

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 542 2003



Storskalig biologisk bekämpning av skadeinsekter i granfröplantager

FÖRFATTARE: Olle Rosenberg & Jan Weslien
FOTO: Besprutning med det biologiska bekämpningsmedlet *Bacillus thuringiensis*.

Ämnesord: Biologisk bekämpning, *Bacillus thuringiensis*, Granfröplantage, Insektsskador, Grankottar, Grankottmott, *Dioryctria abietella*, Större grankottmätare, *Eupithecia abietaria*, Grankottvecklare, *Cydia strobilella*, Grankottfluga, *Strobilomyia anthracina*, Storskalig bekämpning, Fläktspruta

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktions effektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETS RAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten bäst utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning.....	3
Material och metoder	4
Utförande.....	4
Analys	6
Resultat och diskussion.....	7
Kontroll av täckning.....	7
Fenologi.....	8
Effekt av Bt-behandling.....	9
Slutsats	13
Tackord.....	13
Referenser.....	14

Sammanfattning

Under våren och sommaren 2002 utfördes ett storskaligt försök för att bekämpa grankottmott, grankottmätare och grankottvecklare i en granfröplantage, Ålbrunna i Uppland. För den storskaliga bekämpningen användes en axialfläktspruta (Lochmann Ra 10–36) med kapacitet att blåsa stora mängder luft för att bära bekämpningsmedlet upp i trädskronorna. Bekämpningsmedlet som användes var *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki/aizawai* (Turex® 50 WP, 25 000 IU mg⁻¹) och är främst aktivt mot fjärilslarver. Besprutningen utfördes med tre olika doser och vid fyra tillfällen under ca en månads tid. Täckningen (antal droppar bekämpningsmedel per cm²) som kontrollerades med vattenkänsliga papper, var huvudsakligen god. Vad det gäller grankottmott- och grankottmätarlarver vars skador ej går att skilja från varandra, reducerades andelen skadade kottar ca 65 % efter besprutning vid tre tillfällen jämfört med obesprutad kontroll. De tre doserna som användes gav lika stor effekt. Inga behandlings effekter på grankottvecklaren kunde observeras. Som väntat fanns inga effekter på grankottflugan då Bt var. *kurstaki/aizawai* är utvecklat för bekämpning av fjärilslarver.

Inledning

De svenska granfröplantagerna drabbas regelbundet av skadeinsekter med stort produktionsbortfall av frö som följd. Skadegörarna utgörs av fjärilslarver, gallmyggelarver, en stekellarv och en fluglarv (tabell 1). Dessa insekter påverkar både fröproduktionen och kvaliteten på de frön som produceras.

Tabell 1.

Exempel på skadegörare i granfröplantager med uppgifter på larvernas huvudsakliga föda och tid för insektens äggläggning med avseende på granens blomning och kottutveckling. Data kommer från Trägårdh, (1939), Bakke (1963), Wiersma (1972), Hedlin (1973), Annila (1979), Roques, (1983) och Brockerhoff & Kenis (1997).

Art	Larven äter	Äggläggning
Grankottmott (<i>Dioryctria abietella</i> Den. et Schiff.)	Kotte	Kotte
Större grankottmätare (<i>Eupithecia abietaria</i> Götze)	Kotte	Kotte
Grankottvecklare (<i>Cydia strobilella</i> (L.))	Frö, kotte	Blom
Grankottgallmygga (<i>Kaltenbachiola strobi</i> Winn.)	Kotte	Blom
Granfrögallmygga (<i>Plemeliella abietina</i> Seitner)	Frö	Blom
Granfröstekeln, (<i>Megastigmus strobilobius</i> Ratz.)	Frö	Kotte
Grankottflugan, (<i>Strobilomyia anthracina</i> Czerny)	Kotte, frö	Blom

Applicering av Bt på enskilda blommor/kottar med hjälp av handspruta har visat sig reducera skador av grankottmott avsevärt (Weslien, 1999; Glynn & Weslien, 2001) Vid en storskalig bekämpning är det dock svårare att ha kontroll på att preparatet verkligen når varje enskild kotte. Ett problem är avdrift som innebär att en del av bekämpningsmedlet inte hamnar på avsedd plats (Ellis-Butler m.fl. 2002). Avdriften påverkas bl.a. av vindhastighet, temperatur och luftfuktighet, vilket innebär att besprutning med fördel utförs under morgonen eller på kvällen då temperaturen och vindhastigheten vanligen är lägre (Ozkan, 2000). Dessutom är droppstorleken av stor betydelse, där en lämplig droppstorlek för att undvika alltför stor avdrift och samtidigt få god effekt vid insektsbekämpning med fläktspruta ligger mellan 200–300 µm (Ozkan, 2000). Ett annat problem vid bekämpning av kottinsekter är att larven finns i kottar som slutit sig, vilket

innebär att bekämpningsmedlet inte kommer in i kotten om besprutning utförs först när larver kan hittas. För att få god effekt av bekämpningsmedlet är det därför nödvändigt att besprutning utförs redan under blomning så att preparatet kan komma in i blommorna/-kottarna. En sådan studie har utförts av Glynn & Weslien (2001) där behandling med Bt av enskilda granblommor visade sig kunna halvera antalet angripna kottar av grankottmott. Sprutning av blommor har också en annan fördel. Bt som kommer in i blommor/kottar skyddas från nedbrytning av solljus och delvis också från att sköljas bort vid nederbörd kan då vara aktivt en något längre tid (jfr. Reardon m.fl., 1994).

Sammanfattningsvis kan man säga att det saknas kunskap om storskalig besprutning mot kottinsekter med Bt. Det är oklart vilken mängd som måste sprutas och hur många sprutningar som behövs för att uppnå tillfredställande täckning och reduktion av skador.

