



Slutrapport

Appliceringsteknik med fokus på biologiska växtskyddsmedel

Projektnummer: H1356063

Projekttidsperiod: 2013-12-17 till 2018-03-30

Huvudsökande:

Klara Löfkvist

RISE

Scheelevägen 27

223 70 Lund

Medsökande:

Eskil Nilsson, Visavi God Lantmannased AB

Del 1: Sammanfattning, eng

A proper application technology is crucial for efficient biological control. All microbiological plant protection products are contact acting and thus must be applied on the places where the pests are situated. They are in several cases placed along the main stem, corresponding to vertical surfaces or on the underside of the leaves, corresponding to horizontal undersides. The application technology that dominates today is boom sprayers with flat fan nozzles. With this application technique, predominantly upper horizontal areas are reached, such as upper leaf areas. An improvement in the coverage on vertical surfaces can be achieved if double fan nozzles is used. However, significant improvements in the deposition on vertical surfaces can only be reached with dropleg or band spraying technique. If the nozzles are directed towards the areas in focus for the application these two techniques can also provide good deposition on horizontal undersides.

Projekt har fått finansiering genom:



Applicering med fokus på biologiska växtskyddsmedel

Klara Löfkvist, Eskil Nilsson

Inledning

Biologiska växtskyddsmedel och växtskyddsmedel med låg risk väntas få en allt större användning inom framtidens växtskydd. En ökad användning är beroende av att preparaten är effektiva mot skadegörarna, och att preparaten har låga risker både ur ett användarperspektiv och ett miljöperspektiv. Biologiska växtskyddsmedel och många lågriskpreparat är kontaktverkande vilket innebär att de, för att ge full effekt, måste de träffa skadegörarna eller de ytor där skadegörarna befinner sig. När produkten ska användas i praktiken måste den appliceras på rätt sätt för att uppnå den effektivitet som kan förväntas. Appliceringstekniken är då helt avgörande för om den önskade växtskyddseffekten uppnås eller ej. Den appliceringsteknik som idag används vid besprutning är från början utvecklad för kemiska växtskyddsmedel. Dessa har varit både kontaktverkande och systemiskt verkande och i många fall inte ställt samma krav på att appliceras på specifika ytor på växten exempelvis undersidor av blad. Den appliceringsteknik som idag används uppnår inte kravet att täcka alla eller specifika ytor på plantan och är med andra ord klart otillräcklig för biologiska preparat (Löfkvist och Nilsson 2014). Idag blir allt fler växtskyddsmedel kontaktverkande oavsett om de är kemiska eller biologiska vilket gör att appliceringstekniken får en alltmer betydande roll i framtidens växtskydd.

Syfte och målsättning

Syftet med projektet var att finna den appliceringsteknik som är mest optimal för att träffa de ytor där skadegörarna befinner sig på med hjälp av på marknaden tillgänglig teknik samt optimera effekten, säkerhetsställa doseringen och minska förlusterna vid växtskyddsanvändning.

Målsättning var,

- att utvärdera den nu använda tekniken för applicering av biologiska växtskyddsmedel i Sverige.
- att påvisa och skapa ett intresse för problemställningarna kring applicering av biologiska växtskyddsmedel och visa på förbättringsmöjligheter.
- att påbörja arbetet med att finna en så optimal applicering som möjligt för biologiska växtskyddsmedel för att kunna öka deras effektivitet och därmed få en ökad användning.
- att utarbeta enkla, direkt tillämpbara rekommendationer för applicering av olika biologiska växtskyddsmedel i olika kulturer.

Bakgrund

Med appliceringsteknik menas i detta sammanhang den metod och inställningar som används för att sprida växtskyddsmedlet till avsedda ytor. Appliceringstekniken omfattas av flera delar som alla har betydelse för avsättningen dvs vilken täckning per ytenhet och fördelning av sprutvätskan på plantor som sker. Appliceringstekniken består

