Inventering av dubbelögade bastborrar (Coleoptera, Curculionidae) i Småland samt utvärdering av en övervakningsmetod med feromonfälla

C. RIKARD UNELIUS, ANTON HUBNER, SIMONA DULCIS, LINA VIKLUND & ERIK HEDENSTRÖM

Unelius, C. R., Hubner, A., Dulcis, S., Viklund, L. & Hendenström, E.: Inventering av dubbelögade bastborrar (Coleoptera, Curculionidae) i Småland samt utvärdering av en övervakningsmetod med feromonfälla. [**Inventory of *Polygraphus* beetles (Coleoptera, Curculionidae) in Småland and evaluation of a pheromone trap monitoring method.**] – Entomologisk Tidskrift 145 (1–2): 53-60. Björnlunda, Sweden 2024. ISSN 0013-886x.

Four-eyed bark beetles (*Polygraphus* spp.) have been involved in bark beetle outbreaks in Sweden together with the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). The four-eyed bark beetles (in particular *Polygraphus poligraphus*) seemingly contribute to the death of spruce trees. The species of four-eyed bark beetles found in Sweden; *Polygraphus poligraphus* (L), *P. punctifrons* (Thomson, 1886) and *P. subopacus* (Thomson, 1871) are difficult to distinguish without specialist knowledge. Pheromone substances used by the three species have been identified, making it possible to attract these insects to traps, to monitor their distribution and estimate the population size. The purpose of this project was to investigate the presence of the above-mentioned species in Småland using modified pheromone baits and traps. Traps with three different pheromone-containing baits (for the three Swedish *Polygraphus* species) were set out in 11 locations in Småland. 3804 *Polygraphus poligraphus* beetles were caught across the 11 field sites, with *P. punctifrons* and *P. subopacus* being undetected. The study has provided enhanced knowledge about monitoring *P. poligraphus* populations in Småland by pheromone traps. This in turn will help to understand the role of four-eyed bark beetles as a pest and aid in counteracting damage to Swedish forestlands.

C. Rikard Unelius, Fakulteten för Hälso- och Livsvetenskap, Linnéuniversitetet, 382 91 Kalmar. E-post: rikard.unelius@lnu.se

Anton Hubner & Simona Dulcis, Fakulteten för Hälso- och Livsvetenskap, Linnéuniversitetet, 382 91 Kalmar.

Lina Viklund & Erik Hedenström, Institutionen för Naturvetenskap, Design och Hållbar Utveckling, Mittuniversitetet, 851 70 Sundsvall.

I Sverige förekommer tre arter av dubbelögade bastborrar (*Polygraphus*): större dubbelögad bastborre [*Polygraphus poligraphus* (L)], nordlig dubbelögad bastborre [*Polygraphus punctifrons* (Thomson, 1886)] och mindre dubbelögad bastborre [*Polygraphus subopacus* (Thomson, 1871)]. Dessa tre arter lever huvudsakligen på gran (*Picea abies*) (Lekander 1959). Den större dubbelögade bastborren hittas över hela Sverige medan de två andra arterna bara har påträffats frekvent i mellersta Svealand och norrut (Artdatabanken). Från öster hotar en fjärde art i släktet, *P. proximus* (Blandford,

1894). Om den invandrar och etablerar sig i de svenska skogarna skulle det med all sannolikhet medföra allvarliga ekonomiska följder för skogsägarna (EPPO 2014).

Polygraphus poligraphus hör till de barkborrar som kan döda levande träd. Den anses angripa försvagade/torkstressade stående träd medan *P. punctifrons* oftast hittas på vindfällda träd (Lekander 1959, Ehnström & Axelsson 2002, Schroeder 2011, 2013) och *P. subopacus* på senvuxna träd (Ehnström & Axelsson 2002). Det är svårt att avgöra vad som slutligen har dödat träden; torkan, bastborrarna, eller de av bastborrar medförda svamparna, eller en kombination av dessa tre faktorer.