Syftet med denna studie var att närma sig den praktiska tillämpningen och få svar på följande frågor:

- Blir täckningen (droppar per cm^2) tillfredsställande vid praktisk bekämpning?
- Hur mycket kan skadorna reduceras i praktiskt utförda besprutningar?
- Är effekten beroende av antalet sprutningar och i så fall, hur många sprutningar behövs?
- Påverkas skadefrekvensen av sprutmängden/dosen?
- Vilka insektsarter påverkas av bekämpningen?

För att försöka besvara dessa frågor anlades försök i två granfröplantager lokaliserade i Uppland och Västerbotten där besprutning av Bt utfördes med traktor-dragna fläktsprutor.

Material och metoder

UTFÖRANDE

Två granfröplantager, Ålbrunna i Uppland och Björkebo i Västerbotten, ingick i försöket med storskalig bekämpning av skadeinsekter med det biologiska preparatet *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki/aizawai* (Bt) (Turex® 50 WP, 25 000 IU mg^{-1}). Koncentrationen som användes i detta försök var densamma som i de tidigare försöken av Weslien (1999) och Glynn & Weslien (2001), d.v.s. 4 g Turex per liter vatten, vilket motsvarar 2 kg Turex per 500 l vatten.

Besprutningen i de två fröplantagerna gjordes med olika fläktsprutor. I Ålbrunna användes en ny axialfläktspruta (Lochmann Ra 10–36) med kapacitet att blåsa stor luftvolym ($48\,000\text{--}82\,000\text{ m}^3\text{ luft h}^{-1}$). I detta försök användes den mindre luftvolymen ($48\,000\text{ m}^3\text{ luft h}^{-1}$) för att om möjligt undvika eventuella sidoeffekter av luftblåsningen i sig. Till fläktsprutan användes också en tillsats för att kunna spruta upp till 15 m höga träd, nackdelen med denna var att endast ensidig besprutning blev möjlig. Sprutmunstyckena var Albus ATR 80 Blå. Trycket som användes vid besprutningen i Ålbrunna var 4 bar och hastigheten $4,2\text{ km h}^{-1}$ och detta innebar en sprutmängd på $19\text{ l }100\text{ m}^{-1}$ vid ensidig

applikation, d.v.s. den reella sprutmängden på träden för 100 m är den dubbla. Kombinationen av de använda munstyckena och trycket medförde att VMD (Volume Median Diameter, d.v.s. hälften av den sprutade volymen har större droppar och den andra hälften mindre droppar) låg mellan 200–250 μm enligt munstycksdata. I Björkebo användes en så kallad driftspruta, Hardi Cannon, med hög lufthastighet men mindre luftvolym. Denna typ av spruta är endast gjord för ensidig applikation. Sprutmunstyckena på denna var av okänt märke. En nackdel med sprutan i Björkebo var att den tidigare använts till att spruta permetrin. Trots rengöring återfanns en halt på ca 1,8 – 1,9 μg permetrin/l sprutvätska.

För att få klarhet i om besprutningen gav tillräcklig täckning placerades vattenkänsliga papper (WSP) upp i olika höjd (2,5 och 5 m) och väderstreck. WSP placerades på grenar intill kottarna vid första spruttillfället och vid senare sprutningar på 5 m höga stolpar (motsvarar höjden på träden där de flesta kottar finns i de valda plantagerna). Enligt produktinformationen för WSP (CIBA-GEIGY Limited, Agricultural Division, Basel) krävs ca 20–30 droppar per cm^2 för att uppnå en effektiv insektsbekämpning.

För att få en bild över hur angreppen av olika insekter varierar med tiden gjordes en kontinuerlig kontroll (vid fyra tillfällen) av obesprutade kottar under perioden 20/6–9/8 i granfröplantagen i Ålbrunna. Vid varje tillfälle plockades 25–30 kottar från 6 träd i olika delar av plantagen. Plockningen utfördes på olika träd varje gång då antalet kottar per träd var begränsat.

Varje plantage sprutades fyra gånger inom loppet av ca en månad (i Ålbrunna mellan 8/5–29/5 och i Björkebo mellan 21/5–6/6), två gånger under blomningen och två gånger under kottarnas utveckling (tabell 2). För att studera hur många sprutningar (antalet faser) och vilken dos som behövdes, valdes olika områden i plantagen ut. Tre olika doser användes (tabell 3) där varje dos placerades i en rad. I varje rad ingick sedan alla de ingående faserna (1 till 4) (tabell 2). Mellan varje fas avsattes mellan 32–40 m som buffertzona för att minska kontamineringsrisken. Avståndet mellan raderna med de olika doserna var ca 42 m. Kontrollerna placerades ca 70 m från den närmaste Bt-behandlade trädraden. På detta vis var det möjligt att i en plantage som sprutas storskaligt få helt obesprutade kottar och kottar som besprutats en, två, tre resp. fyra gånger (tabell 2). Det var endast i Ålbrunnaplantagen som olika mängder undersöktes. Negativa effekter till följd av solljus, vind och hög temperatur minimerades genom att besprutningarna utfördes under sen eftermiddag/kväll. Nederbörd som kan försämra effekten genom att Bt-preparatet helt enkelt sköljs av från kottarna kontrollerades under hela besprutningsperioden och var försumbar.

Plockningen i Ålbrunna utfördes den 10/9 och i Björkebo plockades kottarna den 20/9. Försöket i Björkebo fick dock utgå pga. att insektsangreppen var alltför små för att någon utvärdering skulle kunna göras.

Tabell 2.

Datum för besprutning av de olika utvecklingsfaserna i Ålbrunna (Å) respektive i Björkebo (B) under år 2002. 10 ympar ingick i varje försöksled.