av den tekniska **spridningsutrustningen** som i detta sammanhang är av huvudtyperna bomspruta med (spridare monterad på horisontell bom för huvudsaklig sprutning nedåt), bandspruta (för enkel- eller dubbelrad) och dropleg där spridningen sker nere i beståndet, samt **spridarna** som i detta sammanhang har varit av huvudtyperna spaltspridare, dubbelspaltspridare, injektorspridare och tvåhåls injektorspridare, spegelspridare samt off-center spridare. Appliceringstekniken består vidare av vätskemängder, vätsketryck, framföringshastigheter, spridarnas avstånd sinsemellan på bommen, spridarnas höjd över grödan och spridarnas sprutvinkel i förhållande till olika ytor. Detta påverkar droppstorleken i sprutduschen, inträngningen och täckningen på bladverket samt hur mycket som passerar bladverket och därmed träffar ytor som inte avsiktligt är målbilden eller driva iväg (Andersson et al 2016). För att minska oavsiktlig spridning i miljön kan avdriftsreducerande utrustning och teknik användas (Säkert Växtskydd 2017). Avdriftsreduktion kan uppnås genom kombination av spridningsutrustning, spridare samt inställningar av tryck och framföringshastighet. Spridning av växtskyddsmedel utanför det avsedda målet är alltid, oavsett om det gäller biologiska eller kemiska växtskyddsmedel, viktigt att begränsa så långt det är möjligt.

Det finns ännu begränsad kunskap om hur biologiska växtskyddsmedel optimalt ska appliceras med dagens använda appliceringsteknik, både i Sverige och utomlands. På etiketter och i produktinformationer är informationen om hur de biologiska växtskyddsmedlen ska appliceras knapphändig och uttrycks i vida ordalag. Det finns ett stort utbud av spridningsutrustningar och spridare på marknaden som ger stora möjligheter att förändra droppstorlek, inträngning och täckning och ge den avsättning av växtskyddsmedlet som är önskvärd för att uppnå god bekämpningseffekt av skadegöraren (Foqué et al. 2012, Foqué och Nuytens 2011). Dessa sprututrustningar skulle kunna användas för ökad avsättning vid spridning av biologiska växtskyddsmedel.

De kontaktverkande biologiska växtskyddsmedlen måste träffa skadegörarna eller de ytor där skadegörarna befinner sig, för att fungera. Vid spridning av mikroorganismer är spridningsjämnheten helt avgörande för hur effektiv behandlingen blir eftersom de inte rör sig utan agerar på den plats där de appliceras. Det första steget är därför alltid att identifiera var skadegörarna som ska behandlas befinner sig och vilka ytor som därmed ska träffas. Många insekter, kvalster mm finns på undersidan av bladen, andra kan sitta längs med stammar/stjälkar eller nere i bladveck. Dessutom måste spruttekniken anpassas efter den gröda som ska behandlas, vilket stadium grödan är i (plantornas storlek och bladmassa) och vilket odlingsystem det är. Biologiska växtskyddsmedel består av levande organismer som i de allra flesta fall måste hållas vitala för att fungera som växtskyddsmedel. Allt detta måste man ta hänsyn till vid val av appliceringsteknik.

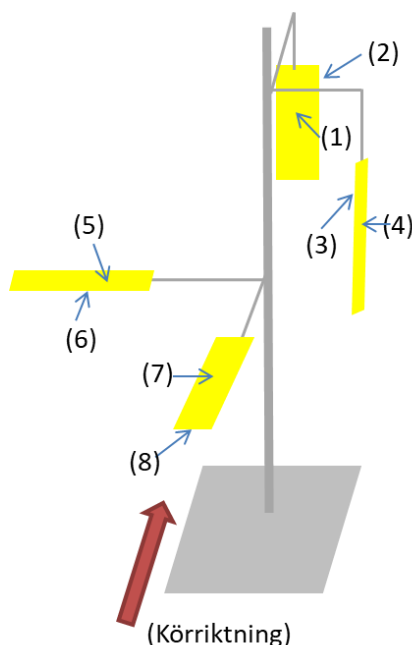
Materiell och metoder

En kombination av kvalitativa och kvantitativa studier i fält och laboratorium har använts. Detta för att kunna få en så stark koppling som möjligt mellan vetenskapliga undersökningar och praktisk tillämpning. Utgångspunkten har varit odlarnas inställningar och spridningsutrustningar och hur dessa skulle kunna anpassas, justeras och optimeras för en så optimal avsättning på grödan/kulturen som möjligt. Dessutom

har på marknaden tillgänglig teknik undersökts för att ytterligare kunna optimera avsättningen i plantorna.

Utvärdering av täckning och avsättning på olika ytor

För att kunna upprepa försöken över tid, i olika grödor, i fält och laboratorium togs en standardiserad hållare för kollektorer och vattenkänsliga papper fram, baserad på beskrivning i standarden ISO 24253-2:2015 (ISO 2015) (fig 1). Hållarna var avsedda för att på ett repeterbart sätt illustrera avsättningen motsvarande växters blad med olika orienteringar i förhållande till sprutduschens riktning och sprutans körriktning. Hållarna representerade plantstrukturer för både grönsaker och bär och grödor där biologiska och fysikaliska växtskyddsmedel används. Varje hållare hade plats för åtta vattenkänsliga papper eller kollektorer som representerande horisontella ovan- och undersidor med kollektorerna placerade med långsida i sprutans körriktning och 90° mot körriktningen, vertikala ytor placerade som framsida, mot sprutans körriktning och baksida samt vänster och höger sida. Fästarmarna var placerade 10 respektive 20 cm över mark.



