

Slutrapport

Integrerat växtskydd i jordgubbar: feromonbaserad övervakning och kontroll av jordgubbsvecklaren

Projektnummer: R-18-25-004

Projekttidsperiod: 2019-2021

Huvudsökande:

Glenn Svensson, Lunds universitet, glenn.svensson@biol.lu.se

Medsökande:

Victoria Tönnberg, HIR Skåne

Lene Sigsgaard, Köpenhamns universitet

Del 1: Utförlig sammanfattning

The strawberry tortrix, *Acleris comariana*, is a destructive pest of strawberry in Sweden and Denmark, for which no efficient control method is available. The aims of this project were to identify the sex pheromone of this pest, to develop an efficient pheromone-based trapping system for detection and monitoring, and also evaluate the potential to use pheromone-based mating disruption for direct control of the species. Using chemical and electrophysiological analyses, we identified the female-produced pheromone as the single compound (*E*)-11,13-tetradecadienal (*E*11,13-14:Ald), and this compound was very attractive to males when used in field experiments. We used traps baited with *E*11,13-14:Ald to monitor the two flight periods of the pest in Swedish and Danish strawberry fields. Catches in Danish fields were much lower compared to Swedish fields and we decided to only use Swedish fields for the mating disruption experiments during the following years of the project. No correlation between catches of males and number of larvae in the next generation within fields was found. A dispersal study where traps were placed within a crop field as well as 100 m or 400 m

Projekt har fått finansiering genom:

outside the field revealed that *A. comariana* has good dispersal capacity and can probably easily move between neighboring fields. Placing traps at 1 m height versus just above ground did not affect catches. During the last two years of the project, we performed mating disruption experiments in Skåne where three fields each year were divided into a control and a treatment plot, each 1 ha large and at least 250 m apart. In each treatment plot, a 10 x 10 matrix of high-release dispensers was established with a total dose of 14 g (2020) and 1.4 g (2021) of *E11,13-14:Ald* being applied. In both years trap catches were drastically reduced (>97%) in treated plots compared to control plots. In contrast, a corresponding reduction in larval numbers in the subsequent generations was not achieved, most probably due to immigration of mated females, which do not perceive the pheromone, into the relatively small treatment plots, which constituted <10% of the total area of the experimental fields. Our data suggest that mating disruption could be an efficient part of integrated pest management for *A. comariana* to increase yields in strawberry fields, but also the need for area-wide implementation of the control tactic. More studies are needed to evaluate the effect of mating disruption when whole fields are treated and the risk of immigration of mated females is low.



Male *Acleris comariana* captured in trap equipped with rubber septum releasing the female-produced sex pheromone of the species. Photo: Glenn Svensson

Del 2: Rapporten (max 10 sidor)

Inledning

Många insekter kommunicerar med flyktiga ämnen - feromoner. Hos nattfjärilar är det generellt så att honan avger en artspecifik doft för att locka till sig hanar över långa avstånd för parning. Redan då silkesfjärilens feromon identifierades 1959 insåg forskarsamhället möjligheten att utnyttja dessa ämnen för detektion, övervakning och kontroll av skadegörande insekter. Eftersom allt fler traditionella insekticider förbjuds inom EU krävs alternativa miljövänliga metoder för att reducera insekters angrepp på grödor. Feromonbaserade metoder för kontroll av skadeinsekter har många fördelar jämfört med traditionella växtskyddsmedel: de är ogiftiga, artspecifika och påverkar inte beteendet hos andra arter t.ex. nyttoinsekter såsom pollinerare eller naturliga fiender. Den globala marknaden för feromoner ökar stadigt (Witzgall et al., 2010) och beräknas till drygt 6 miljarder USD år 2025 (www.fortunebusinessinsights.com).

Parningsstörning anses vara den mest effektiva feromonbaserade kontrollmetoden mot skadegörande nattfjärilar. Höga doser av syntetiskt feromon sprids ut i odlingen vilket gör det svårt för hanarna att hitta lockande honor och leder till färre parningar och färre larver i nästa generation. Idag används metoden i stor skala för kontroll av globalt viktiga skadegörare i frukt- och bärödling bl.a. vecklararterna *Cydia pomonella*, *Grapholita molesta* och *Lobesia botrana* (Miller and Gut, 2015).