Utvecklingsfas Försöksled	Fas 1 Tidig blomning	Fas 2 Sen blomning	Fas 3 Tidig kottbildning	Fas 4 Tidig kottutveckl.
Aldrig exponerade (kontroll)				
Exponerade under fas 1	Å 8/5 B 21/5			
Exponerade under fas 1 och 2	Å 8/5 B 21/5	Å 14/5 B 26/5		
Exponerade under fas 1, 2 och 3	Å 8/5 B 21/5	Å 14/5 B 26/5	Å 22/5 B 30/5	
Exponerade under fas 1, 2, 3 och 4	Å 8/5 B 21/5	Å 14/5 B 26/5	Å 22/5 B 30/5	Å 29/5 B 6/6

Tabell 3.

Vatten och preparatmängder som blandades per spruttillfälle i Ålbrunna.

	Spruttillfälle 1	Spruttillfälle 2	Spruttillfälle 3	Spruttillfälle 4
Vattenmängd	450 l ¹	350 l ²	250 l ³	150 l ⁴
Preparatmängd	1,8 kg	1,4 kg	1 kg	0,6 kg

¹Beräknad åtgång av vätska var 376 l

²Beräknad åtgång av vätska var 277 l

³Beräknad åtgång av vätska var 180 l

⁴Beräknad åtgång av vätska var 92 l

Vid sprutmängd 1 besprutades träden 1 gång/spruttillfälle (19 l/sida/100m)

Vid sprutmängd 2 besprutades träden 2 gånger/spruttillfälle (38 l/sida/100m)

Vid sprutmängd 3 besprutades träden 3 gånger/spruttillfälle (57 l/sida/100m)

ANALYS

I slutplockningen valdes de fem ympar som hade mest kott varje försöksled och från varje ymp plockades slumpvis 12 kottar, d.v.s. totalt 60 kottar från varje försöksled (2 kontroller, 4 utvecklingsfaser × 3 doser). Totalt plockades alltså 840 kottar i Ålbrunna. Slumpningen utfördes i flera steg, först slumpades tre grenar på vald ymp och kottarna från dessa lades i en hög. Om antalet kottar inte uppgick till 12 stycken, slumpades ytterligare en gren ut. När antalet kottar översteg 12 plockades 12 st slumpvis ut. Dessa kottar analyserades på lab. med avseende på längd, skadegrad (andel nekros), krokighet, mängden ekskrement, kåda, art och antal av olika larver. Kotten delades på längden i fyra ”klyftor” för att underlätta sökandet efter larver. För utvärdering av skador räknades andelen kott med nekros (>10 %) och andelen kott med ekskrement eftersom grankottmott och grankottmätare efterlämnar ekskrementhögar på utsidan av angripna kottar. Det senare ger en något säkrare bild av hur stor del av kottarna som verkligen angripits av grankottmott och grankottmätare. Kottar med små korn av ekskrement som endast var synliga vid änden av ett kottefjäll har ingått i fraktionen utan ekskrement då detta tyder på att larven dött på ett tidigt stadium. Då det gäller grankottvecklarens larver har bedömningen gjorts genom att räkna antalet larver per kotte, eftersom dessa larver inte ger någon skada som syns på

kottarnas utsida. Då kottflugans larver lämnar kottarna tidigt på sommaren (innan slutplockningen) räknades kott där kottflugan funnits och efterlämnat spår i form av en böjd kotte med kåda på utsidan.

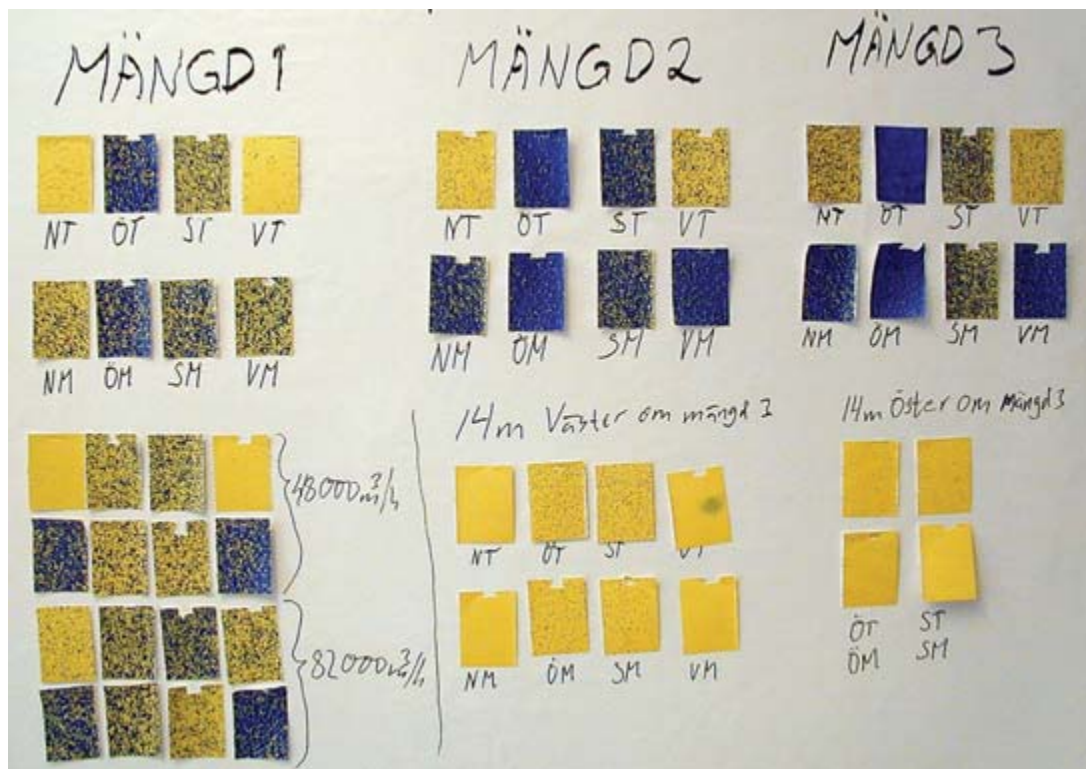
I den statistiska analysen användes en linjär modell (GLM) i statistikprogrammet SAS (SAS, 1997). Kontrollen jämfördes mot de olika behandlingarna och för att undvika massignifikans utfördes testet enligt Dunnett. Behov av transformering av data kontrollerades med Shapiro-Wilks test, kurtosis, skevhet och visuellt med normalfördelningsfigur.