Figur 1: Standardiserad hållare med krokodilklämmor som fäster två vattenkänsliga papper eller filterkollektorer i varje fäste (krokodilklämma). Åtta ytor är representerade; 1. vertikal framsida, 2. vertikal baksida, 3. vertikal insida, 4. vertikal utsida, 5. horisontell ovalsida 90° mot körriktningen, 6. horisontell undersida 90° mot körriktningen, 7. horisontell ovalsida, 8. horisontell undersida.

Fältstudier

Kvalitativa studier genomfördes genom att vattenkänsliga papper (Syngenta Crop Protection AG, Basel, Schweiz) 76 x 26 mm fästa i de standardiserade hållarna placerades i ett bestånd av plantor. De vattenkänsliga papperna besiktigas okulärt för att se fördelningen på olika ytor i ett plantbestånd där bladytor skuggar varandra och interfererar sprutduschen.

De sprutor som ingick i fältstudierna var Hardi Commander med 24 m bom, Hardi Alpha Twin Force med 24 m bom, bandspruta, Moteska, för fem dubbelrader i jordgubbar. Övriga sprutningar gjordes med en buren Holder IS 100 med 12 m bom och 0,5 m spridaravstånd. Sprutan var funktionstestad, spridarflödet och tryckfördelningen över bommen var jämnt, inom 5% avvikelse mot medelvärde. Sprutan var utrustad med en sprutdator LH 5000 som kunde visa aktuell körhastighet samt spridarflödet som liter/minut. Detta användes som kontroll av flödet. Hastighetsmätarens precision kontrollerades genom att den faktiska körhastigheten uppmättes genom tidtagning vid körning av en uppmätt sträcka och därefter beräkning av körhastigheten i km/h. Sprutdatorns hastighetsmätare användes vid testerna. För varje inställning kalibrerades sprutan genom att ställa in trycket, mäta upp spridarflödet med graderat mått (l/min) och beräkna åtgången vätskemängd i l/ha. Ett justerbart bandappliceringsset, TeeJet 23770, användes för att testa ett mindre avstånd mellan spridarna, 25 cm, i bommen samt för att kunna testa bandsprutetekniken med olika vinklingar på spridarna i förhållande till grödan. Ytterligare testades olika dropleg med olika inställningar, för sprutning horisontellt in i gröda från ca 10 cm höjd över mark. I fältstudierna utvärderades den idag använda tekniken okulärt genom att studera avsättningen på vattenkänsligt papper. De fältstudier som har genomförts inom projektet specificeras RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning.

Laboratoriestudier

Laboratoriestudierna gjordes med sprutbana i laboratorium på Julius Kühn Institut, JKI, Braunschweig, Tyskland och på Aarhus universitet, Flakkebjerg, Danmark. Sprutbanorna bestod av en sprutbom upphängd i en takmonterad räls. Bommen var 2 m bred med plats för 5 spridare. Kollektorerna placerades på ett bord som bommen passerade över. För specificering av sprutbanorna RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning.

I Flakkebjerg genomfördes endast kvalitativa studier av avsättningen på vattenkänsliga papper i de standardiserade hållarna. Vid olika placering i sidled av hållarna i förhållande till spridarna i sprutbommen upptäcktes skillnader i avsättning mellan olika ytor vilket ledde till att två hållare bredvid varandra med 25 cm avstånd användes vid de fortsatta studierna av avsättningen. De kvalitativa studier som genomfördes i Flakkebjerg specificeras i RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning. I Braunschweig gjordes både kvantitativa och kvalitativa undersökningar parallellt för alla försöksled. För varje led placerades två hållare, mitt under mittersta spridaren och 25 cm till höger om denna position dvs mitt emellan två spridare. Två av hållarna var försedda med vattenkänsliga papper för kvalitativa bedömningar (se fig 1) och två med filterpapper (kollektorer) för kvantitativa undersökningar.