Under det stora barkborreutbrottet i Medelpad och närliggande landskap 2009–11 hittades *P. poligraphus* i nästan lika hög grad som granbarkborren i de angripna träden (Schroeder 2011). Även vid det stora barkborreutbrottet i södra Sverige som startade 2018, har man sett att dubbelögade bastborrar förekommit tillsammans med granbarkborre i de dödade träden (Schroeder 2022). Bastborrarna börjar generellt sett sin flygning senare på året än granbarkborren *Ips typographus* (Annila m.fl. 1977, Ehnström & Axelsson 2002). Det är oklart om bastborre-attackerna sker på grund av att granbarkborrar redan påbörjat en attack eller om det finns andra förklaringar till att *P. poligraphus* ofta angriper samma träd som granbarkborrar redan har angripit. Det är också oklart om bastborrarna gynnas eller missgynnas av att attackera samma träd som granbarkborre (Schroeder 2012). Det är även okänt hur trädets totala försvarsförmåga påverkas av bastborreattackerna och hur de svampar de för med sig in i träden påverkar, men sannolikt övermannas trädens försvar lättare av den dubbla insektsattacken. Fynd av barkborredödade träd som varit angripna av enbart *P. poligraphus* visar att arten även kan döda granar på egen hand (Schroeder 2011).

Aggregationsferomoner (doftlockämnen) för de tre svenska *Polygraphus*-arterna har identifierats (Schurig m.fl. 1985, Rahmani m.fl. 2015, Rahmani m.fl. 2019, Viklund m.fl. 2019, Viklund m.fl. 2021). De senare av dessa studier har visat att det går att locka dem i fällor med de feromonbeten som utvecklats, och även om ett av de feromonbeten som användes inte var helt artspecifikt, dvs att betet för *P. subopacus* också lockade *P. poligraphus*, underlättar feromonbeten inventering av dessa insekter betydligt.

Ekologin för de tre *Polygraphus*-arterna är olika, och det har redan slagits fast att dessa arter har delvis överlappande svärmningsperioder under maj-september i Mellersta Norrland, där *P. subopacus* verkar vara den som börjar flyga först (Viklund, L. m.fl. *pers. komm.*). Det är därför sannolikt att man ytterligare behöver anpassa eventuella bevakningsmetoder för varje art då det vid utbrott av granbarkborre kan vara önskvärt att ha selektiva övervaknings- och bekämpningsmetoder även för bastborrarna. Forskargruppen vid Mittuniversitetet har dessutom identifierat feromonkomponenter för *P. proximus* vilket gör det möjligt att fånga även denna art i fällor om den skulle invandra till Sverige (Viklund m.fl. 2022). Studier av bastborrars beteende och respons på olika feromoner är av stor vikt för kännedom om arternas utbredning samt för att förebygga bastborreinvasioner till skydd för Sveriges barrskogar.

De tre arter av bastborrar som förekommer i Sverige är svåra att särskilja, vilket medför att det inte har funnits någon säker uppfattning om vilka av de tre arterna som förekommer i Småland och i vilka mängder. Man vet med säkerhet sedan tidigare att större dubbelögad bastborre förekommer men eftersom arterna är så svåra att skilja åt och att den mindre dubbelögade bastborren har påträffats söder om Linköping så är det inte otroligt att alla tre arterna också kan förekomma i Småland.

Det primära syftet med denna studie var att använda nyligen identifierade aggregationsferomoner för att med fällor i fält undersöka vilka *Polygraphus*-arter som förekommer i småländska barrskogar samt att få en uppfattning om deras svärmningsperioder där. Sekundärt var att testa en annan modell av betesdispenser och fångstfälla för *Polygraphus*-arterna, än de som tidigare har använts (Rahmani m.fl. 2019, Viklund m.fl. 2019, Viklund *et al*. 2021, Viklund m.fl. 2022). I ett vidare perspektiv var målsättningen att öka kunskapen om bastborrearters ekologi och utbredningsområde. En effekt av detta forskningsprojekt, där effektiva feromonfällor för de olika bastborrearterna var tänkt att verifieras, är möjligheten att övervaka eller eventuellt kontrollera dessa bastborrepopulationer.