Svensk jordgubbsodling är koncentrerad till landets södra delar och Skåne står för hälften av både produktionsytan och skörden. Odlingen står inför många växtskyddsrelaterade utmaningar och en sådan är fjärilsarten jordgubbsvecklare (*Acleris comariana*, Figur 1a) som har blivit ett stort gissel för odlare i södra Sverige och Danmark (Lindhardt et al., 2003; Jordbruksverket, 2015). En nyligen publicerad studie av danska odlingar visade att $\approx 95\%$ av de insamlade vecklarlarverna var *A. comariana* (Sigsgaard et al., 2014). Denna skadegörare har två flygperioder per år, i juni-juli och i september-november. Äggen som läggs på hösten övervintrar och larverna kläcker fram under våren och äter då av blomknopparna på jordgubbsplantan (Figur 1b), vilket resulterar i små eller deformerade bär som ratas av konsumenterna. Larverna som förekommer under hösten äter endast på bladen men bidrar till att populationen kan tillväxa till nästa säsong. Larverna är svåra att träffa med sprutvätska och förekommer under lång tid i fälten, vilket gör att de växtskyddsmedel som finns tillgängliga inte är optimalt anpassade för bekämpning. Visuell inspektion av larver används idag för att övervaka arten vilket är både tidsödande och begränsar möjligheten att följa populationer över lång tid. Syftena med detta forskningsprojekt var att identifiera det honproducerade sexualferomonet hos jordgubbsvecklaren, att utveckla en effektiv feromonfälla för detektion och övervakning av arten, samt utvärdera potentialen att använda parningsstörning för direkt kontroll av skadegöraren i odlingen.



Figur 1: (A) Jordgubbsvecklare *Acleris comariana* på jordgubbsblad, (B) skador på jordgubbsblomma orsakad avvecklaren.

Material och metoder

Identifiering avvecklarens sexualferomon:

Larver samlades in i fält under sommaren 2018 och placerades i klimatrum så att dessa kunde förpuppas. De framkläckta vuxna fjärilarna användes sedan i elektrofysiologiska och kemiska analyser. Den feromonproducerande körteln hos honorna, som sitter på yttersta bakkroppssegmentet, klipptes av och placerades i vial med heptan under 30 minuter så att ämnena i körteln kunde extraheras ut i lösningsmedlet. Därefter injicerades extrakten i en gaskromatograf som separerar flyktiga substanser. Hälften av provet skickades till maskinens detektor och hälften till en vecklarhanes antenn så att vi kunde mäta vilken eller vilka ämnen i extrakten som antennen reagerade på elektrofysiologiskt. Extrakt injicerades sedan i en gaskromatografi kopplad till masspektrometri för att kemiskt identifiera antenn-aktiva ämnen. Identifieringen av feromonet verifierades via analyser med syntetisk kopia av kandidatämnet. Därefter utfördes fällexperiment i fält för att studera hanarnas attraktion till kandidatsubstansen och optimera dosen för fångst. Fällor inköpta från Csalomon (Budapest, Ungern) (n=5 per behandling) placerades i jordgubbsfält på 1 m höjd med hjälp av stängselstolpar och med klisterbottnar för fångst. Fångsten i fällor betade med 100 µg av syntetisk kopia av kandidatsubstansen och kontrollfällor utan substansen jämfördes med t-test. Fångsten i fällor betade med olika doser av substansen (1-1000 µg) jämfördes med Anova.

Analys avvecklarens flygperioder och täthet i svenska och danska jordgubbsfält:

Under åren 2019-2021 användes fällor från Biobasiq (Sverige) för att studera fångst av vecklarhanar. Under 2019 analyserades artens flygperioder och täthet i fyra fält vardera i Danmark och Sverige för att få en uppfattning om var vi skulle utföra feromonbaserad parningsstörning följande år. Fällorna vittjades varje vecka och beten byttes vart tredje vecka. Dessutom inventerade vi larver avvecklaren i nästa generation och analyserade hur väl data på larvförekomst och fångst i fällorna korrelerade.

Spridningsförsök och optimering av fällors höjd:

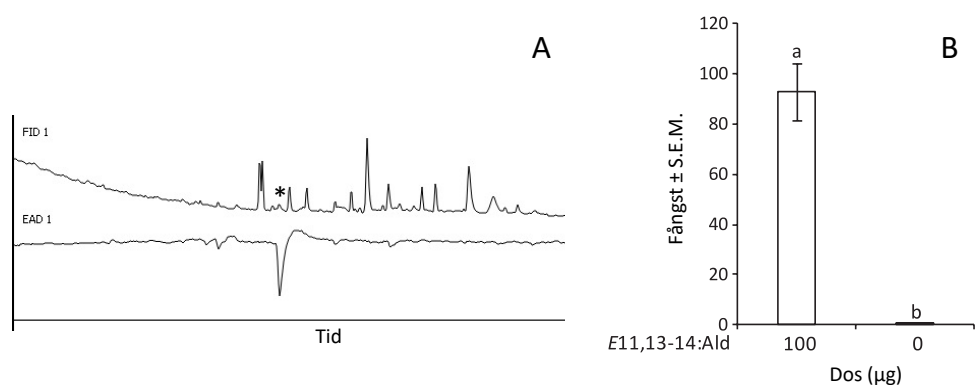
Under 2019 utförde vi ett spridningsförsök på vecklaren där feromonfällor placerades antingen 50 m in i fälten från dess yttre kant eller 100 m och 400 m utanför fältet. Endast ett fält användes och ingen statistisk analys utfördes pga låg replikering. Dessutom jämförde vi fångst av hanar i fällor placerade 1 m ovan mark eller precis ovanför vegetationen (≈ 30 cm) för att optimera fällmetodiken. Fångsten i fällor placerade på olika höjd jämfördes med t-test.

Försök med parningsstörning av vecklaren:

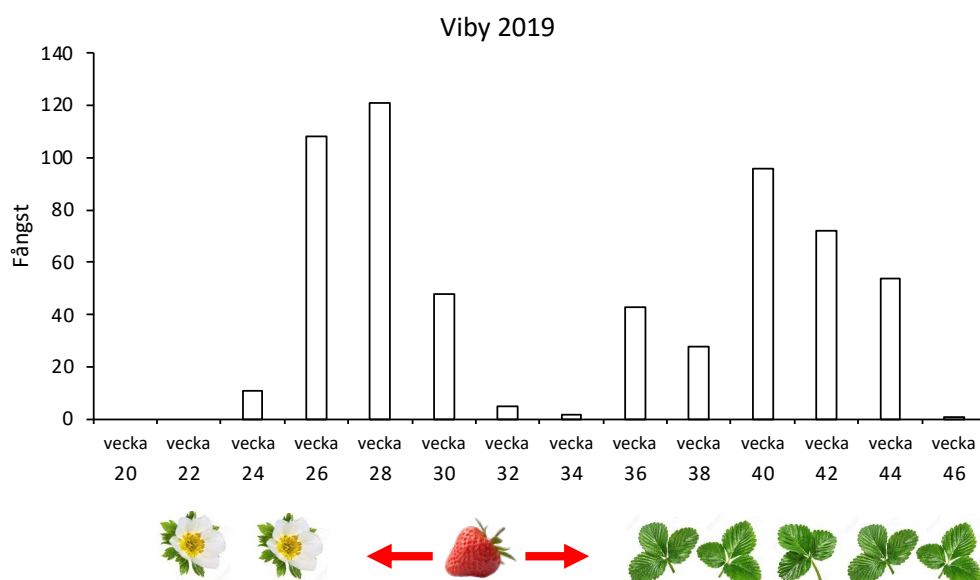
Under 2020-2021 utfördes bekämpningsförsök via avgivning av syntetiskt feromon i jordgubbsfält. Under juni 2020 placerades feromonfällor i fem fält och baserat på fångsten av vecklaren under den första flygperioden av arten valdes tre av dessa ut för bekämpningsförsök under hösten (Viby, Legeved och Nymö). I varje fält etablerades två ytor på 1 hektar (100 x 100 m) vardera som låg minst 250 m från varandra och i dessa placerades 4 feromonfällor för fångst av vecklarhanar. I en av ytorna placerades dessutom en 10 x 10 matris av dispensrar för avgivning av syntetiskt feromon. Dispensrarna var samma gummisepta som användes som beten i fällor men dessa var laddade med högre dos feromon. I försöket 2020 laddades varje dispenser med 68 mg feromon (=6,8 g per ha) och tre veckor efter experimentets början placerades en ny omgång dispensrar i fältet. Försöket började 3 september och avslutades 19 november. Under sommaren 2021 utfördes ytterligare ett experiment med parningsstörning med samma design som det tidigare försöket men med tio gånger lägre dos av feromon. Försöken utfördes i samma tre områden men i närliggande fält jämfört de som användes 2020. Dessa experiment började 16 juni och avslutades 2 augusti. För att utvärdera effekten av försöken analyserade vi fångstdata och dessutom inventerade vi larver av vecklaren i nästföljande generationer under våren 2021 och sommaren 2021. Data på fångster och larvförekomster analyserades med generalised linear model.