Kvantitativa studier av avsättningen av sprutvätska gjordes genom att i sprutvätskan tillföra det vattenlösliga, fluorescerande spårämnet pyranin. (Pyranin 120%, Lanxess, Leverkusen, Tyskland). Avsättningen på olika ytor uppmättes kvantitativt genom att använda filterpapper 30x40 mm d.v.s kollektorer placerade i den standardiserade hållaren, (MN 615/95, Macherey-Nagel, Düren, Tyskland, 95% cellulosa). Två filterpapper placerades i varje krokodilklämma åtskilda av en plastfolie 30x40 mm för att kunna särskilja avsättningen och förhindra korskontaminering på de motstående ytorna.

Pyranin, blandades med en koncentration på 0,02%, 20 g i 100 l vatten. För varje försöksled beskrivna i RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning, gjordes tre körningar. Då utrustningen måste byggas om grupperades försöksleden för utrustningstyp det vill säga (i) bredsprutning med normalt spridaravstånd (50 cm), (ii) bredsprutning med 25 cm spridaravstånd, (iii) bandsprutning för enkelrad (iv) bandsprutning för dubbelrad, (v) dropleg för enkelrad och (vi) dropleg för dubbelrader.

Före varje sprutning placerades hållare för vattenkänsligt papper och kollektorer på bordet. För varje hållare erhöles 8 prover som analyserades separat med en fluorimeter (Kontron SFM 25 med våglängd inställd för "excitation" till 405 nm och för "emission" till 505 nm). Då ursprunglig koncentration var känd, 0,02 %, liksom kollektorn yta, 12 cm², beräknades hur stor mängd, µl/cm², som avsatts på kollektorerna.

I laboratoriestudierna utvärderades den idag använda tekniken dels genom att studera avsättningen på vattenkänsligt papper samt genom kvantitativt genom avsättning av pyranin på filterpapper. Utifrån resultaten från de kvalitativa fältstudierna testades exempel på alternativa spridningsutrustningar, spridare och vätskemängder, alla på marknaden tillgänglig teknik. Som utgångspunkt för dessa undersökningar valdes principen för bomsprutor. Anledningen var möjligheten till en kontrollerad spridning över ytan med varierande tryck, körhastighet och vätskemängd. Som referens valdes 300 l/ha med spridare F 110-04 vid 3 bar och 6 km/h som använts av Nuyttens et al, den motsvarar även den praxis som är vanlig bland de svenska odlarna och vätskemängden används även i fältförsök. Efter erfarenheter med stopp i silar och filter, (Löfkvist och Nilsson 2014), valdes spaltspridare spridarstorlekar mindre än 04, injektorspridare mindre än storlek 02 och lägre vätskemängder än 300 l/ha bort på grund av risk för stopp i spridarna. Bandsprutning och dropleg med olika placering av spridaren i förhållande till grödan testades för enkelrad och dubbelrad. Två typer av dropleg testades Lechler Dropleg^{UL} och AgroTop Dropleg® Beluga. Dessa medger användning av olika typer av spridare och på olika höjder över marken. På Dropleg® Beluga monterades extra spridarhållare 25 respektive 50 cm över den undre hållaren som fanns på 10 cm höjd. Avsikten var att undersöka om en extra spridare som applicerade ovanifrån kunde ge ökad täckning och om denna skulle vara placerad i grödans höjd eller kunde vara generellt placerad 50 cm över den undre spridaren. Bandsprutan för dubbelrad applicerar inte varje rad från båda sidor som bandspruta för enkelrad eller dropleg. Dropleg® Beluga användes därför på båda sidor om båda raderna i dubbelrader för att studera skillnad mot bandspruta för dubbelrad som applicerar endast från yttersida och ovansida. I urvalskriterierna ingick även att använda spridare som har avdriftsreducerande klassning (Säkert Växtskydd 2017). Flertalet inställningar och tekniker med möjligheter till förbättrad applicering utvärderades. Bland annat justerades tryck och vätskemängder. De kvantitativa studier som genomfördes i Braunschweig specificeras RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning.

Statistiska beräkningar

De kvantitativa studierna i Braunschweig utvärderades statistiskt. För att få en normalfördelning av materialet logaritmerades samtliga värden och en residualplot med

ett p-värde på 0,308 uppnåddes. Några extremvärden plockade bort för att ytterligare förbättra normalfördelningen. För att kunna analysera hur avsättningen på olika ytor förändrades med vald teknik i förhållande till referensen 300 l/ha med ISO F 110-04 vid 3 bars tryck normaliserades samtliga uppmätta halter till 300 l/hadvs värdena från de inställningar som gav 600 l/ha halverades och värdena från inställningar som gav 900 l/ha delades i tre. På detta sätt kunde tekniken undersökas utifrån om man får en ökad avsättningseffekt eller ej av ökad vätskemängd dvs mer än 2 ggr för 600 l/ha. På motsvarande sätt kunde effekter till följd av avrinning upptäckas. Medelvärde, standardavvikelsen och variationskoefficienten beräknades för att få ett mått på hur stora variationerna var mellan de olika körningarna och de olika teknikerna. Samtliga behandlingar jämfördes och analyserades med envägs ANOVA för den totala summan på kollektorerna och mängden på varje kollektor för att undersöka vilka tekniker som skiljde sig signifikant åt.