Resultat och diskussion

KONTROLL AV TÄCKNING

De vattenkänsliga papper (WSP) som utplacerades visade att god täckning, d.v.s. att fler än 30 droppar per cm^2 uppnåddes i de flesta fall, ett antal som enligt tillverkaren (CIBA-GEIGY Limited, Agricultural Division, Basel) krävs för att uppnå en effektiv insektsbekämpning. Undantagen var två WSP (NT och VT) i mängd 1 (19 l/100 m) 5 m över marken och mot vindriktningen. Ett test visade att en ökning av luftvolymen från $48\,000\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$ till $82\,000\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$ gav en med råge tillräcklig mängd av det rekommenderade antalet droppar även på dessa WSP (figur 1). Antalet droppar som verkligen kommit in i kotten är troligen betydligt färre än vad som avspeglas av de WSP som utplaceras. Emellertid finns laboratoriestudier som pekar på att det kan räcka med 5–10 droppar cm^{-2} för att uppnå en hög mortalitet (Mazcuga & Mierzejewski, 1995). Mortaliteten är dock avhängig larvens utvecklingsstadie och droppstorleken hos bekämpningsmedlet (Mazcuga & Mierzejewski, 1995). Enligt Van Frankenhuyzen m.fl. (1997) krävs ungefär en fördubbling av droppstorleken för att öka dödligheten från 50 % till 95 %, vilket i deras studie innebar att en droppe innehållande 12,7 BIU/l (miljarder internationella enheter/l) behövde öka från en diameter på ca $64\ \mu\text{m}$ till $150\ \mu\text{m}$ för att uppnå denna ökade dödlighet i fjärde larvstadiet av den amerikanska knoppvecklaren (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)). Kontroll av täckning/antalet droppar inuti kottar skulle möjligen kunna göras med hjälp av fluorescerande vätska och/eller att göra en odling på avskrap från kottarnas innandöme och analysera aktivt Bt (jfr. Holownicki m.fl., 2002).

En viss avdrift förekommer i vindriktningen. Den västra mätningen låg i vindriktningen och de två WSP som gjorde detsamma (ÖT, ÖM, ST och SM) uppvisade en för insektsbekämpning godkänt antal droppar. I detta fall var det dock inget positivt då avdrift skall undvikas dels av ekonomiska skäl då en stor del av bekämpningsmedlet ej når sitt mål, dels för att undvika onödig belastning på omgivande områden.



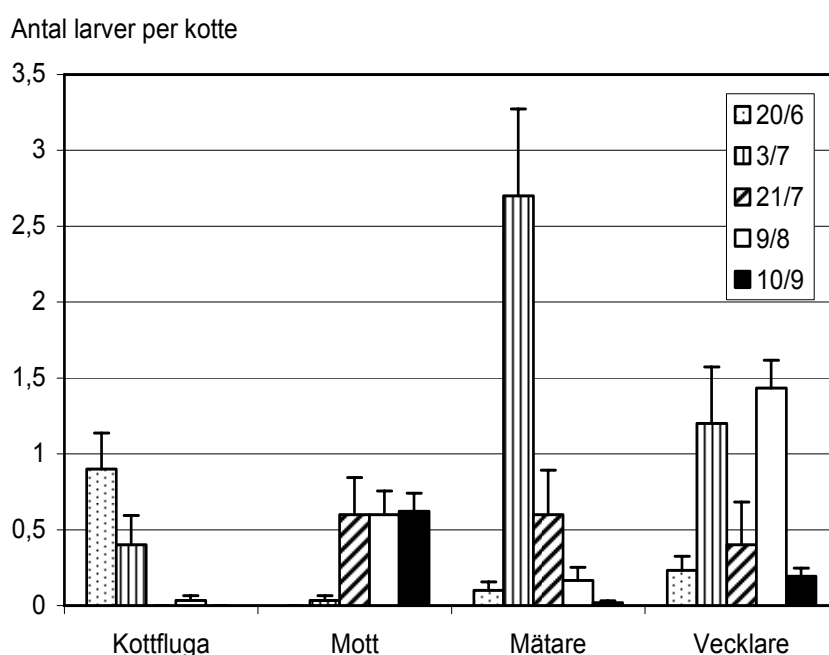
Figur 1. Vattenkänsliga papper som visar bekämpningsmedlets täckning i olika vädersträck (Norr, Öst, Syd och Väst), olika höjder mätt från marken ($T = 5$ m och $M = 2,5$ m), vid olika luftmängder ($48\ 000\ m^3\ h^{-1}$ och $82\ 000\ m^3\ h^{-1}$) och avdrift från den rad där appliceringen utfördes (14 m väster och 14 m öster om mängd 3).

FENOLOGI

Den relativa förekomsten av insekter varierar över säsongen. Antalet funna Kottflugelarver var som högst vid första undersökningstillfället och minskade sedan med tiden (figur 2). Kottflugan lägger sina ägg under blomningen och larven uppnår förpuppningsåldern någon gång mellan juni-augusti varvid den lämnar kotten (Wiersma, 1972; Eidmann & Klingström, 1990; Brockerhoff & Kenis, 1997). I den aktuella studien hade i stort sett alla fluglarver lämnat kottarna redan i början av juli (figur 2).