Tabell 1. Fältlokalerna (namn och koordinater).

Table 1. The field sites (place and coordinates).

Ortnamn, kommun	Koordinater (WGS84)
Torsås, Torsås	56.402418, 15.984982
Långasjö, Emmaboda	56.541196, 15.420446
Tyllinge, Västervik (naturreservat)	58.012234, 16.071380
Ramlaklint, Jönköping (naturreservat)	57.852100, 14.419160
Allgunnen, Högsby (naturreservat)	56.967602, 16.032603
Attsjö, Växjö	56.878984, 15.114677
Kråkshult, Ljungby	56.771151, 13.521858
Skärbäck, Vetlanda	57.162842, 14.958223
Vikskvarn, Nässjö (naturreservat)	57.538980, 14.574370
Skede, Vetlanda	57.464833, 15.176855
Vassemåla, Vimmerby	57.618648, 15.976719

Material och metoder

Vi har utfört ett fältförsök för att utröna vilka arter av dubbelögad bastborre som förekommer i småländska skogar. Fällor (Fig. 1) betade med feromoner för de tre svenska *Polygraphus*-arterna sattes ut på 11 platser spridda över stora delar av Småland.

Fältlokaler

Fältlokalerna var spridda över hela Småland (Fig. 2, Tabell 1). Topografier lämpliga för fällplaceringar valdes ut efter information och tillstånd av Skogsstyrelsen alternativt efter tillstånd av privata skogsägare. Fällorna placerades i eller nära (<25 m) barrskog, på en linje vinkelrätt mot den huvudsakliga vindriktningen och så att ingen vegetation hindrade anflygningen närmast fällan.

Fällfångster

Tre fällor med tre olika beten placerades med >25 m mellanrum på varje fältlokal och fällornas placering roterades vid de tre tömningarna så att samtliga fällbeten hade suttit vid alla tre positionerna vid försökets slut. Behandlingarna satt alltid i samma fälla dvs hela fällorna flyttades vid roteringen. Fällfångsterna filtrerades med hjälp av en akvariehåv varje gång fällan kontrollerades och tömdes. För att undvika feromonkontaminering mellan behandlingarna hade varje behandling en tilldelad håv för att filtrera ut fångade skalbaggar från propylen-glykolvätskan när fällorna tömdes. Propylenglykolen återanvändes, dock bara i samma fälla. Fältförsöket genomfördes mellan den 13 juni och den 27 juli 2021 med två veckor mellan tömningarna.

De insamlade fällfångsterna artbestämdes av entomologen Bengt Andersson, Nybro (specialist på skalbaggar). Artbestämningen gjordes enligt Lohse & Lucht (1994).

Fällor

Korsade hårdplastpaneler användes i kryssfällor (Fig. 1). De rektangulära svarta hårdplastpanelerna var 20 cm höga och 25 cm breda (Nordic Plastics Group AB, Trelleborg, Sverige), och den svarta plasttratten som placerades under krysspanelerna hade en toppdiameter på 20 cm och en lutning på cirka 45 grader (Hall Miba, Alvesta, Sverige). Flygande skalbaggar kolliderade med panelerna och ramlade ner i en 0,5 L vit plastuppsamlingsburk (Corning Life Science, Stockholm, Sverige) som innehöll propylenglykol (ca 200 ml). Fyra små hål nära burkens hals var uppborrade för att släppa ut överskottsvätska vid regn. Ett blomkrukefat av brun plast (diameter: 28 cm; Soparco, Chaingy, Frankrike) på toppen av fällan fungerade som skydd mot regn. Buntband och plasttäckta trådar användes för att montera ihop de olika delarna av fällan. För att insekterna inte skulle kunna klättra ur fällan, behandlades insidan av fångstkärlets väggar med fluon (polytetrafluoreten-dispersion,

60 viktprocent i vatten, ytterligare utspädd 1:1 med vatten; Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, USA) (Graham & Poland 2012).