Resultat och diskussion

Särskilda krav för biologiska växtskyddsmedel

Enligt de ansvariga för Kopperts utvecklingsavdelning är det viktigt med god appliceringsteknik och bibehållen vitalitet (Gille et al. 2014). Olika mikroorganismer har sina egna krav vilket Koppert tar hänsyn till när preparatet formuleras. Generellt gäller att mikroorganismerna inte tål för höga temperaturer, att de inte är aktiva i för låga temperaturer och att de är känsliga för uttorkning. Koppert kunde dock inte lämna uppgifter på vilka tryck i sprutans system som är acceptabla, men de menade att det är tryckförändringar som är svårare att hantera för mikroorganismerna. Kopperts egen utveckling fokuseras helt på formuleringen av produkterna för att på så sätt underlätta för appliceringen. De uppgav att effekten mot skadegöraren ligger till 50% i produkten och till 50% i appliceringen. Den utveckling som de själva har gjort inom appliceringsteknik handlar helt om spridning av makroorganismer, nematoder, insekter och spindeldjur. För spridning av mikroorganismer finns dock ingen utveckling inom appliceringsteknik.

Praktiska erfarenheter från fältförsök

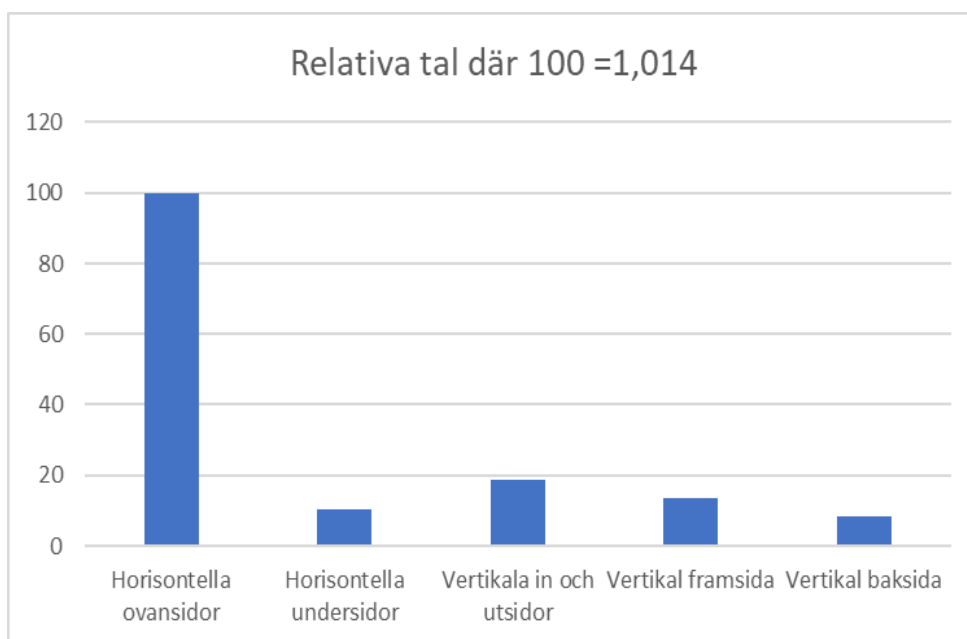
Sprutning ovanifrån med bomspruta dominerar hos svenska odlare av frilandsgrönsaker. Beroende på gröda och storlek på plantorna varierade den använda vätskemängden mellan 300-400 l/ha. I odlingar med större kålplantor användes vätskemängder uppemot 800 l/ha. Det stora flertalet odlare använde spaltspridare men även olika typer av injektorspridare förekom, inklusive tvåhåls injektorspridare. I jordgubbsodling dominerade bandsprutning med olika typer av enkel- eller dubbelradsbandsprutor. Med utgångspunkt i de kvalitativa studierna i fält framstod det att samtliga inställningar av spaltspridare och injektorspridare vid användning av bomspruta, främst gav täckning på horisontella ovansidor (figur1). Täckningen på övriga ytor var liten eller knappt synligt på de vattenkänsliga papperna. Det framstod också tydligt en mycket stor spridning i träffarna som hamnade på de olika ytorna. Vid sprutning med bandspruta och den vinkling som odlarna idag har uppnåddes bättre täckning på vertikala ytor men inte på horisontella undersidor. Även då tekniker såsom, Släpduk och HardiTwin användes uppnåddes inte någon täckning på de horisontella undersidorna. Luftassisterad sprutning med Hardi Twin gav bäst resultat när luftmängden begränsades till inställningen ”100”

