

IDENTIFIERING AV GULA VETEMYGGANS SEXUALFEROMON FÖR SÄKER PROGNOSE OCH KVANTIFIERING AV VETEMYGGOR I FÄLT

BAKGRUND

Sammanfattning

Den gula och den röda vetemyggan är tidvis allvarliga skadeinsekter på vete. Under senare år har angrepp framförallt förekommit i Mellansverige (Waern et al., 2000; Sigvald och Lindblad, 1991). I starkt angripna fält, 30-40% angripna kärnor, rapporteras skördeförstapel på ca. 30% (Sigvald och Lindblad, 1991). Arterna är små och rörliga och därför svåra att kvantifiera vid okulär besiktning i fält. Detta resulterar i att bekämpningsåtgärder med pyretroider av bredspektrum-typ ofta sätts in även då det inte behövs, något som givetvis är ytterst negativt ur miljösynpunkt. För att komma tillrätta med problemet krävs ett säkrare prognosystem som är lätt att använda och som ger en klar uppfattning om angreppsrisk, så att man helt kan avstå från bekämpning då tröskelvärdet för bekämpning ej uppnås.

Feromonfällor, dvs. fällor betade med sexualferomon från den aktuella artens honor, är det känsligaste prognosystem man känner till idag. Feromonbaserade prognosystem finns för ett 100-tal arter världen över, framförallt för arter inom Lepidoptera, fjärilar. Gallmyggors (Diptera: Cecidomyiidae) feromoner är dock ett relativt outforskat område (Harris och Foster, 1999, Choi et al., 2004). Orsaken till detta är att de flesta gallmyggor är mindre än 2 mm och producerar sexualferomonet i några billion-dels gram per hona. Som första forskargrupp i världen har vi identifierat ett sexualferomon från en gallmygga, ärtgallmyggan, och utvecklat ett väl fungerande prognosystem baserat på feromonfällor för denna art (Hillbur et al., 1999; 2000; 2001; Hillbur och Bengtsson, 2001; Biddle och Hillbur, 2000; Pillon och Hillbur, 2001; Biddle och Hillbur 2002). Senare har även identifieringen av den röda vetemyggans sexualferomon publicerats (Gries et al., 2000). Pilotstudier i laboratoriet har visat att också honor av den gula vetemyggan använder sig av sexualferomoner för att locka till sig hanar (Hillbur, opubl.).

Syftet med projektet var att utveckla en prognosmetod baserad på feromonfällor för den gula och den röda vetemyggan genom:

- *kemisk identifiering och syntes av den gula vetemyggans sexualferomon*
- *fältförsök för att ta fram lämplig fälltyp, dispenser och dos*
- *gradering av vetemyggornas angrepp för att få en uppfattning om vilken angreppsrisk som är associerad med en viss fällfångst*
- *väderobservationer, eftersom väderförhållandena har stor betydelse för hur stort angreppet blir*

Preliminära tester för att undersöka möjligheterna av att använda feromoner för bekämpning av vetemyggor enligt den s.k. förvirringsmetoden planerades också.

Gula och röda vetemyggan – skadebild

Gula vetemyggan, *C. tritici*, är 1,5-2,5 mm lång och citrongul till färgen. Röda vetemyggan, *S. mosellana*, är något större och orangeröd till färgen. Den gula vetemyggan kläcks i mitten av juni – mitten av juli vid tiden för vetets axgång. Den röda kläcks i allmänhet en eller två veckor senare. Livstiden hos de vuxna myggorna är endast ett par dygn. Parningen sker på kläckningsplatsen omedelbart efter kläckningen och honorna söker sedan upp lämpliga fält för äggläggning. Äggläggningen är beroende av lugnt och vackert väder; regn och framförallt blåst medför att honorna inte kan lägga ägg. Honorna lägger äggen mellan blomfjällen i vete-

axen. Larverna livnär sig på fruktämnet och växtsaften i kärnorna. När larverna är fullbildade går de ner i jorden och bildar kokonger i vilka de tillbringar en diapaus, vintervila, som kan vara upp till tre år. Under slutet av maj – början av juni lämnar larven kokongen och rör sig upp mot markytan för att förpupa sig. Kläckningen sker under en 2-3 veckors period.