Grankottmottlarver som observerades först i början av juli, och då endast i ringa antal, visade ingen avtagande trend av antalet larver fram till och med 9/8 (figur 2). Detta stöds i en studie av Annala (1979) där de tidigaste larverna av grankottmott också hittades i början av juli månad och att larverna i slutet på september hade uppnått näst sista eller sista stadiet och förberett sig för övervintring. Mätarna är något tidigare än motten och verkar analogt också lämna kottarna tidigare. Enligt Roques (1983) sker mycket riktigt grankottmätarens äggläggning tidigare än för grankottmottet. En stor del av grankottmätarna förpuppar sig innan eller under september månad (Spessivtseff, 1924). I den här studien minskade antalet mätarlavver redan i slutet av juli och vid slutplockningen kunde endast en larv hittas. Detta speglar troligen det varma vädret under 2002, där granarna blomade ca fyra veckor respektive en vecka tidigare än vad som var fallet i Ålbrunna 1996 och 2000 (Weslien, 1999; Glynn & Weslien, 2001).

De tidigast funna larverna av grankottvecklare i denna studie var mycket små och hittades i frön varför antalet troligen underskattades (figur 2). Med tiden ökade antalet larver i kottaxeln, vilket gjorde det enklare att hitta larverna. Grankottvecklaren lägger ägg i granblomman varefter larven äter ur frön och kottaxeln för att sedan övervintra i kotten (t.ex. Trägårdh, 1939; Bakke, 1963; Hedlin, 1973). De mindre mängder vecklarlarver som kunde hittas den 21/7 och vid den slutliga kottplockningen 10/9 (figur 2) är svåra att förklara. Då vecklarlarver vanligen övervintrar i kottaxeln, (t.ex. Hedlin, 1973) borde ingen minskning av antalet larver ha observerats vid tiden för slutplockningen. Dock kan det, förutom provtagningsartefakter, vara så att parasitoider förknippade med vecklare reducerat antalet funna vecklare och att dessa kanske var mer eller mindre vanliga i olika delar av plantagen. Enligt Brockerhoff & Kenis (1996) finns parasitoider som ger sig på varje utvecklingsfas av vecklaren, alltifrån ägg till puppa.

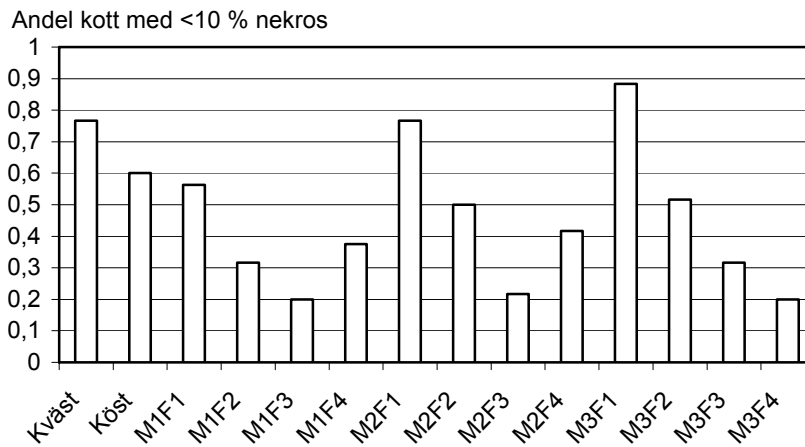


Figur 2. Uppskattning av antalet larver per kotte vid olika tidpunkter under år 2002. Beräkningarna är baserade på 30 kottar per insamlingstillfälle, med undantag för 21/7 då 25 kottar insamlades och vid slutplockningen den 10/9 då beräkningen baseras på de 108 kottar som ingick i de två kontrolllytorna. Felstaplarna visar medelfelet av antalet insekter per kotte.

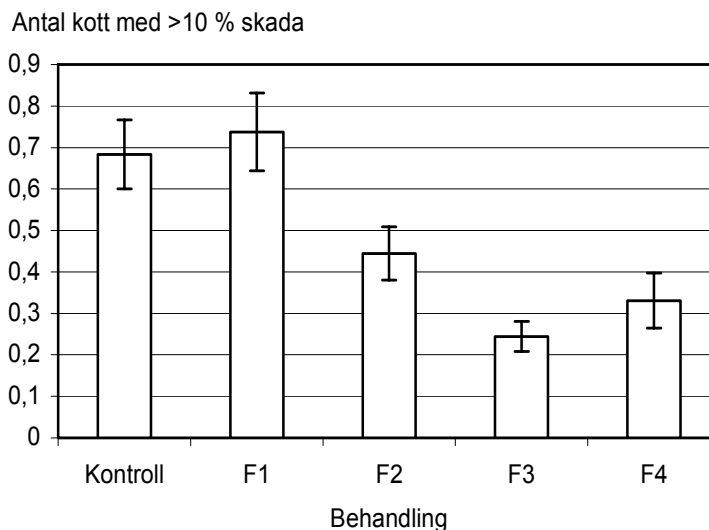
EFFEKT AV BT-BEHANDLING

Mängden Bt applicerad per spruttillfälle hade inte ha någon signifikant effekt för andelen kott med nekros >10 % (figur 3). Utifrån dessa data har effekter av antalet besprutningar över tiden beräknats och presenteras i figur fyra. Där framgår det tydligare att antalet sprutningar över tiden har effekt. Sprutning som endast utförts vid ett tillfälle, fas 1 (F1), och vid två tillfällen, fas 2 (F2), har ej resulterat i någon skadereduktion jämfört med kontrollen (figur 4). De ympar som behandlats tre (F3) respektive fyra gånger (F4) hade signifikant mindre andel kott med nekros >10 % jämfört med kontrollen ($p = 0,009$ respektive $0,028$). I kontrollen hade ca 68 % av kottarna nekros överstigande 10 % jämfört med 24 % i F3. Resultaten tyder på att skadorna kan mer än halveras (65 %)

med den metodik som använts under våren/sommaren 2002 (55 % helt utan skador i F3 och 25 % oskadade i kontrollerna) och är jämförbara med resultaten efter handsprutning av enskilda blommor av Glynn & Weslien (2001).