eller ”Medium”. Det var dock ingen god täckning på undersidan av bladen utan endast sporadiska träffar på vissa undersidor. Dessa båda tekniker ingick inte i de kvantitativa studierna i laboratorium. De synliga intrycken av avsättningen på de vattenkänsliga papperna var inte alltid överensstämmande med avsättningen på filterpapprena. Generellt var den synbara avsättningen mindre än den som uppmättes kvantitativt på filterpapprena. Förklaringarna till detta kan vara att ögat inte uppfattar faktiska mängden, ytan på de vattenkänsliga papperna och kollektorerna av filterpapper skiljer sig åt och att kontaminering kan ha skett mellan kollektorerna till följd av att plastfilmen som skiljde dem åt inte var tillräcklig.

Kvantitativa studier i laboratorium

Utvärdering av nuvarande spridningsteknik

Den appliceringsteknik som vanligen förekommer och i detta sammanhang valdes som referens, spaltspridare Hardi F 110-04, i bomspruta med bomhöjd 50 cm, spridaravstånd 50 cm c/c, tryck 3 bar, hastighet 6 km/h, 300 l/ha gav en avsättning på 1,014 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ i medeltal på de horisontella ovansidorna. I figur 2 kan den relativa fördelningen mellan de olika ytorna i förhållande till de horisontella ovansidorna ses.



Figur 2: Relativa fördelningen av avsättningen mellan de olika kollektorytorna. Sprutning med F ISO110-04 (röd) 300 l/h, tryck 3 bar. Medelvärde för avsättningen på de horisontella ovansidorna som är 1,014 $\mu\text{g}/\text{l}$ är satt till 100.

Inställningarnas betydelse för avsättningen

En ökad vätskemängd från 300 l/ha till 600 l/ha gav en fördubblad avsättning på alla ytor, en ökning till 900 l/ha gav en tre gånger så hög avsättning och en ökning till 1200 l/ha gav fyra gånger så hög avsättning på de ytor som träffades. Den relativa fördelningen av avsättningen på olika ytor förbättrades dock inte. Ökat tryck för att öka vätskemängd påverkade inte fördelningen på olika ytor. Ökat tryck och minskad droppstorlek gav inte heller förbättrad fördelning vid samma vätskemängd. Det finns

dock ett behov av ökad vätskemängd i praktiken om stora plantor med mycket bladmassa ska kunna täckas.

Skillnader vid olika placering av kollektor

Det fanns en tydlig skillnad mellan avsättningen på olika ytor i relation till var kollektorhållaren var placerade under sprutbommen i förhållande till spridarna det vill säga om de stod rakt under spridaren eller mellan två spridare. Vid jämförelser av fördelningen mellan olika ytor kopplat till ett spridaravstånd 50 cm (standard) respektive 25 cm (halverat) fanns inga signifikanta skillnader. Skillnader i avsättning mellan de olika ytorna fanns mellan sprutningarna men inga signifikanta skillnader kopplat till hållarens faktiska placering kunde påvisas. Variationerna var lika stora mellan de olika körningarna som mellan de olika placeringarna av kollektorer.

Riktad sprutning för anpassad träffbild

Fördelningen av den totala mängden mellan de olika ytorna kunde förbättras och styras när spridningsutrustningen och vinklarna på spridarna anpassades till grödan och den plats som var målbilden för avsättningen. Vid sprutning med tvåhåls injektorspridare förändrades fördelningen av sprutvätska mellan de olika ytorna. En förbättrad täckning av de vertikala ytorna kunde ses på de vattenkänsliga papperna och uppmättes på kollektorerna. Fortfarande uppnåddes dock ingen visuellt synlig täckning på undersidan av de horisontella ytorna.