Angreppen av vetemyggorna har varierat avsevärt mellan olika år och olika områden i Sverige. Under senare år har den framförallt förekommit i Mellansverige. Mycket starka angrepp i enskilda fält, ca. 30-40% angripna kärnor, har rapporterats leda till skördeföruster på upp till 30% (Sigvald och Lindblad, 1991). Bekämpningströskeln för den gula vetemyggan är två myggor per ax och för den röda vetemyggan 0,3-0,5 myggor per ax, men eftersom myggorna är små och rörliga är det svårt att bedöma om tröskelvärdet uppnåtts. De pyretroider som används för bekämpning av vetemyggan är relativt billiga och odlare lockas därför ofta att spruta 'för säkerhets skull' i samband med svampbehandling, även om det inte behövs. En annan nackdel med okulär besiktning för prognos av gula vetemyggan är att bekämpningsåtgärder ofta sätts in för sent de år då angreppsrisken är stor.

Feromoner och växtskydd

Feromoner kallas de doftämnen som används för kommunikation mellan individer av samma art. Mest studerade är insekters sexualferomoner – dofter som honan använder för att locka till sig hanar för parning. Genom att använda sig av syntetiskt framställda feromoner har man skapat miljövänliga och effektiva bekämpnings- och prognosmetoder för ett stort antal skadeinsekter. Det är huvudsakligen inom Lepidoptera, fjärilar, som sexualferomoner identifierats och det är framförallt mot skadeinsekter inom denna ordning som det idag finns kommersialiserade feromonbaserade bekämpnings- och prognosystem (för en översikt se t ex Cardé och Minks, 1999). I *feromonbaserade prognosmetoder* används ett fåtal fällor betade med den avsedda insektens sexualferomon i syntetisk form. En feromonfälla är det känsligaste prognosystem man känner till idag – också mycket låga populationstätheter kan detekteras. Fällorna anger om insekten finns i fältet, när den flyger och ungefär hur många de är. Genom att korrelera fällfångsten med någon form av skadeuppskattning får man också en uppfattning om angreppsrisken. I många fall har vädret stor betydelse för hur stort angreppet till slut blir. Väderdata tas då med i beräkningen av tröskelvärdet för bekämpning. En mycket stor fördel med feromonfällor jämfört med t ex vattenfällor är att de är arts specifika; endast hanar av den art vars honferomon fällorna betats med fångas. Detta gör att de är lätta att avläsa även för en lekman.

Vid *bekämpning med feromoner* använder man sig av en metod som kallas förvirringsmetoden. Syntetiskt sexualferomon avges från ett antal behållare (dispensrar) i så hög dos att hela grödan inhöls i ett moln av hondoft, vilket gör det omöjligt för hanarna att urskilja enskilda lockande honor – de blir 'förvirrade'. Honor blir inte parade och larvernas angrepp på grödan uteblir. Metoden används framgångsrikt mot ett flertal skadeinsekter i bl a vin- och fruktodlingar.

Sexualferomoner hos gallmyggor

Jämfört med de 100-tals identifieringar av av fjärilsferomoner som är gjorda är ytterst lite känt om gallmyggors sexualferomoner. Indikationer på honproducerade feromoner har rapporterats från ett 10-tal arter (för en översikt se Harris och Foster, 1999), men det är endast för ett fåtal som det fullständiga feromonet har identifierats kemiskt, däribland ärtgallmyggan (Hillbur *et al.*, 1999; 2000; 2001), den röda vetemyggan (Gries *et al.*, 2000) och kålgallmyggan, *C. nasturtii* (Hillbur *et al.*, 2005). För ärtgallmyggan och kålgallmyggan har resultaten legat till grund för utvecklingen av prognosystem baserade på feromonfällor (Biddle och Hillbur, 2000; Pillon och Hillbur, 2001; Hillbur och Bengtsson, 2001; Biddle och Hillbur 2002, Hillbur *et al.*, 2005). Kålgallmyggans feromon är patenterat av oss och prognosystem för båda arterna marknadsförs av Pheronet AB, som vi har ett nära samarbete med.

MATERIAL OCH METODER

Insektsmaterial

Varje höst under projektperioden samlades jord innehållande kokonger med övervintrande larver av vetemyggor in från fält i Mellansverige där angreppen har varit starka. Jorden förvarades i kylförråd (6 °C) till dess larvernans diapaus, vintervila, var avslutad. Därefter kunde mindre portioner av jorden tas fram, kokongerna sållas ut, flottas och blandas med fuktig kompostjord som lades i en kläckningsbur i en klimatkammare (25 °C, 75% luftfuktighet, ljus 16 tim/mörkt 8 h). Sällning och blandning med kompostjord gjordes för att minska jordvolymen i kläckningsburarna samt att få ett mer fukthållande substrat för larverna. Efter det att kokongerna placerats i klimatkammaren tog det ca. 14 dagar innan adulterna kläcktes.