Fällbeten och dispensers

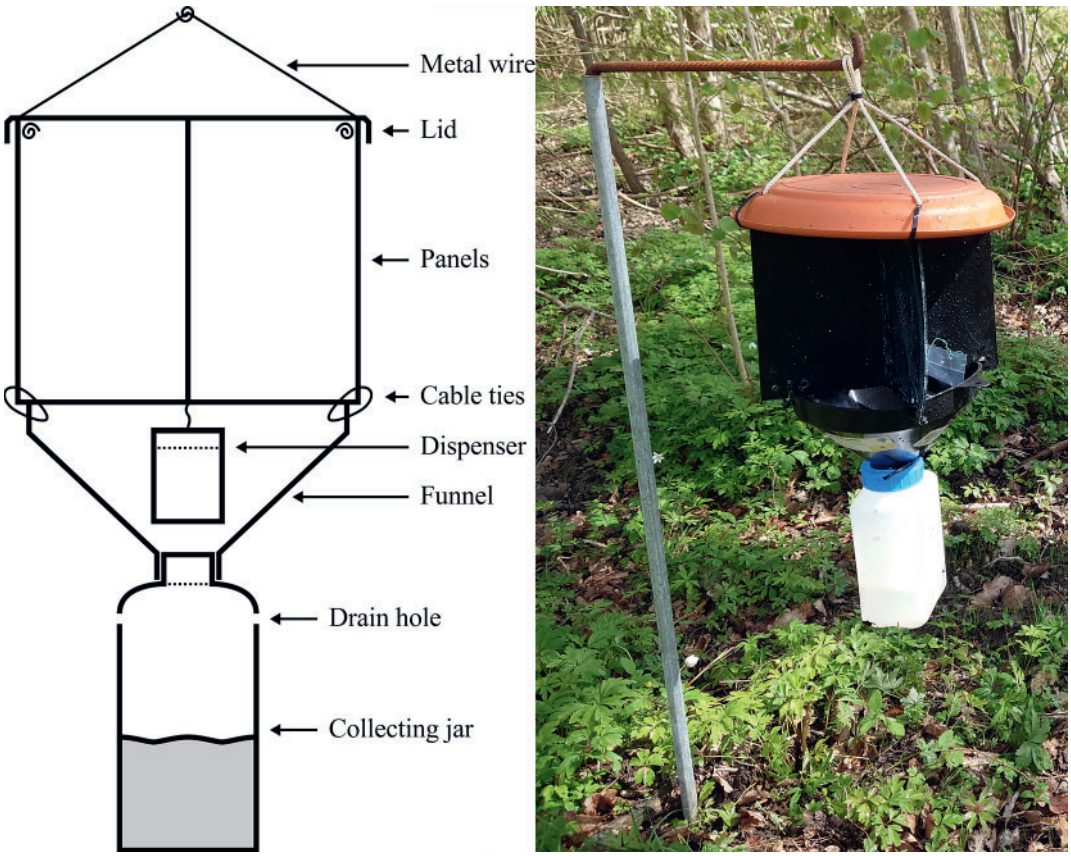
Tre olika beten användes i fällorna.

Bete Ppun, Grandlure I. (+)-(*1R,2S*)-grandisol är feromon för *P. punctifrons.* Grandlure I innehåller racemiskt grandisol vilket har visat sig vara attraktivt för *P. punctifrons* i fält (Rahmani m.fl. 2019). Feromonet löstes upp i en 1:2-blandning av oktan/nonan (5 mg/ml).

Bete Psub, Grandlure II, = (*Z*)-2-(3,3-dimetylcyklohexyliden)-etanol, feromon för *P. subopacus* (Viklund m.fl. 2021). Feromonet löstes upp i en 1:2-blandning av oktan/nonan (12,5 mg/ml).