Figur 3. Andelen kott med nekros >10 % för de olika behandlingarna. M följt av en siffra anger hur stor mängd som applicerats och F följt av en siffra anger hur många tillfällen och i vilka stadium blomman/kotten var då kottarna besprutades med *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki/aizawai*.

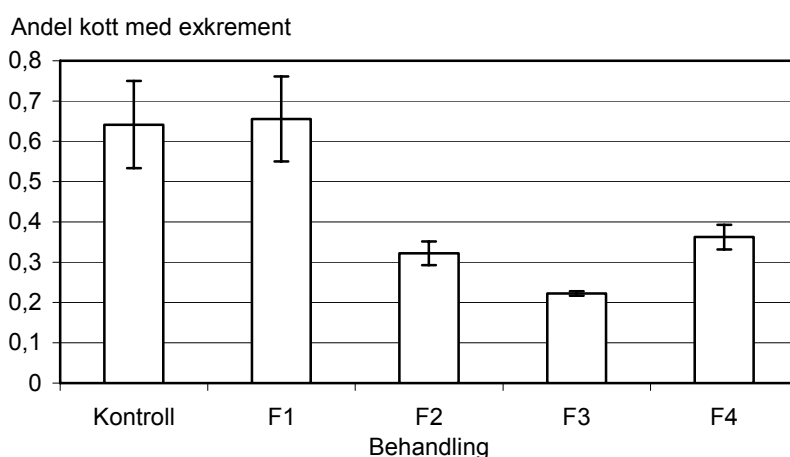


Figur 4. Medelvärde och medelfel av andelen kott med >10 % skador (nekros) med avseende på antalet sprutningar som utförts under maj-juni 2002. n = 2 för kontroll, n = 3 för övriga behandlingar.

Även exkrement på kottens utsida, vilket tydligare indikerar på mott- och mätarskador, har mer än halverats efter besprutning (figur 5). I kontrollen har ca 65 % av kottarna exkrementhögar på utsidan medan F3 klarat sig med ca 22 % ($p = 0,006$). Även F2 hade signifikant mindre antal kottar med exkrement jämfört med kontrollen ($p = 0,029$) medan F4 ej klarade sig fullt så bra ($p = 0,054$).

En anledning till att den tidigaste applikationen (F1) inte hade någon effekt ens på mott och mätare kan vara att Bt-preparatet inte längre är aktivt då väl larverna

påbörjat sitt födosök. Aktiviteten av Bt har i studier visat sig kunna reduceras med upp till 80 % under de första 14 dagarna efter applikation (McLeod m.fl., 1983). Dessutom verkade det som om de nykläckta mott- och mätarlarverna huvudsakligen åt av kottefjällens innandöme och därför kan vara lika svåra att bekämpa under första stadiet som vecklarlarver befunnits sig vara. Äldre mott- och mätarlarver äter dock på en stor del av kottefjällen och om Bt-preparatet kommit in i kotten och fortfarande är aktivt, vilket verkar vara fallet i denna studie, kan rejäla reduktioner av skador fås. Mindre droppstorlek än vad som användes i försöket under 2002 bör undersökas. Även om avdriften riskerar att öka (Ellis-Butler m.fl., 2002) kan även antalet droppar och därmed sannolikheten att en larv skall få i sig Bt också öka. Ett problem är att dödligheten hos larver kan minska med minskad droppstorlek (Maczuga & Mierzejewski, 1995; Ebert m.fl., 1999). Ju äldre (större) larven blir desto större eller fler droppar krävs för att behålla en hög dödlighet (Maczuga & Mierzejewski, 1995) även om Van Frankenhuyzen m.fl. (1997) fann att den dödliga dosen i förhållande till larvens vikt var lägre hos äldre larver.

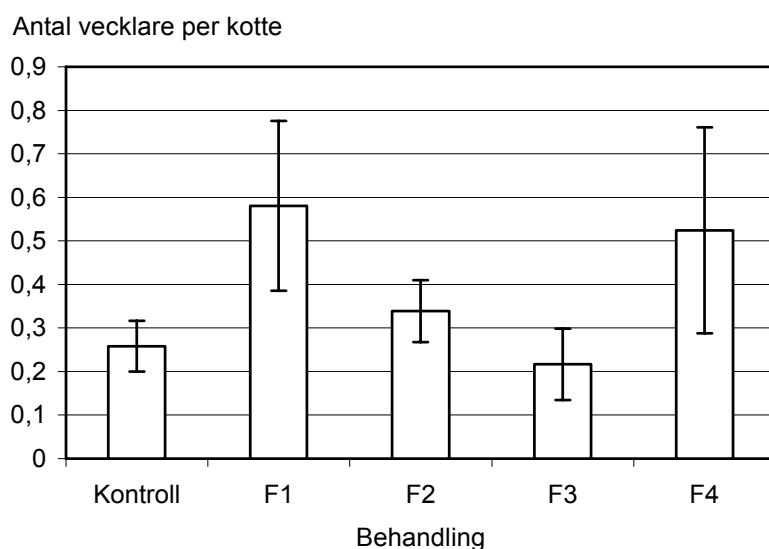


Figur 5. Medelvärde och medelfel av andelen kott med exkrement beroende på antalet sprutningar som utförts under maj-juni 2002. n=2 för kontroll, n=3 för övriga behandlingar.