Uppsamling av sexualferomon

Två metoder användes för uppsamling av honornas sexualferomon: extraktion av feromonkörtlar och uppsamling på filter av doft från levande, lockande honor. Honorna sänder bara ut feromon under en viss tid varje dygn. De sitter då stilla i en speciell position; de lyfter bakkroppen och sticker ut ägglägningsröret (ovipositor) och exponerar därigenom den feromonproducerande körteln. Endast honor som 'lockar' avger feromon. För körtelextraktion dissekerades ägglägningsröret ut från lockande honor. En speciell kylteknik används för att minimera avdunstningen av de få billion-dels gram sexualferomon som varje ovipositor innehåller.

För doftuppsamling från levande honor använde vi ett system som bygger på luftflöde, genererat av en pump. Luften går genom en serie av glasflaskor förbundna med varandra med teflonslang. Den första flaskan innehåller aktivt kol för rening av luften, nästa innehåller vatten för befuktning och i den sista flaskan förvaras insekterna. När luften har passerat behållaren med insekterna leds den genom ett filter bestående av Super Q (ett filtermaterial). Efter filtret sitter en flödesmätare. Fukt och flöde reglerades så att så många som möjligt av honorna lockade. Efter avslutad uppsamling (en uppsamling pågår i 24 h) togs filtret ut och de uppsamlade substanserna sköljdes ur med lösningsmedel. De erhållna extrakten användes för vidare analyser, antingen GC-EAD eller GC-MS.

Eftersom de substansmängder som kan samlas från gallmyggor är mycket små är det viktigt att riskerna för kontaminering minimeras. Vi har därför använt teflonslang istället för gummislang, bränt allt glas i 350°C i 8h innan användning och omdestillerat lösningsmedlet (hexan; LabScan).

Gaskromatografi-elektrofysiologi (GC-EAD)

I denna metod delas gasflödet från en gaskromatograf (GC), vilken separerar substanserna i ett prov, så att hälften går till GCns detektor och den andra hälften leds över en hanantenn som kopplats upp mellan två elektroder. När doftreceptorerna på antennen (insektens näsa) träffas av substanser de kan känna av, kan det samlade nervimpulsvaret mätas som ett elektriskt potentialfall över antennen. Genom simultan registrering från GCn och antennen kan man ta reda på vilka substanser i ett körtelextrakt som ingår i sexualferomonet. Metoden kallas GC-EAD, coupled gas chromatographic-electroantennographic detection (Arn *et al.*, 1975). För analysen användes en Hewlett Packard 6890 gaskromatograf (Palo Alto, California, USA) med flamjoniseringsdetektor och en Innowax kolonn (30 m x 0,25 mm ID, Hewlett Packard, USA). Kolonnen programmerades från 80 °C (2 min) till 230 °C med en ökning av 10 °C/min. Signalen från hanantennen registrerades med hjälp av en plexiglashållare (JoAC, Lund; Hillbur 2001) med två brunnar förbundna med en förstärkare. Brunnarna fylldes med elektrolyt och insekterna monterades i hållaren så att antennerna utgjorde en 'brygga' mellan de två brunnarna och på så sätt slöt kretsen (för detaljer och illustration se Hillbur *et al.*, 2000; Hillbur 2001). Antennsignalen förstärktes (JoAC) innan den registrerades och analyserades med programmet Electroantennography (Syntech, Hilversum, Holland).

Gaskromatografi-masspektrometri (GC/MS)

För GC/MS analys och kemisk identifiering av aktiva substanser användes en Hewlett Packard 5890 GC kopplad till en sektorfällts-masspektrometer VG 70/250 E (Vacuum Generators, Manchester, UK). Kolonnen var en DB5-MS (60 m x 0.25 mm ID, och 0,25 µm film; J & W Scientific, Folsom, California, USA) som programmerades enligt följande: 50 °C (2 min) till 280 °C med hastigheten 5 °C/min.

Fältförsök, fällor

Under juni-juli 2002-2003 genomfördes fältförsök med den röda vetemyggans feromon. Försöken gjordes i St Åby och Yxstad i Östergötland. Fällorna sattes i obesprutade provrutor i försöksfälten. Syftet var att: 1) jämföra fångsteffektiviteten hos feromonfällor och kläckningslådor använda av Jordbruksverket för prognos, 2) testa olika dispensertyper (behållare/material för avgivning av feromonet) och feromondoser samt 3) påbörja en datainsamling för att kunna fastslå ett eventuellt samband mellan fällfångst och skada under olika väderförhållanden.