Resultat och diskussion

De elektrofysiologiska analyserna visade antennrespons hos vecklarhanar till endast ett ämne i körtelextrakt från honor (Figur 2a) och detta ämne kunde via kemisk analys identifieras som (*E*)-11,13-tetradekadienal (*E*11,13-14:Ald). Starkt antennsvar observerades när antenner stimulerades med syntetiskt *E*11,13-14:Ald. Trots att körtelextrakt innehöll andra ämnen som rapporterats vara del av feromonet hos andra *Acleris*-arter så observerades inga antennsvar till dessa. I fältförsöken attraherades stora mängder vecklarhanar till fällor betade med *E*11,13-14:Ald medan inga vecklare fångades i kontrollfällor (Figur 2b). Fångsten ökade signifikant med ökad dos av ämnet och baserat på dessa data så användes 100 μ g i beten i samtliga experiment senare år.

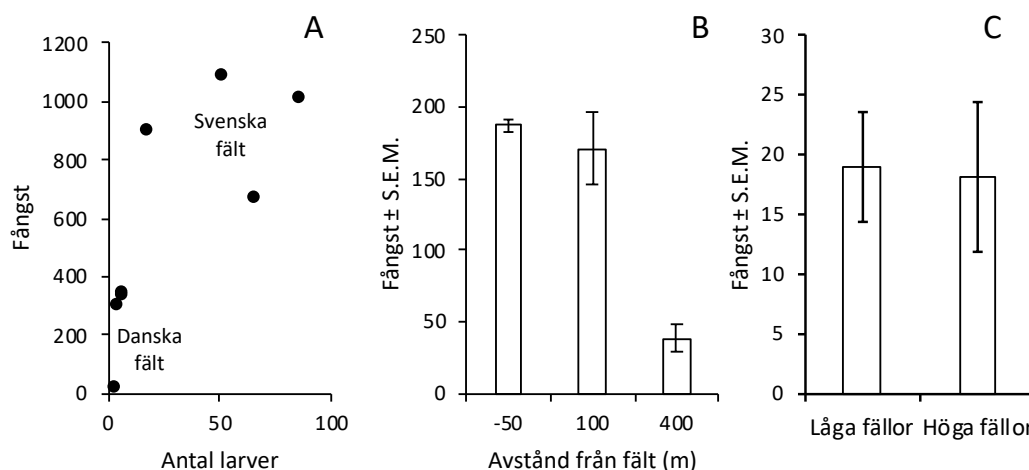


Figur 2: (A) Antennrespons hos hane av jordgubbsvecklaren (EAD) vid stimulering av en substans (*) i körteextrakt från vecklarhona (FID) som identifierades som (*E*)-11,13-tetradekadienal (*E*11,13-14:Ald). (B) Fångst av vecklarhanar i fällor betade med *E*11,13-14:Ald (t-test; $p < 0,001$).



Figur 3: Flygfenologi hos jordgubbsvecklaren i Viby 2019 (odrivet fält med Malwina) baserat på fångster av hanar i feromonfällor. Den första flygperioden överlappar med blomning och bärproduktion av jordgubbar.

Fångstdata med feromonfällor från 2019 visade att vecklaren har två distinkta och långa flygperioder. Den första inträffar i juni-juli och den andra i september-november (Figur 3). Fångsterna visade också att arten har större populationer i de undersökta fälten i Skåne jämfört Danmark (Figur 4a). Baserat på dessa data bestämde vi att utföra experiment med parningsstörning enbart i Skåne under nästföljande år. Vi kunde inte hitta något samband mellan fångst i feromonfällor och förekomst av larver i nästföljande generation (Figur 4a). Spridningsexperimentet visade att vecklaren verkar ha en bra spridningsförmåga och kan lätt flyga flera hundratals meter. Därmed finns risken att parade honor kan flyga mellan fält och lägga ägg trots att vissa fält är behandlade med feromon (se nedan). Fångsten påverkades inte om fällan var placerad 1 m ovan mark eller precis ovanför vegetationen (Figur 4c).