Besprutningen har inte haft någon signifikant effekt på antalet vecklarlarver per kotte (figur 6), vilket även var fallet i en studie av Weslien (1999). Det faktum att dessa larver lever så skyddade i kottaxeln och i frön har troligen inneburit att Bt-lösningen inte nått ända in till larverna. Om droppstorleken av bekämpningsmedlet minskas borde antalet droppar i kottarna öka och även möjligheten för dropparna att tränga längre in mellan blommornas blad och då kanske en möjlighet finns att antalet vecklarlarver kan reduceras. Det kan också vara så att Bt var. *kurstakilaizawai* inte är tillräckligt toxiskt för grankottvecklarens larver. Enligt Rang m.fl. (2000) har Bt subsp. *thompsoni* stam HnC visat sig ha hög toxicitet mot äpplevecklaren (*Cydia pomonella* (L.)) och kanske kan den då även vara effektiv mot grankottvecklaren. Troligast är dock att något preparat som kan transporteras i trädets vävnader, s.k. systemiska preparat, måste tas till för att verkligen reducera skador av vecklare och kanske dessa också är effektivare mot små mott- och mätarlarver. I en studie av Grosman m.fl. (2002) reducerades skador av mott (*Dioryctria* spp.) i kottar med upp till 97 % efter en injektion med systemiska preparat, dock var skador av frätande vecklare för litet för att

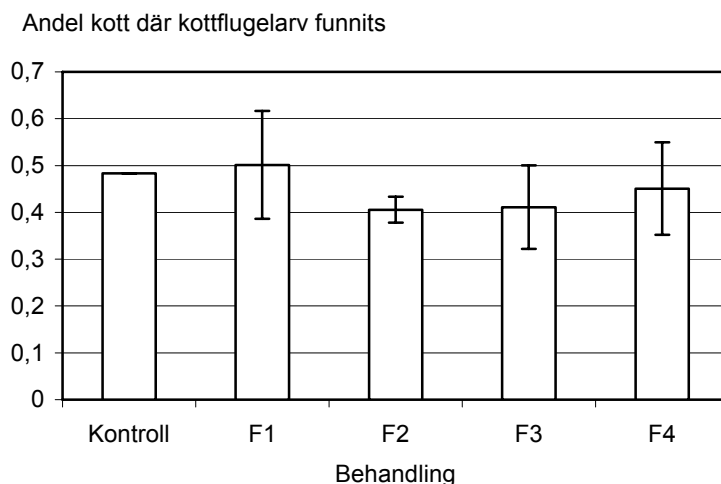
någon utvärdering skulle kunna göras. Ytterligare ett preparat, dock endast något systemiskt, har visat sig fungera väl mot flera arter inom bl.a. familjerna Pyralidae (mott) och Tortricidae (vecklare), samtidigt som det är skonsamt mot andra organismer (Carlson m.fl., 2001) och därför kan vara värt att prova i framtida undersökningar.

Något som inte tidigare nämnts men som är av stor betydelse vid insektsbekämpning med Bt är att insekter kan utveckla resistens (Mohan & Gujar, 2000; Ferré & Van Rie, 2002). Dock tyder en studie av Perez, m.fl. (1995) att larver som är resistenta mot en varietet av Bt kan bekämpas med någon annan varietet. Resistens kan kanske undvikas om Bt-varieteter skiftas mellan varje säsong.



Figur 6. Medelvärde och medelfel av antalet grankottvecklilarver per kotte med avseende på antalet sprutningar som utförts under maj-juni 2002. n = 2 för kontroll, n = 3 för övriga behandlingar.

Som väntat hade behandlingen med Bt var. *kurstaki/aiçawai* ingen effekt på antalet kottflugelarver per kotte (figur 7) då detta preparat är utvecklat för bekämpning av fjärilslarver. Ett Bt-preparat som möjligen skulle kunna fungera är Bt var. *israeliensis* som enligt Boisvert & Boisvert (2000) används vid bekämpning av ett antal andra insekter ur ordningen tvåvingar (Diptera), bl.a. olika myggor och knott.



Figur 7. Medelvärde och medelfel av andel kott där kottflugelarver funnits med avseende på antalet sprutningar som utförts under maj-juni 2002. $n = 2$ för kontroll, $n = 3$ för övriga behandlingar.

Slutsats

Studien visar att täckningen, d.v.s. antalet droppar bekämpningsmedel per cm^2 , blev i de flesta fall god vid storskalig besprutning med fläktspruta på ca 6 m höga granar. Den praktiskt utförda bekämpningen av grankottmott och grankottmätare reducerade andelen kott med exkrement från 65 % i kontrollen till ca 22 % efter tre behandlingar (F3), vilket är fullt jämförbart med tidigare studier där applicering utförts med handspruta. Det verkar dock som om besprutning vid tidig blomning är onödig och möjligen kan även den sista besprutningen, F4, slopas. I denna undersökning finns inget som tyder på att de tre olika mängder som sprutats haft någon betydelse. Det räcker följaktligen att bespruta med den minsta mängden som ingått i detta försök och möjligen kan även mindre mängder ge samma resultat.

Tackord

Personer som förtjänar ett stort tack och utan vars hjälp denna studie blivit betydligt svårare att genomföra är: Sven Axel Svensson, SLU, vars kunskap och kontakter inom besprutningsteknik var till stor hjälp vid val av utrustning för den storskaliga bekämpningen. Leif Gustafsson, lantbrukare i Bro, som alltid var redo för att med sin traktor dra ut i fält och spruta Bt på de lyckligt utvalda granarna i Ålbrunna. Jan Nygren vid Piparböle plantskola som ställde upp med personal och utrustning för att utföra besprutningen i granfröplantagen i Björkebo. Göran Andersson, Skogforsk (Sävar), för att oavsett vardag eller helg styra upp den storskaliga bekämpningen i Björkebo.