I försöken användes s.k. deltafällor (Pheronet AB) med utbytbara klisterbottnar. Fällorna placerades i kläckningsfält, dvs fält som varit angripna av vetemyggor året innan. Tre olika dispenserar testades: bomullsrulle, gummisepta och polyetylenbehållare. Feromonet applicerades på dispenserarna i en hexanlösning. De doser som testades var 0,1, 1, 10 och 100 µg på bomullsrulle och gummisepta och 10 mg i polyetylenbehållare. I alla försök användes 'blanka', obetade fällor som kontroll. I varje försök gjordes 10 replikat av varje behandling. Avståndet mellan fällorna inom såväl som mellan replikaten var 10 m och de placerades ca 20 cm över markytan.

Väderstationer i försöksområdena gav information om marktemperatur, lufttemperatur och vindhastighet. Regnmätare placerades i provfälten för att mäta den lokala nederbörden. För att gradera skadan togs 40 axprov i alla provfält 4 veckor efter axgång.

För att få en uppfattning om betydelsen av den del av populationen som övervintrar flera säsonger i jorden, sattes fällor även ut i fält med korn, örter eller träd, där vete hade inte odlats på 2-3 säsonger.

Fältförsök, 'förvirring'

Under juni-juli 2004 gjordes ett försök för att se på effekterna av förvirring – bekämpning med feromoner – på röda vetemyggan. Försöket gjordes i Rasbo i Uppland. Bambukäppar placerades i ett 10 x 10 meter rutnät på 1 hektar i ett vetefält med höga populationstätheter av vetemyggor. Feromonfällor betade med 100 µg feromon på bomullsdispenserar sattes ut längs två transekter, vilka korsade varandra i mitten av försöksområdet. Fällorna sattes med 10 m avstånd så att de hamnade mittemellan bambukäpparna. När fällorna fångade cirka 10 myggor per dygn, placerades en 'förvirringsdispenser' (Flexlure, Phero Tech Inc., British Columbia, Kanada) laddad med 100 mg av feromonet på varje bambukäpp. Ytterligare en serie fällor placerades 1, 5 och 10 meter från försöksområdet – 10 fällor på varje avstånd.

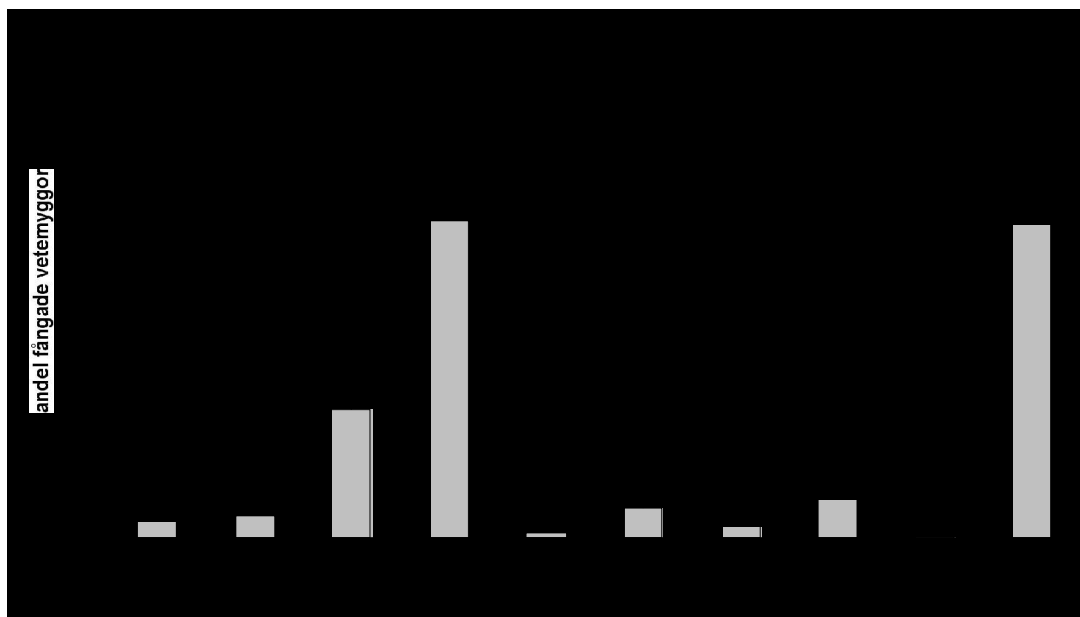
Ett parallellt försök gjordes med fällor betade med 100 µg, 1 mg, 10 mg och 100 mg feromon applicerade på bomullsrulle. Försöket gjordes enligt samma försöksprotokoll som under 'Fältförsök, fällor' ovan.

