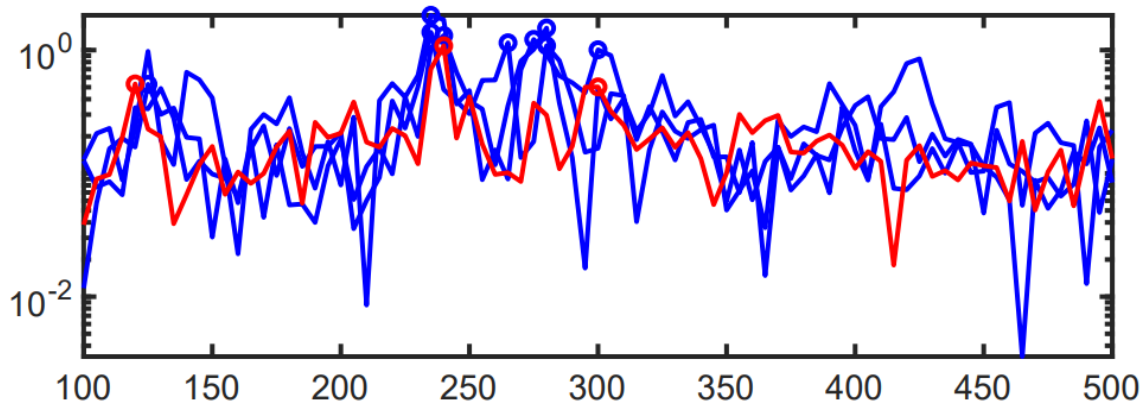
Figur A3. Uppställning för att spela in rapsbaggens flygljud. Rapsbaggar släpptes ut ur plastburken och flög då till lådans ena kant, riktad mot ett fönster, vilket gjorde att de passerade precis förbi mikrofonen.



Figur A4. Uppställning för inspelning av flygljud i fält. Mikrofonen monterades på kanten av en gulskål, som lockar många typer av insekter. På bilden syns en vivel på väg att flyga därifrån.

Vid jämförelser av flygljudet av rapsbagge och vivel visade de sig ha väldigt likt spektrum (Figur A5), och det kan därför bli svårt att skilja dem åt i en ljudbaserad fälla. Det är dock svårt att få tillräckligt

bra ljudkvalitet med mikrofon, utan att få med alltför mycket bakgrundsljud. Ett annat system för att uppfatta vingslagsfrekvensen, till exempel ljusradar, skulle kunna ge ett bättre resultat.



Figur A5. Spektrum för rapsbaggens och vivelns flygljud. Frekvens visas på X-axeln, blåa kurvor är för rapsbagge och röd för vivel. De har en mycket lik frekvenstopp runt 230 Hz.

Elektrisk insektsfälla

En elektrisk insektsfälla skulle kunna vara ett alternativ för att slippa regelbunden tömning. Insekterna skulle då få en stöt som antingen avlivar eller tillfälligt bedövar dem, varpå de kan identifieras och räknas med hjälp av till exempel en kamera. Det finns dock en risk att elektriciteten deformerar insekten och gör den svåridentifierad, något som behöver undersökas för flera olika insektsgrupper.

I juni 2021 testade vi att bedöva rapsbaggar, hämtade från fält i Östergötland, med en elektrisk fälla av typ "insektsracket". Fällan var uppbyggd av flera lager av strömledande galler, och insekter fick en elstöt när de nuddade åtminstone två av gallren samtidigt. Konstruktionen var dock inte optimal för rapsbaggar, eftersom de är så små att det är väldigt osannolikt att de av sig själva kommer åt två galler samtidigt. För att fällan ska fungera i fält bör en annan konstruktion testas.