För **bete Ppun** och **Psub** användes dispensrar med snörveke i rörglas (4 ml). Snöret satt i en 5,5 cm lång teflonslang (diameter ca 3 mm) som gick genom vialens plastlock och stack ut 1cm (Birgersson m.fl. 2012). Snöret var avklippt exakt vid slangens mynning. Varje dispenser laddades med 4 ml av feromonlösningen.

Bete Ppol bestod av frontalin plus (4*R*)-(–)-terpineol med 50% enantiomert överskott. (4*R*)-(–)-Terpineol är feromon för *P. poligraphus*. Frontalin har inte hittats hos insekten, men har visat sig öka fångsterna när (4*R*)-(–)-terpineol av lägre optisk renhet används (Viklund *et al*. 2019).



Figur 1. Schematisk skiss samt foto av den fångstfälla som användes vid inventeringen. Foto: Oscar Nordahl, LNU, Kalmar.

Figure 1. Schematic drawing and a photo of the trap used in this study. Photo: Oscar Nordahl, LNU, Kalmar.

Dispensrarna för **Bete Ppol** var en polyetylendispenser med frontalin (50 mg, Synergy Semiochemicals Corp., Canada) och en dispenser bestående av en smältförseglad polyetylenpåse (O. Möllerström AB, Göteborg, plasttjocklek 80 µm, med en area av 3x5 cm) innehållande 0,4 ml (4*R*)-(–)-terpineol indränkt på en filtbit (3,5x1,3 cm, 100% viskos, Ernst Textil, Östra Karup, Sweden). Förslutningen gjordes med en Quick Seal 200 (O. Möllerström AB, Göteborg). Detta bete användes bara på fem av de 11 fältlokalerna.

Använda kemikalier

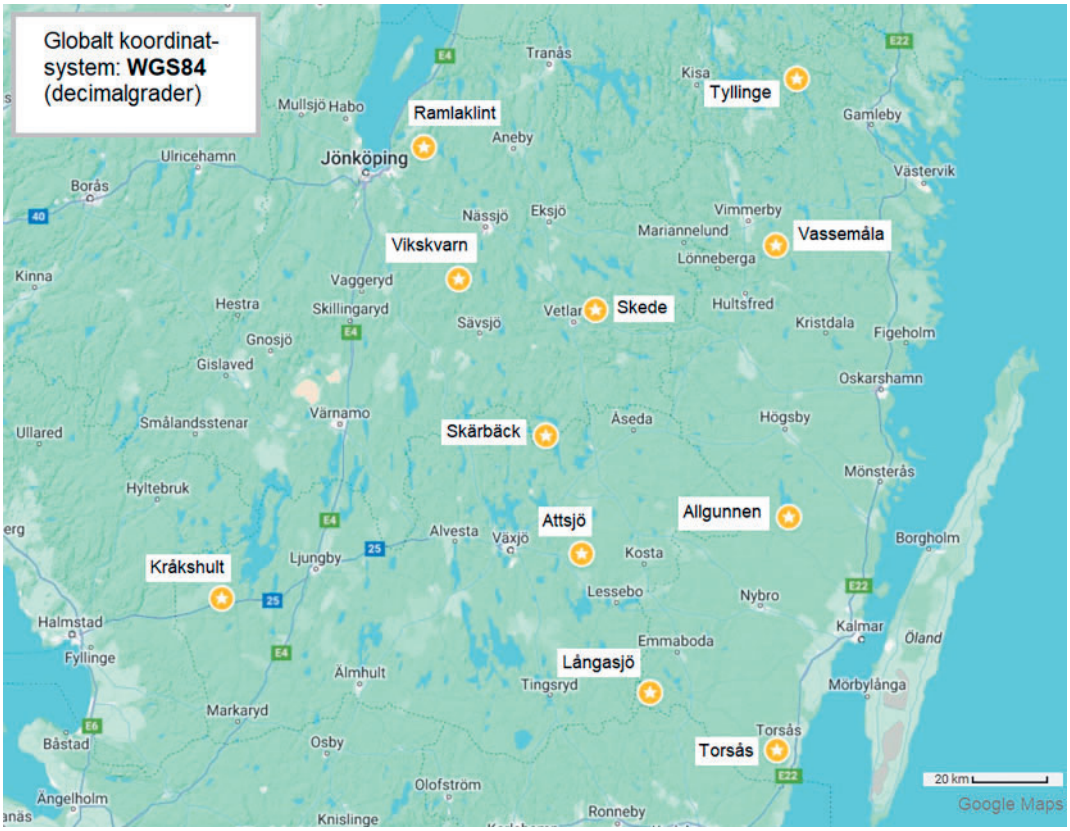
Substanserna som användes till fältförsöken var (4*R*)-(–)-terpineol (TCI), frontalin (Synergy Semiochemicals Corp.), Grandlure I och Grandlure II (Bedoukian Research).