Alla fältförsök genomfördes i samarbete med Växtskyddscentralerna i Uppsala och Linköping och med enskilda odlare.

RESULTAT

Identifiering av gula vetemyggans sexualferomon

GC-EAD analys av honextrakt visade en substans som gav ett elektrofysiologiskt svar hos hanantennen. Trots upprepade försök var det inte möjligt att kemiskt identifiera substansen



Figur 1. Andelen (%) fångade röda vetemyggor av det totala antalet i samtliga behandlingar under tiden 9 juni – 2 juli 2003; medelvärdet av tio feromonfällor. Behandling A-D är 0,1; 1; 10 och 100 µg feromon på bomullsrulle, behandling E-H är 0,1; 1; 10 och 100 µg feromon på gummidispenser, behandling I är kontroll och stapeln markerad med 10 mg visar fångsten i fällor med polyetylenbehållare betade med 10 mg feromon.

med hjälp av GC/MS. Både extrakt från körtelextaktion och från doftuppsamling analyserades, men mängden av den aktiva substansen var under instrumentets detektionsgräns.

Feromonfällor för prognos

Jämförelsen mellan feromonfällor och kläckningsfällor visade att feromonfällorna fångade avsevärt fler gallmyggor (medel = 54) än kläckningsfällorna (medel = 5). Feromonfällorna var dessutom aktiva betydligt längre.

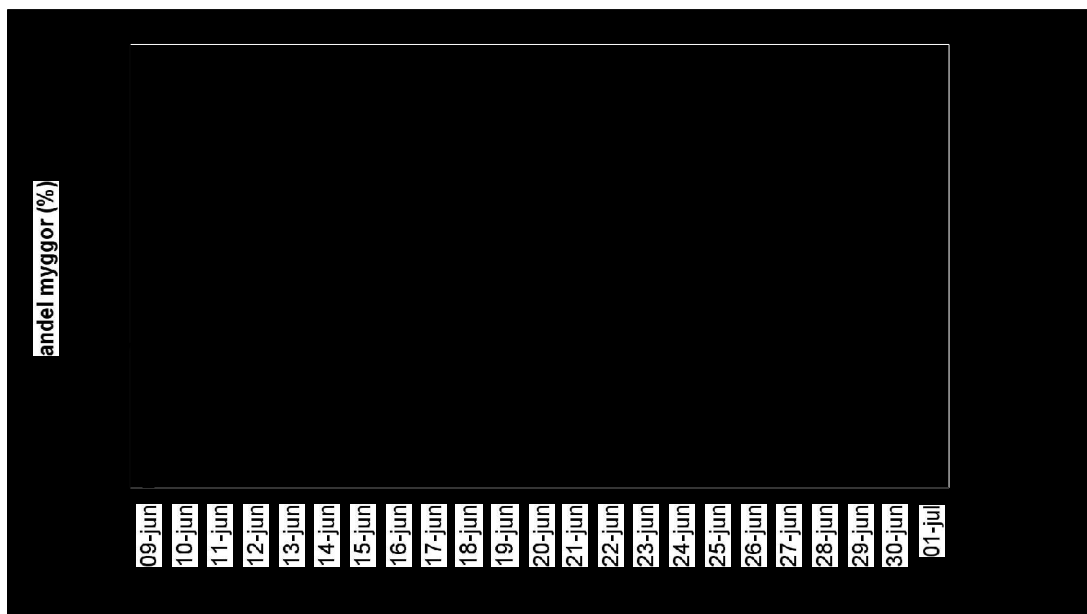
Av de dispensertyper som testades var bomullsrullen den mest effektiva. De två mest attraktiva behandlingarna, dvs de som fångade flest hanar, var bomullsrulle betad med 100 µg av feromonet och polyetylenbehållaren laddad med en 100 gånger starkare dos, 10 mg (Figur 1). Dessa dispensrar var också aktiva under hela den period då vetet befann sig i känsligt stadium för angrepp av vetemyggor, dvs under axgång (Figur 2). Gummidispensern visade sig vara sämst. Oberoende av dos fångades obetydligt fler hanar i fällor med gummidispenser än i obetade fällor, vilka inte fångade några vetemyggor alls (Figur 1).

Under 2003, när väderdata samlades in, var vädret relativt stabilt under hela försöksperioden. Fällorna fångade i medeltal 100 myggor per dag i försöksområdet, men axprov tagna 4 veckor efter axgång visade att angreppet av vetemyggor var lågt, 0,2-4,5 % angräpna kärnor.