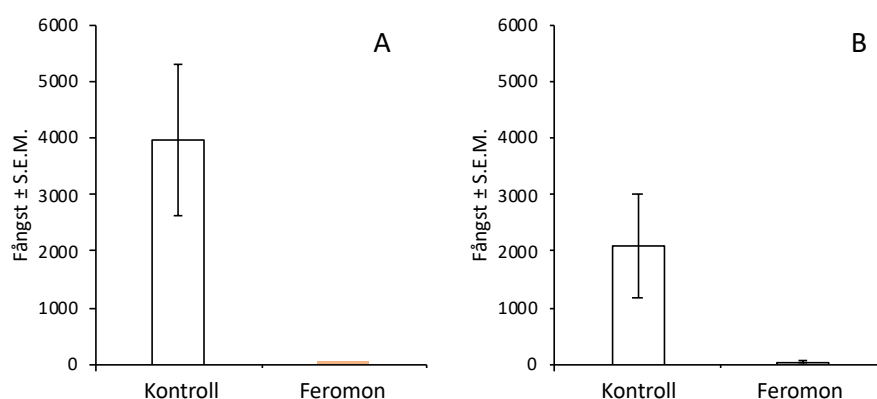
Figur 4: (A) Relation mellan fällfångst av hanar av jordgubbsvecklaren och larvförekomst i nästföljande generation i 4 danska och 4 svenska jordgubbsfält. Högre täthet av arten observerades i svenska fält men ingen signifikant korrelation fanns mellan fångst och larvförekomst ($p > 0,05$). (B) Fångst av vecklarhanar i feromonfällor placerade 50 m in i ett fält eller 100 m och 400 utanför fältet. (C) Fångst av vecklarhanar i feromonfällor placerade precis ovanför vegetationen (låga) eller på 1 m höjd (höga) (t-test: $p > 0,05$).

Försöken med parningsstörning visade att metoden har stor potential att på ett effektivt och miljövänligt sätt kontrollera vecklaren men att det finns en del utmaningar.

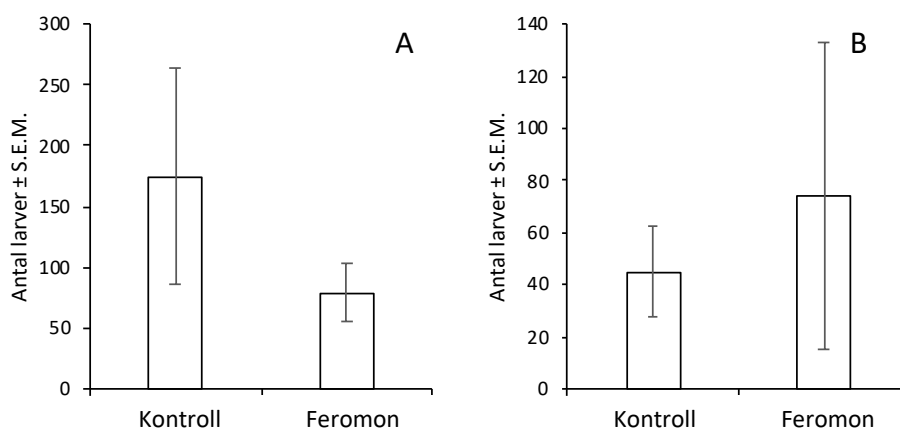
Substansen E11,13-14:Ald har endast rapporterats som feromon hos arter inom släktet *Acleris* (Gray et al., 1996; Gries et al., 1994; Liu & Meng, 2002; 2003; Schwarz et al., 1983) vilket gör att marknaden för substansen är begränsad. Därför är ämnet i nuläget mycket dyrt att köpa. Med en begränsad projektbudget så tvingades vi att använda relativt låga doser i våra försök jämfört med de flesta liknande studier på vecklararter som är skadegörare i jordbruket. Trots detta lyckades vi drastiskt reducera fångsterna i feromonbehandlade ytor jämfört kontrolltytor. I det första experimentet under hösten 2020 fångades ca 12000 hanar i kontrolltytorna men endast 7 hanar i de feromonbehandlade ytorna och detta med endast 14 g feromon applicerat per fält (Figur 5a). Vi fick nästan lika bra resultat under det andra försöket 2021 då vi använde 1,4 g feromon per fält d.v.s. tio gånger lägre dos jämfört tidigare år. Totalt fångades 6187 hanar i kontrolltytor och 123 hanar i feromonbehandlade ytor (Figur 5b). Jordgubbsvecklaren verkar således kunna bekämpas effektivt med mycket låga doser aktiv substans per ha. Om vecklarhanar inte lyckas hitta en fälla är det en stark indikation på att de inte heller lyckas hitta en lockande hona, som ju avger betydligt mindre feromonmängder än en fälla.