Resultat

Totalt fångades 3804 bastborrar. Enbart arten *P. poligraphus* påträffades (Tabell 2). Störst var fångsterna i naturreservatet Ramlaklint nära Jönköping. Bastborrar fångades under hela försöksperioden men flest bastborrar fångades under första halvan av juli (Tabell 2).

Resultaten visade att Bete Ppun, innehållande Grandlure I, feromonkomponent för *P. punctifrons,* inte var attraktivt för *P. poligraphus* (fångade noll större dubbelögade bastborrar).

Bete Psub, innehållande Grandlure II, feromonkomponent hos *P. subopacus*, var måttligt attraktivt för *P. poligraphus* (fångade 949 bastborrar på 11 lokaler) medan Bete Ppol i kombination med frontalin fångade 2852 *P. poligraphus* på fem fältlokaler. På dessa fem lokaler fångade Bete Psub, 321 borrar vilket ger ett snitt på 64 bastborrar/lokal. Bete Ppol hade på samma lokaler ett snitt på 570 borrar per lokal.



Figur 2. Kartbild över fältlokalernas positioner. Karta: Google.

Figure 2. Map of the positions of the field site. Map: Google.

Tabell 2. Fångster av dubbelögade bastborrar (*Polygraphus* spp.) per tidsperiod och fältlokal.
Table 2. Trap catches of *Polygraphus* beetles per time period and field site.

Fälla (nr)	**Plats**	**Bete**	***P. poligraphus* 14–15 juni – 28–29 juni**	***P. poligraphus* 28–29 juni – 12–13 juli**	***P. poligraphus* 12–13 juli – 26–27 juli**	**Total-fångster / ort**
1	Attsjö (Växjö)	Ppun	0	0	0	0
4	Kråkshult (Ljungby)	Ppun	0	0	0	0
7	Torsås (Torsås)	Ppun	0	0	0	0
10	Långasjö (Emmaboda)	Ppun	0	0	0	0
13	Skärbäck (Vetlanda)	Ppun	0	0	0	0
16	Allgunnen (Högsby)	Ppun	0	0	3	3
19	Ramlaklint (Jönköping)	Ppun	0	0	0	0
25	Vikskvarn (NR, Nässjö)	Ppun	0	0	0	0
28	Skede (Vetlanda)	Ppun	0	0	0	0
31	Vassemåla (Vimmerby)	Ppun	0	0	0	0
34	Tyllinge (Västervik)	Ppun	0	0	0	0
2	Växjö	Psub	7	91	7	105
5	Kråkshult (Ljungby)	Psub	7	130	23	160
8	Torsås	Psub	73	98	22	193
11	Långasjö (Emmaboda)	Psub	48	187	24	259
14	Skärbäck (Vetlanda)	Psub	1	0	0	1
17	Allgunnen	Psub	2	6	1	9
20	Ramlaklint (Jönköping)	Psub	27	91	13	131
26	Vikskvarn (Nässjö)	Psub	4	25	6	35
29	Skede (Vetlanda)	Psub	9	8	5	22
32	Vassemåla (Vimmerby)	Psub	2	1	0	3
36	Tyllinge (Västervik)	Psub	20	5	6	31
18	Allgunnen	Ppol	27	183	96	306
21	Ramlaklint (Jönköping)	Ppol	281	1300	302	1883
27	Vikskvarn (Nässjö)	Ppol	6	2	0	8
30	Skede (Vetlanda)	Ppol	19	61	11	91
35	Tyllinge (Västervik)	Ppol	94	395	75	564
	Fångster / fångsttillfälle		627	2583	594	