Vertikala ytor

Alternativa spridningsutrustningar för förbättrad avsättning testades därefter. Samtliga alternativ var på marknaden förekommande teknik. Ingen teknikutveckling skedde inom projektet. Ökad avsättning på de vertikala ytorna uppnåddes till olika stor utsträckning beroende på vald spridare och spridningsutrustning. Avsättningen på de vertikala ytorna ökade som mest med tvåhåls injektorspridare jämfört med vanliga spaltspridare vid bomsprutning. Ytterligare ökad avsättning skedde vid applicering med en droplegutrustning med spridarna riktade i sidled mot plantorna ca 10 cm över mark. Genom sprutning med dropleg både från sidan och ovanifrån kunde avsättningen ytterligare ökas. Även bandsprutning förbättrade avsättningen på de vertikala ytorna avsevärt. För samtliga tekniker varierade avsättningen på de vertikala ytorna stort och variationskoefficienterna var höga.

Horisontella undersidor

De horisontella undersidorna kunde inte nås med spaltspridare, injektorspridare eller tvåhåls injektorspridare oavsett vätskemängder, tryck eller spridaravstånd. Träffar på dessa ytor uppnåddes först då bandspruta med lågt placerade spridare riktade horisontellt och snett uppåt eller någon typ av dropleg utrustning användes. Enkelrads bandspruta och dropleg liksom dropleg på båda sidor om rader i dubbelrader gav högst täckning. Dubbelrad bandspruta med spridare placerade vänster och höger om samt ovanför raderna, men inte emellan, raderna, gav lägre täckning. Då TeeJets bandspruteutrustning för enkelrad testades i praktisk odling var det dock svårt att få ner spridarna långt ner eftersom de då slog i marken. Justeringar behöver därför göras.

Hög total täckning på alla ytor

Vid ökad avsättning på fler ytor ökade även den totala mängden som träffade plantans alla ytor. En hög total täckning av alla ytor uppnåddes genom bandsprutning samt i första hand med dropleg med två horisontella spridare. Med dropleg ökas träffarna på ytorna med 50% vid samma vätskemängd/ha. Genom att rikta spridarna mot de ytor som var det önskade målet uppnåddes en jämnare fördelning av sprutvätskan och bättre täckning av alla ytor. Variationskoefficienten minskade och spridningen blev jämnare. Bäst total täckning uppnåddes med en bandspruta. Även dropleg med två horisontella spridare på två höjder gav god total täckning av alla ytor. De horisontella spridarna var placerade med en off-center spridare i nivå under de horisontella kollektorerna, ca 10 cm över mark, vinklad rakt mot plantan och en off center spridare högre placerad riktad horisontellt och snett nedåt. För de två höjder som undersöktes visade sig höjden 35 cm ovanför planhöjden ge bättre fördelning och täckning av ytorna jämfört med om de var placerade 60 cm ovanför planhöjden. Den förbättrade totala täckningen uppnåddes eftersom de träffade både vertikala ytor och horisontella undersidor bättre och den totala mängden blev därför större.

Avdriftsreducerande utrustning

Ingen skillnad i fördelning på olika ytor mellan vanliga spridare och injektorspridare kunde ses. Flera olika fabrikat, storlek, material och typer av injektorspridare undersöktes. I dropleg användes använda off-centerspridare (OC) som begränsar spridningsvinkeln. Dessa har godkännande som avdriftsreducerande utrustning monterad i sprutbom.

Slutsatser och rekommendationer

För att rätt appliceringsteknik ska kunna väljas behövs i första hand kunskap om vilka ytor som skadegöraren finns på och vilka ytor som man därmed vill träffa samt vilka möjligheter olika tekniker har. Genom rätt val av teknik kan avsättningen på olika ytor sedan styras och optimeras för olika skadegörare. Detta kan exempelvis vara undersidan av bladen men det kan också vara att optimera och fördela sprutvätskan så jämnt som möjligt på alla ytor eftersom skadegörarna förflyttar sig inom plantan. Då förbättrad teknik används och avsättningen på plantan avsevärt förbättras kan dosen behöva anpassas. Vilken dos som är rätt eller vilken täckning som krävs för att uppnå effektivitet är dock upp till tillverkarna av biologiska växtskyddsmedel att definiera.

Slutsatserna från projektet är följande:

- För att kunna välja rätt appliceringsteknik måste målbilden för växtskyddsbehandlingen vara känd dvs vilka ytor som är det avsedda målet till följd av skadegörarens biologi och preparatets verkningsätt.
- Vissa ytor kan inte nås om inte särskilda metoder används – utan särskilda metoder är kan sprutningen bli gjord i onödan
- Spridarnas placering och vinkling i förhållande till de ytor på plantorna som är målbilden för behandlingen är helt avgörande för ett gott resultat.
- En ökad avsättning på hela växten uppnås till viss del med tvåhållspridare och till större del med bandspruta och dropleg.