Vår andra metod för att utvärdera effekten av feromonbehandlingen, inventering av vecklarlarver, gav tyvärr inte samma lovande resultat då vi inte fann någon skillnad i antal larver i behandlade ytor jämfört med kontrolltytor (Figur 6a-b). Våra resultat, med mycket bra effekt på fällfångst men utebliven effekt på larvantal, eller skador på grödorna i nästa generation, är ganska vanliga i liknande forskningsprojekt med småskaliga studier på feromonbaserad parningsstörning då en

liten del av en skadegörarens habitat feromonbehandlas (Kerns, 2000; Mori & Evenden, 2015; Svensson et al., 2018). Jordgubbsfält i Skåne är stora (oftast >10 ha) och med begränsad budget för inköp av stora mängder E11,13-14: Ald kunde vi endast behandla 1 ha per fält vilket motsvarade <10% av ytan. Honor av jordgubbsvecklaren kan inte detektera sitt eget feromon och därför störs de inte av höga doser av substansen. Vår hypotes är därför att honor parade sig i övriga delen av fältet där hanarnas doftstyrda attraktion till honor var intakt (=mycket höga fångster i fällor) och sedan fördelade de sina ägg jämnt över fältet, inklusive den behandlade ytan. Detta beteende resulterade i lika många larvar i nästa generation i behandlade ytor som i obehandlade, vilket visar på vikten att man feromonbehandlar hela fält för att metoden ska fungera effektivt (vilket man såklart gör om metoden börjar användas av odlare). Artens möjlighet att sprida sig till närliggande jordgubbsfält visar också på vikten att samtliga fält i ett område måste feromonbehandlas för att uppnå en god effekt.



Figur 5: Fångst av jordgubbsvecklare i ytor med eller utan behandling med syntetiskt feromon i experiment med parningsstörning under hösten 2020 (A) och sommaren 2021 (B). Fångsterna reducerades >97% i behandlade jämfört obehandlade ytor ($p < 0,001$).



Figur 6: Förekomst av vecklarlarver i ytor med eller utan behandling med syntetiskt feromon i experiment med parningsstörning under hösten 2020 (A) och sommaren 2021 (B). Ingen skillnad i larvförekomst mellan behandlade jämfört obehandlade ytor observerades i dessa experiment.

Slutsatser

Resultaten från detta projekt indikerar att feromonbaserad parningsstörning kan vara en effektiv metod för miljövänlig bekämpning av jordgubbsvecklaren i jordgubbsodling, men försök i större skala behöver utföras för att slutgiltigt utvärdera metoden. I våra försök behandlades ca 10% av fälten och honor kunde para sig i den resterande ytan och därefter flyga in i den behandlade ytan och lägga ägg, vilket resulterade i höga förekomster av larver i nästa generation även i behandlade ytor. Förhoppningsvis nås optimal effekt av kontrollmetoden om hela fält behandlas. I våra försök användes mycket låga doser feromon jämfört med liknande studier, men med mycket stor reduktion i fällfångst. I andra studier på skadegörande vecklararter har det krävts betydligt högre doser feromon för att uppnå samma effekt på fällfångst som i vår studie eller så har liknande doser som i detta projekt använts men med sämre störningseffekt (Illchev et al., 2006; Miller et al., 2019; Navrozidis et al., 2005; Suckling et al., 2012; Trimble et al., 2003). Feromonet är för närvarande dyrt att köpa men om produktionen skalas upp så kommer priset att sjunka. Eftersom arten har två flygperioder som båda är flera veckor långa så kommer bekämpningen pågå under lång tid per säsong. Bekämpningen kunde möjligen begränsas till den andra generationen varje år som flyger på hösten. Om metoden är effektiv så skulle antalet larver under nästföljande vår reduceras och därmed även skadorna på blommorna vilket skulle gynna bärskörden.

En annan aspekt är hur feromonet ska spridas i fälten på ett tidseffektivt sätt. För avgivning av feromonet i detta projekt var tanken att använda tekniken Specialized Pheromone & Lure Application Technology (SPLAT) där aktiva ämnen bakas in i vax som kan appliceras direkt på vegetationen och dessutom är UV- och regnbeständigt och bryts ner naturligt i miljön. Punktkällorna kan varieras i form och storlek vilket gör systemet flexibelt och kan anpassas till varje skadegörare och gröda. SPLAT produceras av företaget ISCA i Kalifornien, men p.g.a. Corona-pandemin var produktionen av detta dispensersystem ytterst osäker inför parningsstörningsförsöken 2020 och vi bestämde att istället använda traditionella gummisepta som dispenser för avgivning. Gummisepta användes även i försöken 2021 för att kunna jämföra data mellan år. I framtida försök med parningsstörning rekommenderar vi att SPLAT används och täthet och styrka på punktkällor behöver analyseras för att optimera störningseffekten på vecklarna. SPLAT kan spridas bakom en traktor vilket gör systemet optimalt för spridning av feromon över stora ytor.