Diskussion

Då inga exemplar av nordlig dubbelögad bastborre eller mindre dubbelögad bastborre fångades, ger det en stark indikation på att dessa bastborrearter inte förekommer i Småland. Det är ytterst osannolikt att de kryssfällorna vi använde i denna studie (Fig. 1) skulle fånga enbart *P. poligraphus* men inte de andra två arterna om de fanns på fältlokalerna. Dessa fällor har i tidigare studier med framgång visat sig oselektiva då de använts vid inventeringar av Cerambycider med mycket varierande morfologi (Molander & Larsson 2018). Vidare fångades, med nästan identiska beten, alla tre arter i liknande kryssfällor i Medelpad. Där fångade Bete Ppun, enbart *P. punctifrons* (Rahmani *et al*. 2019) medan Bete Psub, fångade *P. subopacus* men även en viss mängd *P. poligraphus* (Viklund m.fl. 2021). Kombinationen av frontalin och (4*R*)-(–)-terpineol med 50% enantiomert överskott använt i Bete Ppol har i Medelpad visat sig vara en nästan lika effektiv attrahent för *P. poligraphus* som den enantiomert rena feromonkomponenten (4*R*)-(–)-terpineol (Viklund m.fl. 2019).

Resultatet från denna studie bekräftar att de nyligen identifierade doftämnena kan användas som beten i feromonfällor för fångst av bastborrar. Att veta att bara en av de tre arterna har hittats i Småland är värdefullt vid framtida angrepp där man misstänker att dubbelögade bastborrar är inblandade. Bastborrefångster skulle kunna antas ge en uppfattning om populationernas storlek i de undersökta områdena, med reservation för att det är känt att fällfångster av barkborrar kan skilja mycket mellan enskilda hyggen i samma område (M. Schroeder, SLU, Ultuna, *pers. kommunikation*). Denna studie har visat på ett övervakningssystem som effektivt kan undersöka var den större dubbelögade bastborren finns och ge en indikation om i vilka mängder. Feromonfällor för bastborrar har potential att före och under framtida utbrott ge skogsnäringen en chans att vidta skyddsåtgärder och bidra till kontroll av skadeinsekterna. Studien visar också på möjligheten att med feromonbetade övervakningsfällor runt stora importhamnar, som Mönsterås hamn i Småland, upptäcka och bekämpa nya mer aggressiva och invasiva bastborrearter som *P. proximus.*

Studien har visat att det går att använda aggregationsferomoner i den använda typen av bete och fälla (Fig. 1) för att övervaka och studera *P. poligraphus*. Som man ser i fällfångsterna i tabell 1 så är dock inte Bete Psub selektivt för en av arterna, vilket medför att man måste undersöka fångsterna under lupp om det gäller inventering av en viss art. Studien har dock visat att det lätt går att övervaka den totala populationen av dubbelögad bastborre i Småland eftersom bara den större arten finns här idag. Detta ger i sin tur viktig information för att bättre förstå och på sikt avgöra deras roll som skadegörare i skog och i förlängningen kunna vidta åtgärder för att motverka skador på skogen.

Tack

Vi tackar Stiftelsen Anna & Gunnar Vidfeldts fond för biologisk forskning, Linnéuniversitetet för finansiellt stöd. Prof. Martin Schroeder vid SLU, Ultuna tackas för tips och råd inför inventeringen, samt kommentarer på manuskriptet. Vi tackar även Bengt Andersson, Nybro, den skalbaggsspecialist som artbestämde de fångade insekterna. EH och LV tackar även Länsstyrelsen i Västernorrland och den Europeiska Regionala Utvecklingsfonden för finansiering.