Ett stort tack även till Olof Widenfalk, Skogforsk, för värdefulla kommentarer på texten till denna rapport. Sist, men inte minst, ett stort tack till Carolyn Glynn, Skogforsk, som varit delaktig och gett goda råd i flera faser av projektet.

Referenser

- Annala, E. 1979. The life cycles of the cone-infesting *Dioryctria* species (Lepidoptera, Pyralidae) in Finland. *Notulae Entomologicae* 59, 69–74.
- Bakke, A. 1963. Studies on the spruce-cone insects *Laspeyresia strobilella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Diptera: Itonidae) and their parasites (Hymenoptera) in Norway – biology, distribution and diapause. Reprinted from Reports of The Norwegian Forest Research Institute 67, pp. 1–151.
- Boisvert, M. & Boisvert, J. 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology* 10, 517–561.
- Brockerhoff, E.G. & Kenis, M. 1996. Parasitoids associated with *Cydia strobilella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) in Europe, and considerations for their use for biological control in North America. *Biological Control* 6, 202–214.
- Brockerhoff, E.G. & Kenis, M. 1997. Oviposition, life cycle, and parasitoids of the spruce cone maggot, *Strobilomyia anthracina* (Diptera: Anthomyiidae), in the Alps. *Bulletin of Entomological Research* 87, 555–562.
- Carlson, R.G., Dhadialla, T.S., Hunter, R., Jansson, R.K., Jany, C.S., Lidert, Z. & Slawicki, R.A. 2001. The chemical and biological properties of methoxyfenozide, a new insecticidal ecdysteroid agonist. *Pest Management Science* 57, 115–119.
- Ebert, T.A., Taylor, R.A.J., Downer, R.A. & Hall, F.R. 1999. Deposit structure and efficacy of pesticide application. 1: Interactions between deposit size, toxicant concentration and deposit number. *Pesticide Science* 55, 783–792.
- Eidmann, H.H. & Klingström, A. 1990, andra upplagan. Skadegörare i skogen. LTs förlag, Stockholm, pp. 355.
- Ellis-Butler, M.C., Swan, T., Miller, P.C.H., Waddelow, S., Bradley, A. & Tuck, C.R. 2002. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. *Biosystems Engineering* 82, 289–296.
- Ferré, J. & Van Rie, J. 2002. Biochemistry and genetics of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Reviews of Entomology* 47, 501–533.
- Glynn, C. & Weslien, J. 2001. Effekter av behandling av granblommor med *Bacillus thuringiensis* på frökvalitet och insektsangrepp. (Skogforsk, Arbetsrapport nr 485) 14s.
- Grosman, D.M., Upton, W.W. & McCook, F.A. 2002. Systemic insecticide injections for control of cone and seed insects in Loblolly pine seed orchards-2 year results. *Southern Journal of Applied Forestry* 26, 146–152.
- Hedlin, A.F. 1973. Spruce cone insects in British Columbia and their control. *Canadian Entomologist* 105, 113–122.
- Holownicki, R., Doruchowski, G., Swiechowski, W. & Jaeken, P. 2002. Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agricultural Engineering*, Volume 5, Issue 1. Available Online
<http://www.ejpau.media.pl/series/volume5/issue1/engineering/art-03.html>
- Maczuga, S.A. & Mizejewski, K.J. 1995. Droplet size and density effects of *Bacillus thuringiensis kurstaki* on gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) larvae. *Journal of Economic Entomology* 88, 1376–1379.

- McLeod, P.J., Yearian, W.C. & Young, S.Y. 1983. Persistence of *Bacillus thuringiensis* on second-year Loblolly pine cones. *Environmental Entomology* 12, 1190–1192.
- Mohan, M. & Gujar, G. 2000. Susceptibility pattern and development of resistance in the diamond back moth, *Plutella xylostella* L, to *Bacillus thuringiensis* Berl var *kurstaki* in India. *Pest Management Science* 56, 189–194.
- Ozkan, E.H. 2000. Reducing spray drift. *Bulletin* 816–00. <http://ohioline.osu.edu/b816>.
- Perez, C.J., Shelton, A.M. & Derksen, R.C. 1995. Effect of application technology and *Bacillus thuringiensis* subspecies on management of *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*-resistant diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economical Entomology* 88, 1113–1119.
- Rang, C., Lacey, L.A. & Frutos, R. 2000. The crystal proteins from *Bacillus thuringiensis* subsp. *thompsoni* display a synergistic activity against the codling moth, *Cydia pomonella*. *Current Microbiology* 40, 200–204.
- Reardon, R., Dubois, N. & McLane, W. 1994. *Bacillus thuringiensis* for managing gypsy moth: a review. USDA Forest Service National Center of Forest Health Management, Technology transfer FHM-NC-01–94. 32 pp.
- Roques, A. 1983. Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. INRA, Paris, 134s.
- SAS. (1997). SAS/STAT® Software: Changes and enhancements through release 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1162 pp.
- Spessivtseff, P. 1924. Grankottmätarna (*Eupithecia abietaria* och *strobilata*) och deras skadegörelse. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 21(7), 295–310.
- Trägårdh, I. 1939. Sveriges skogsinsekter. Hugo Gebers Förlag, Stockholm. 508s.
- Van Frankenhuyzen, K., Gringorten, L., Dedes, J. & Gauthier, D. 1997. Susceptibility of different instars of the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* estimated with a droplet-feeding method. *Journal of Economic Entomology* 90, 560–565.
- Weslien, J. 1999. Biological control of the spruce coneworm *Dioryctria abietella*: Spraying with *Bacillus thuringiensis* reduced damage in spruce seed orchard. *Scand. J. For. Res.* 14:127–130.
- Wiersma, N. 1972. Skadeinsekter på kottar och frö i granplantager. Inst. för skogsförbättring, Information 1972/73 Skogsträdsförädling 1.