Nytta för näringen och rekommendationer

Jordgubbsvecklaren har varit ett gissel i odlingen de senaste åren och problemet lär öka med ett framtida varmare klimat. Det finns för närvarande inte någon effektiv metod att kontrollera arten. Feromonbaserad parningsstörning är ett attraktivt alternativ till traditionell bekämpning eftersom feromoner är ogiftiga, lätt nedbrytbara och extremt

selektiva vilket gör att andra insekter t.ex. pollinatörer och naturliga fiender till skadeinsekter inte påverkas negativt av behandlingen. I våra försök med parningsstörning, där vi använde förhållandevis låga doser av det aktiva ämnet, reducerades fångsten av vecklarhanar med 97-100% i feromonbehandlade ytor jämfört med kontrolltytor i samma fält, vilket indikerar en mycket stark störningseffekt. Dessvärre kunde vi inte observera färre larver i behandlade ytor i nästa generation och detta tror vi beror på att honor kan para sig i övriga delen av fältet eller i närliggande fält, och sedan flyga in och lägga ägg i behandlade ytor. Vad som krävs är att hela fält feromonbehandlas och att även fält i omgivande landskap behandlas, för att effektiv bekämpning ska uppnås. Samma princip har fungerat när det gäller feromonbaserad kontroll av äppelvecklaren *Cydia pomonella*. Artens feromon har exempelvis använts i samtliga äppelodlingar runt Vänern med mycket bra resultat (Magnus Engstedt, trädgårdskonsult). De småskaliga försök som utförts inom detta projekt är lovande och vi kommer att från olika finansiärer söka medel för fortsatta, mer storskaliga, försök med parningsstörning på jordgubbsvecklaren för att få en bättre uppfattning om hur effektiv metoden kan bli.

Vi tackar de jordgubbsodlare som ställt upp med fält för våra försök (Mats Olsson, Gerth Einarsson and K.G. Paulsson) samt Chandra Venables och Linda-Marie Rännbäck för hjälp med fältarbete. Vi tackar även Hushållningssällskapet för att vi fick använda deras licens för undantag för användning av pesticider i forskningssyfte när vi utförde parningsstörningsförsöken. Fredrik Andersson och Erik Hedenström vid Mittuniversitetet i Sundsvall syntetiserade viss mängd av E11,13-14:Ald för försöken, medan resterande mängd av substansen köptes från Pherobank (Holland).

Referenser

- Gray, T.G., Shepherd, R.F., Gries, G. & Gries, R. (1996). Sex pheromone component of the western blackheaded budworm, *Acleris gloverana* Walsingham (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, 128:1135-1142.
- Gries, G., Li, J., Gries, R., Bowers, W.W., West, R.J., Wimalaratne, P.D.C., Khaskin, G., King, G.G.S. & Slessor, K.N. (1994). (E)-11,13-tetradecadienal: major sex pheromone component of the eastern blackheaded budworm *Acleris variana* (Fern.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology*, 20:1-8.
- Ilichev, A.L., Stelinski, A.L., Williams, D.G. & Gut, L.J. (2006). Sprayable microencapsulated sex pheromone formulation for mating disruption of oriental fruit moth (Lepidoptera: tortricidae) in Australian peach and pear orchards. *Journal of Economic Entomology*, 99:2048-2054.
- Kerns, D.L. (2000). Mating disruption of beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in vegetables by synthetic pheromone. *Crop Protection*, 19:327-334

- Lindhardt, H., Elmegaard, N., Strandberg, M., Paaske, K., Løschenkohl, B., Melander, B., Nielsen, S.L., Hansen, L.M., Krüger Jensen, P., Yohalem, D., Daugaard, H. & Bengtsson, M. (2003). Vurdering af muligheder for forebyggelse og alternativ bekæmpelse i frugt og bær. *Muligheder for forebyggelse og alternativ bekæmpelse indenfor gartneri og frugtavl*. Miljøstyrelsen 38.
- Liu, Y.X. & Meng, X.Z. (2002). Identification of sex-pheromone components for *Acleris fimbriana* (Lepidoptera: Tortricidae). *The Canadian Entomologist*, 134: 511-518.
- Liu, Y.X. & Meng, X.Z. (2003). Trapping effect of synthetic sex pheromone of *Acleris fimbriana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Chinese northern orchards. *Zeitschrift für Naturforschung*, 58:421-425.
- Mori, B.A. & Evenden, M.L. (2015). Challenges of mating disruption using aerosol-emitting pheromone puffers in red clover seed production fields to control *Coleophora deauratella* (Lepidoptera: Coleophoridae). *Environmental Entomology*, 44:34-43.
- Miller, J.R. & Gut, L.J. (2015). Mating disruption for the 21st century: matching technology with mechanism. *Environmental Entomology*, 44:427-453.
- Miller, B., Dalton, D.T., Xue, L., Rossi Stacconi & Walton, V.M. (2019). Use of filbertworm (*Cydia latiferreana*) mating disruption within a hazelnut IPM program. *Crop Protection*, 122:118-124.
- Navrozidis, E., Thomidis, T., Tsipouridis, C., Xatzicharisis, I., Fotiadis, I. & Servis, D. (2005). Pheromone-based communication disruption of *Adoxophyes orana* on peach using the new RAK 3+4 dispensers and their effect on development of fruit rot diseases. *Phytoparasitica*, 33:149-153.
- Sigsgaard, L., Naulin, C., Haukeland, S., Kristensen, K., Enkegaard, A., Jensen, N.L. & Eilenberg, J. (2014). The effects of strawberry cropping practices on the strawberry tortricid (Lepidoptera: Tortricidae), its natural enemies, and the presence of nematodes. *Journal of Insect Science*, 14(122).
- Stenseth, C. (1982). Skadedyr på jordbær – viklere og nattfly. In T. Erlandsen, H.B. Gjæum, C. Stenseth & M. Støen (Eds.), *Plantevern i jordbær* (pp. 10-11). Landbruksforlaget, Oslo.
- Suckling, D.M., Brockerhoff, E.G., Stringer, L.D., Butler, R.C., Campbell, D.M., Mosser, L.K. & Cooperband, M.F. (2012). Communication disruption of *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) by using two formulations at four point source densities in vineyards. *Journal of Economic Entomology*, 105:1694-1701.