Fångsterna i de fällor som satts ut i andra fält än vete visade att det kläcktes mycket vetemyggor även i fält där vete inte odlats på tre säsonger. Detta indikerar att växtföljden är en viktig faktor när det gäller att begränsa vetemyggornas angrepp.

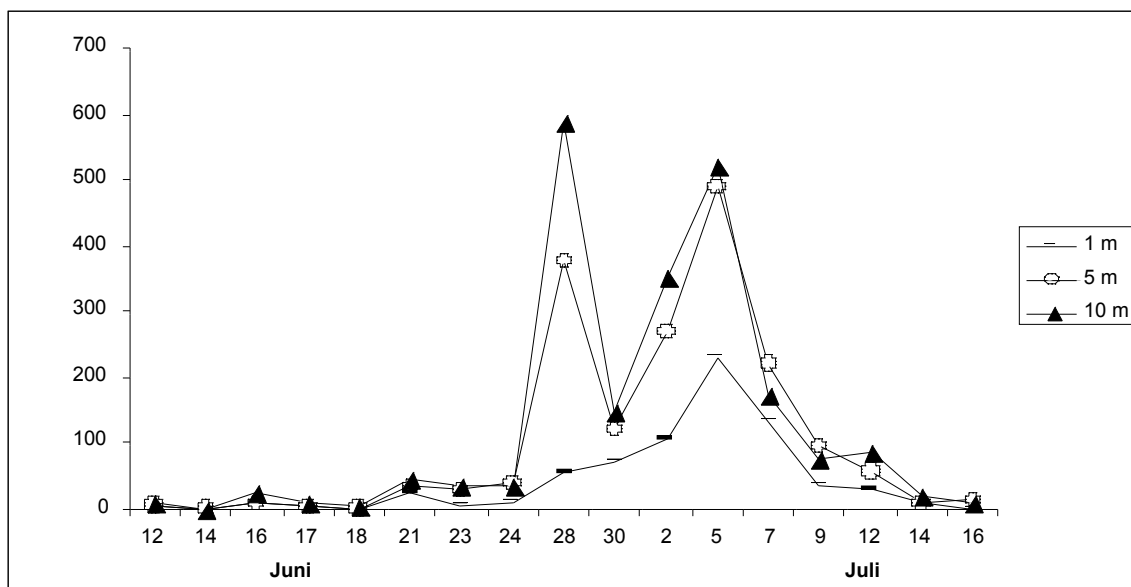
Bekämpning med feromoner – förvirring av hanar

Applicering av förvirringsdispensrarna fick till följd att fångsterna minskade i de fällor, som var placerade inom förvirringsområdet längs transekterna. Efter en vecka var dock fällfångsten inom det förvirrade området uppe på samma nivå som i kontrollfällor placerade 100 m därifrån. I fällserien placerad 1, 5 och 10 meter från försöksområdet, fanns tendenser till en långvarigare förvirringseffekt i fällorna 1 m från det behandlade området (Figur 3).

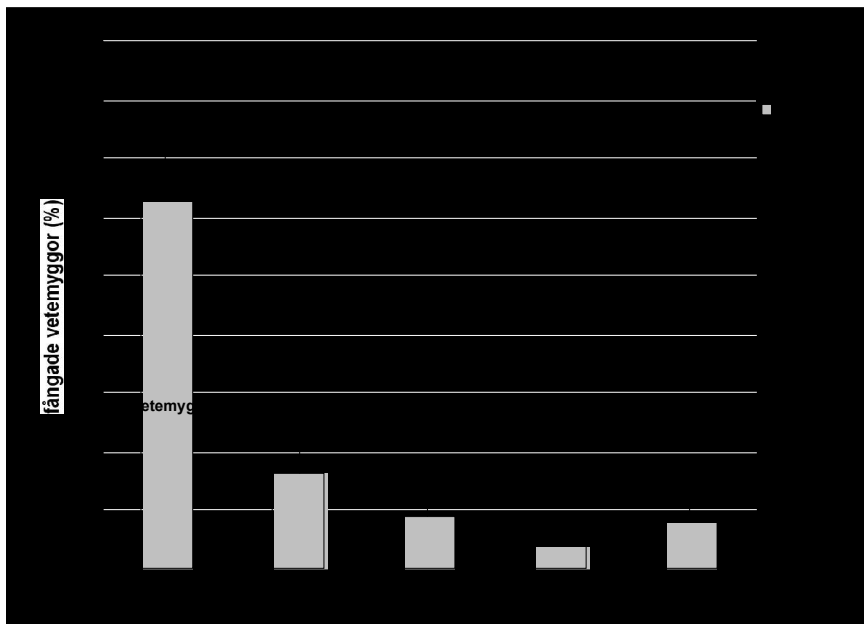


Figur 2. Fångstkurva för röda vetemyggan under perioden 9 juni – 2 juli för de två mest effektiva dispensrarna: bomullsrulle betad med 100 µg feromon (D) och polyetylenbehållare betad med 10 mg feromon (10 mg). Axgång, dvs. perioden då vetet är känsligt för angrepp, var 16 – 27 juni.