- På vertikala ytor uppnås en betydligt förbättrad täckning om tvåhålspridare används, ytterligare förbättringar kan nås med dropleg och bandspruta.
- På horisontella undersidor uppnås bättre träff med dropleg och bandspruta om rätt vinklade spridare används.
- Den faktiska mängd som avsätts på varje ytenhet minskar inte då avdriftreducerande utrustning såsom injektorspridare används.
- Vattenkänsligt papper kan ge god vägledning. Om man som odlare vill använda vattenkänsliga papper är det viktigt att de placeras på rätt sätt i kulturen och att man sätter upp många då variationen är mycket stor mellan olika platser.
- Det behövs tydliga anvisningar från preparattillverkare om hur preparaten ska appliceras.

Referenser

- Agrotop GmbH, Obertraubling, Tyskland. <https://www.agrotop.com/spray-technology/news>
- Andersson Lena (red), 2016 Säker bekämpning i lantbruk, trädgårdsodling och skogsbruk. Natur & Kultur. S 134-137, 146, 149 – 150, 171-183.
- Beck B., Brusselman E., Nuyttens D., Pollet S., Temmerman F., Spanoghe P., 2013. Improving foliar applications of entomopathogenic nematodes by selecting adjuvants and spray nozzles Biocontrol Science and Technology 23: 5. 507-520
- Brusselman E., Beck B., Pollet S., Temmerman F., Spanoghe P., Moens M., Nuyttens D., 2012. Effect of Spray Volume on Deposition, Viability and Infectivity of Entomopathogenic Nematodes in a Foliar Spray. Pest Management Science 68: 1413-1418
- Eriksson A.-M. och Nilsson U., 2004, Förbättrad appliceringsteknik för biologiska bekämpningsmedel. Slutrapport till Jordbruksverket, SLU
- Foqué D., Nuyttens D., Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants. (2011) Pest Management Science 67: 2. 199-208
- Foqué D., Pieters J. G., Nuyttens D., Comparing Spray Gun and Spray Boom Applications in Two Ivy Crops with Different Crop Densities (2012) Hortscience 47: 1. 51-57
- Foqué D., Pieters J. G., Nuyttens D., Spray deposition and distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical spray booms.(2012) Crop Protection 41: 77-87.
- Gille Hans, Hora Katja och Hout Floris, personlig ref. Koppert international, Bleijweijk, Netherlands,2014-08-26
- Hardi International A/S, Nørre Alslev, Danmark <http://www.hardi-international.com/global/>
- ISO, 2013, SS-EN-ISO 16119:2 Lantbruks- och skogsmaskiner – Miljökrav för sprutor – Del 2: Utrustning med horisontell bom
- ISO, 2015 ,ISO 24253-2:2015 Crop protection equipment — Spray deposition test for field crop —Part 2: Measurement in a crop; Annex C.
- Lechler GmbH, Metzingen, Tyskland. https://www.lechler.de/index-de_DE
- Löfkvist och Nilsson 2014, Applicering av biologiska bekämpningsmedel som sprutas ut i växthus. Projekt rapport till Jordbruksverket. (<https://www.sakertvaxtskydd.se/sv/Aktuellt/Appliceringsteknik-for-biologiska-bekampningsmedel-ar-viktig-for-att-fa-god-effekt/>)
- Nilsson U, Gripwall E. Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. Crop Protection. 1999;18:53–59.
- Spraying Systems Co, Wheaton, Illinois, USA. <http://www.teejet.com>
- Säkert Växtskydd, 2017, Lista över avdriftsreducerande utrustning-bomspruta. <https://www.sakertvaxtskydd.se/sv/Bibliotek/Lista-over-avdriftsreducerande-utrustning---bomspruta/>

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	Manusript: Deposition studies for the application of microbiological plant protection products in horticultural crops
Övriga publiceringar	Artikel i Viola nr 10, Oktober 2017 – ”Appliceringsteknik i fokus” (Under tema VÄXTSKYDD - biologiska växtskyddsmetoder.
	RISE Rapport 2017:17, ISBN 978-91-88695-64-2. Applicering av biologisk bekämpning - Appliceringsteknik för biologiska växtskyddsmedel som sprutas ut.
	Slutrapport till SLF, 10 s
Muntlig kommunikation	Flertalet odlarträffar tillsammans med rådgivare
	Träffar med trädgårdsrådgivare
Studentarbete	
Övrigt	

2018-10-15