Referenser

Annila, E. 1977. Seasonal flight patterns of spruce bark beetles. – Annales Entomologici Fennici 43: 31–35.

Birgersson, G., M. J. Dalusky, K. E. Espelie & C. W. Berisford. 2012. Pheromone Production, Attraction, and Interspecific Inhibition among Four Species of Ips Bark Beetles in the Southeastern USA. – Psyche 6: 1–14.

Ehnström, B. & R. Axelsson. 2002. Insektsgnag i bark och ved. SLU Artdatabanken.

EPPO. 2014. Pest risk analysis for *Polygraphus proximus*. The European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), Paris.

Graham, E. E. & T. M. Poland. 2012. Efficacy of Fluon conditioning for capturing cerambycid beetles in different trap designs and persistence on panel traps over time. – J Econ Entomol 105: 395–401.

Lekander, B. 1959. Der doppeläugige Fichtenbastkäfer *Polygraphus poligraphus L*: ein Beitrag zur Kenntnis seiner Morphologie, Anatomie, Biologie und Bekämpfung. SLU, Sweden.

Lohse, G. A. & W. H. Lucht. 1994. Die Käfer Mitteleuropas. Spektrum Akademischen Verlag, Berlin / Heidelberg.

Molander, M. A. & M. C. Larsson. 2018. Identification of the Aggregation-sex Pheromone of the Cerambycid Beetle *Phymatodes pusillus* ssp. *pusillus* and Evidence of a Synergistic Effect from a Heterospecific Pheromone Component. – Journal of Chemical Ecology 44: 987–998.

Rahmani, R., E. Hedenström & M. Schroeder. 2015. SPME collection and GC-MS analysis of volatiles emitted during the attack of male *Polygraphus poligraphus* (Coleoptera, Curcolionidae) on Norway spruce. – Zeitschrift fur Naturforschung, Section C, Journal of Biosciences 70: 265–273.

Rahmani, R., E. A. Wallin, L. Viklund, M. Schroeder & E. Hedenstroem. 2019. Identification and Field Assay of Two Aggregation Pheromone Components Emitted by Males of the Bark Beetle *Polygraphus punctifrons* (Coleoptera: Curculionidae). – Journal of Chemical Ecology 45: 356–365.

Schroeder, M. 2011. Undersökning av barkborredödade träd i Västernorrlands och Jämtlands län våren 2011. SLU Rapport.

Schroeder, M. 2012. Undersökning av barkborredödade träd i Västernorrlands län våren 2012. SLU Rapport.

Schroeder, M. 2013. Förekomst och förökningsframgång för granbarkborre i vindfällda granar i Medelpad 2012. SLU Rapport.

Schroeder, M. 2022. Granbarkborrens förökningsframgång i dödade träd under sommaren 2021 i sydöstra Småland, Värmland och Uppland/Västmanland. SLU Rapport.

Schurig, V., U. Leyrer & U. Kohnle. 1985. Enantiomer composition and absolute configuration of terpinene-4-ol from the bark beetle *Polygraphus poligraphus*. – Naturwissenschaften 72: 211.

Viklund, L., J. Bang, M. Schroeder & E. Hedenstrom. 2021. Identification of male produced compounds in the bark beetle *Polygraphus subopacus* and establishment of (Z)-2-(3,3-dimethylcyclohexylidene)-ethanol as an aggregation pheromone component. – Chemoecology 31: 367–376.

Viklund, L., R. Rahmani, J. Bang, M. Schroeder & E. Hedenstroem. 2019. Optimizing the attractiveness of pheromone baits used for trapping the four-eyed spruce bark beetle *Polygraphus poligraphus*. – Journal of Applied Entomology 143: 721–730.

Viklund, L., Y. Baranchikov, M. Schroeder, A. Efremenko, D. Demidko & E. Hedenström. 2022. Identification of sex-specific compounds in the invasive four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus*. – Chemoecology 32: 183–195.