I det parallella försöket med fällor betade med 100 µg, 1 mg, 10 mg och 100 mg feromon hade de högre doserna en tydligt 'förvirrande' effekt. Fällorna betade med 100 µg attraherade drygt 60 % av det totala antalet fångade hanar, medan de 1000 gånger starkare 100 mg fällorna inte fångade fler myggor än obetade (blanka) kontrollfällor (Figur 4).



Figur 2. Fångstkurvor för röd vetemygga i fällor placerade 1, 5 och 10 m från kanten av ett område behandlat med en hög dos feromoner för bekämpning, sk förvirring. Kurvorna visar medelvärdet för tio fällor på varje avstånd. Förvirringsdispensrarna sattes ut den 21 juni.



Figur 3. Andelen (%) fångade röda vetemyggor i fällor betade med 100 µg, 1 mg, 10 mg och 100 mg av feromonet applicerat på bomullsrulle. Som kontroll användes obetade, blanka, fällor. Staplarna visar medelvärdet för tio fällor/behandling.

DISKUSSION

Våra resultat visar att det finns goda möjligheter att utveckla en feromonbaserad prognosmetod för vetemyggor. Feromonfällorna visade sig vara mycket effektiva för detektion av vetemyggor även vid låga populationstätheter. Eftersom fällorna endast fångar vetemyggor blir det lätt för den enskilde lantbrukaren att veta om och när myggorna finns i grödan. När det gäller sambandet mellan fällfångst, väder och angreppets omfattning, visade resultaten att trots att fällorna fångade ca 100 myggor per dag – under väderförhållanden som borde vara gynnsamma för gallmyggor – var angreppet lågt (angreppet i procent motsvarar ofta lika många procents skördeförlost). Detta indikerar att fällfångsten ska vara riklig för att vetemyggorna ska orsaka betydande skada. En upprepning av försöket under fler säsonger måste göras för att kunna fastställa antalet vetemyggor för att motivera en bekämpning, dvs ett tröskelvärde, vid olika väderlek.

För en framtida kommersialisering av ett feromonbaserat prognosystem är det en fördel om mindre mängder feromon behövs i fällorna, eftersom de då blir billigare och mer lönsamma för odlarna att använda. Bomullsdispensern uppfyller kraven på en ekonomisk dispenser. Den kan laddas med en 1000 gånger svagare dos av feromonet (100 µg) och ändå är den lika effektiv som den betydligt dyrare polyetylenbehållaren. Deltafällor fungerar bra för gallmyggorna och de är billiga och lätta att använda. För detektion och timing bör det räcka med att placera en eller ett par fällor i fältet. Dessvärre har bristande tillgång på insekter gjort det omöjligt att avsluta den kemiska identifieringen av den gula vetemyggans sexualferomon, men när väl den pusselbiten är på plats bör ett kommersiellt prognosystem för båda arterna av vetemygga inte vara långt borta.

När det gäller bekämpning enligt förvirringsmetoden är resultaten lovande, men det krävs ytterligare utveckling av dispenser- och appliceringsteknik innan metoden kan utgöra ett alternativ till pyretroidbekämpning. Resultaten tyder på att avgivningen av feromon från Flexlure-dispensrarna var relativt låg och kortvarig. Ett alternativ kan vara att använda

bomullsdispensern också för förvirring. En annan möjlighet är att innesluta feromonet i mikrokapslar, som kan spridas med ett vanligt sprutaggregat.

Med dagens intensiva veteodling, där vete ofta odlas efter vete kan man förvänta sig att problemet med gallmyggor kommer att öka. I dagsläget är kläckningsfältet ofta detsamma som äggläggningsfältet och det finns ingen anledning för vetemyggorna att flyga till ett annat vete-fält för äggläggning. Det leder till att en relativt stor vetemyggpopulation ständigt finns i marken, vilket innebär att behovet av ett säkert och lätthanterligt prognosystem kommer att öka. Inom den ekologiska odlingen finns redan en efterfrågan på alternativa bekämpningsmetoder och skulle vetemyggorna utveckla resistens mot pyretroidpreparaten, kan man förvänta sig ett ökat intresse för bekämpning med feromoner även inom den konventionella odlingen.