- Svensson, G.P., Tönnberg, V. & Sigsgaard, L. (2019). Identification and field evaluation of (*E*)-11,13-tetradecadienal as sex pheromone of the strawberry tortrix (*Acleris comariana*). *Journal of Applied Entomology*, 143:535-541.
- Svensson, G.P., Wang, H.L., Jirle, E.V., Rosenberg, O., Liblikas, I., Chong, J.M., Löfstedt, C. & Anderbrant, O. (2018). Challenges of pheromone-based mating disruption of *Cydia strobilella* and *Dioryctria abietella* in spruce seed orchards. *Journal of Pest Science*, 91:639-650.
- Schwarz, M., Klun, J.A., Hart, E.R., Leonhardt, B.A. & Weatherby, J.C. (1983). Female sex pheromone of the yellowheaded fireworm, *Acleris minuta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 12:1253-1256.
- Swedish Board of Agriculture (2015). Skadegörare i jordgubbsodlingar.
- Trimble, R.M., Vickers, P.M., Nielsen, K.E. & Barinscheyn, G. (2003). Sprayable pheromone for controlling the North American grape berry moth by mating disruption. *Agricultural and Forest Entomology*, 5:263-268.
- Witzgall, P., P., Kirsch, P. & Cork, A. (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36:80-100.

Del 3: Resultatförmedling

Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.

Vetenskapliga publiceringar	Svensson, G.P., Tönnberg, V. & Sigsgaard, L. (2019). Identification and field evaluation of (<i>E</i>)-11,13-tetradecadienal as sex pheromone of the strawberry tortrix (<i>Acleris comariana</i>). Journal of Applied Entomology, 143:535-541.
	Svensson, G.P., Tönnberg, V., Andersson, F., Hedenström, E. & Sigsgaard, L. Low sex pheromone doses required for efficient orientation disruption of <i>Acleris comariana</i> in strawberry fields. Manuscript aimed for Journal of Applied Entomology.
Övriga publiceringar	Svensson, G.P. & Tönnberg, V. (2021) Doftkontroll av parningssugna jordgubbsvecklare. Viola, 10:22-23.
	Karin Murén (2022). Feromon effektivt som prognosverktyg för jordgubbsvecklare. Notis i Lantmannen (8:71).
Muntlig kommunikation	Trädgårdsdagen SLF, Alnarp, 2 april 2019 (föreläsare Glenn)
	Bärkonferens, Brædstrup, Danmark, 5-6 november 2019 (föreläsare Lene)
	Trädgårdskonferens, Jordbruksverket, Lund, 6 mars, 2020 (föreläsare Glenn)
	Nordisk bärkonferens (web) 17 februari 2021 (föreläsare Victoria)
	LRF bärkonferens Hook, 24-25 november 2021 (föreläsare Glenn)
Studentarbete	Inga studentarbeten kopplade till projektet utfördes, delvis p.g.a. Corona-relaterade restriktioner vid Lunds universitet som begränsade möjligheten att utföra laboratorieverksamhet under stora delar av 2020-2021.
Övrigt	Årliga möten med referensgruppen för löpande diskussioner kring upplägg och utvärdering av erhållna resultat i projektet.