PUBLICERING OCH RESULTATFÖRMEDLING TILL NÄRINGEN

Följande har publicerats inom projektet:

Celander M, Hillbur Y (2003) Vetemyggor räknas i feromonfällor – effektiv prognos på väg. *Fakta Jordbruk*, nr 12

Hillbur Y, Celander M (2004) Feromoner för prognos och kontroll av gallmyggor. *Jordbrukskonferensen 2004, Uppsala, Sweden*, p. 103-105

Vidare har vi deltagit med poster på Jordbrukskonferensen 2003, och med föredrag på Jordbrukskonferensen 2004. Ett manus, som beskriver resultaten av testet med förvirring, finns och kommer att skickas till lämplig internationell tidskrift. Det kommer att bli den första rapporten av försök med den tekniken på gallmyggor. Vi har fått god respons på Faktabladet från rådgivare inom Norden.

REFERENSER

Arn H, Städler E, Rauscher S (1975) The electroantennographic detector – a selective tool in the gas chromatographic analysis of insect sex pheromones. *Z Naturforsch* 30c, 722-725

Biddle A, Hillbur Y (2000) Field tests with the pea midge pheromone. *Pea and Bean Progress* Winter 2000, p 9

Biddle A, Hillbur Y (2002) Field tests with the pea midge pheromone. *Grain Legumes Magazine* 34, 22-23

Cardé RT, Minks AK (eds.) (1999) *Insect Pheromone Research – New Directions*. Chapman & Hall, New York

Choi M-Y, Khaskin G, Gries R, Gries G, Roitberg BD, Raworth DA, Kim DH, Bennett RG (2004) (2R,7S)-Diacetoxytridecan: sex pheromone of the aphidophagous gall midge, *Aphidoletes aphidimyza*. *J. Chem. Ecol.* 30: 659-670

Gagné RJ (1989) *The Plant-feeding Gall Midges of North America*. Cornell University Press, Ithaca, New York

Gries R, Gries G, Khaskin G, King S, Olfert O, Kaminski L-A, Lamb R, Bennett R (2000) Sex pheromone of the orange wheat blossom midge, *Sitodiplosis mosellana*. *Naturwiss* 87, 450-454

Harris MO, Foster SP (1999) Gall Midges. In: Hardie J, Minks AK (eds.) *Pheromones in Non-Lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants*, CAB International

Hillbur Y (2001) Tracking the tiny – identification of the sex pheromone of the pea midge as a prerequisite for pheromone-based monitoring. Doctoral thesis, SLU. *Agraria* 275.

Hillbur Y, Anderson P, Arn H, Löfqvist J, Bengtsson M, Biddle A, Smitt O, Högberg H-E, Plass E, Franke S, Francke W (1999) Identification of sex pheromone components in the pea midge, *Contarinia pisi* (Diptera: Cecidomyiidae). *Naturwiss* 86, 292-294

Hillbur Y, Bengtsson M (2000) Gallmyggors feromoner i fokus – effektiv prognos möjlig. *Fakta Jordbruk* 2

Hillbur Y, El-Sayed A, Bengtsson M, Löfqvist J, Biddle A, Plass E, Francke W (2000) Laboratory and field study on the attraction of male pea midges, *Contarinia pisi*, to synthetic sex pheromone components. *J Chem Ecol* 26, 1941-1952

Hillbur Y, Bengtsson M, Löfqvist J, Biddle A, Pillon O, Plass E, Francke W (2001) A chiral sex pheromone system in the pea midge, *Contarinia pisi*. *J Chem Ecol* 27, 1391- 1407

Hillbur Y, Celander M, Baur R, Rauscher S, Haftmann J, Franke S, Francke W (2005) Identification of the sex pheromone of the swede midge, *Contarinia nasturtii*. *J. Chem. Ecol.* 31: 1807-1828

Pillon O, Hillbur Y (2001) La Cécidomyie des fleurs du Pois, bilan de 10 ans d'observations. *Phytoma* 538, 22-25

Sigvald R, Lindblad M (1991) Vetemyggor. *Faktblad om växtskydd – jordbruk*, 63 J.

Waern P, Lindblad M, Twengström E, Sigvald R (2000) Växtskyddsåret 2000, Dalarna, Gästrikland, Hälsingland, Uppland och Västmanlands län. *Jordbruksinformation*, 13