



Förbättrad appliceringsteknik för biologiska bekämpningsmedel

Improved application technology for biological control agents

Anna-Mia Eriksson och Ulla Nilsson



Slutrapport till Jordbruksverket

SLU Alnarp
Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Horticultural Technology

Anna-Mia Eriksson är forskningsassistent vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

Ulla Nilsson är forskare vid Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.

Omslagsbilden visar en Wanjet HP 300. Källa: <http://www.wanjet.se/sprayers.htm>

SLU
P.O. Box 66
SE-230 53 ALNARP
SWEDEN
Phone: +46 40 415000 (operator)
www.lt.slu.se

Förord

Det finns en politisk strävan att ersätta kemiska bekämpningsmedel med biologiska alternativ. Alla på marknaden tillgängliga sprutor är dock fortfarande ursprungligen avsedda för applicering av kemikalier. Denna utrustning är mindre lämplig för biologiskt baserat preparat. Biologiska preparat består i de flesta fall av levande organismer vilka ställer krav på fuktighet, temperatur och skonsam applicering. Det finns flera vinster att uppnå genom att finna en, till nyttoorganismerna, väl anpassad appliceringsteknik. Bekämpningen blir effektivare och preparatet utnyttjas bättre vilket förhoppningsvis kan bidra till en ökad användning av biologiska preparat och en minskad användning av kemikalier.

Föreliggande rapport utgör en slutrapportering av projektet *Förbättrad appliceringsteknik för biologiska bekämpningsmedel*. Projektets syfte har varit att undersöka och sammanställa kunskap om hur man på bästa sätt ska applicera biologiska preparat. Vi har studerat dels olika sprutors inverkan på de biologiska preparatens vitalitet och dels preparatens biologiska effektivitet på skadegörare efter applicering. Arbetet har bedrivits som ett samarbetsprojekt mellan Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp och Institutionen för växtvetenskap, SLU Alnarp med Jordbruksverket som finansier. Vi vill tacka Staffan Brorson vid Svensk Maskinprovning, Magnus Nilsson på JBT och Björn Wannehag på Wanjet som alla hjälpt oss under projektets gång.

Denna rapport sammanfattar de studier vi gjort och de resultat vi nått. Projektet har även resulterat i två vetenskapliga artiklar. De kunskaper vi erhållit under projektet kan ligga till grund för rekommendationer till odlare när det gäller applicering av biologiska preparat och vidare utveckling av appliceringstekniken. Det är vår förhoppning att projektets resultat ska bidra till ökad kännedom om de appliceringstekniska faktorer som är viktiga för bekämpningsresultatet.

Alnarp i december 2004

Håkan Schroeder

Prefekt

Sammanfattning

Idag används konventionell sprututrustning utvecklad för applicering av kemikalier även vid applicering av biologiska preparat. Det finns en risk att organismerna utsätts för olika typer av mekanisk stress vid passage av pumpar, filter och munstycken i dessa sprutor. Andra viktiga faktorer för organismernas vitalitet och överlevnad är temperatur och tryck under passagen genom sprututrustningen.

Syftet med denna studie vilken finansierats av och utförts åt Jordbruksverket har varit att komma fram till hur sprututrustningen skall vara utformad för att applicera biologiska bekämpningsmedel på ett så effektivt sätt som möjligt. Vilka faktorer är kritiska och hur kan man förbättra och utveckla appliceringen på dessa punkter? Vi har studerat vilka krav biologiska preparat ställer på hantering och appliceringsteknik. Vårt antagande har varit att biologiska preparat ställer samma krav som kemiska preparat men är känsligare. Målet med appliceringen är givetvis ett gott bekämpningsresultat vilket man uppnår genom att hantera organismerna så de fortfarande är levande då de träffar målet. Spridningsbilden måste vara god och förhållandena efter appliceringen så gynnsamma att organismerna klarar att infektera skadedjuret. Effekter av olika omrörningsmetoder, temperaturer, munstycken och tryck har studerats. Som mått på teknikens lämplighet har vi använt sporernas grobarhet efter behandlingarna.

För att erhålla ett gott resultat av bekämpningen är det viktigt att sprutvätskan är homogen. Otillräcklig omrörning har visat sig vara ett stort problem då det gäller biologiska preparat. Formuleringarna sedimenterar lätt och slammar på botten av tanken. Givetvis är dessa problem inte lika stora för alla typer av formuleringar. Vi har testat omrörningskapaciteten hos tre olika typer av sprutor och funnit att originalomrörningen i den högtrycksspruta vi använt (Wanjet HP 300) är otillräcklig för att hålla testsubstansen kopparsykorid i homogen koncentration. Detta stämmer väl överens med resultaten från de preparatstudier vi genomfört. Preparaten tenderar att slamma på botten av tanken och spridningen blir ojämn. Problemen med ojämn koncentration i tanken dvs problemen med otillräcklig omrörningskapacitet har under våra studier varit stora. Problemen kan man delvis komma tillrätta med genom att starta omrörningen innan man tillsätter preparatet och därefter låta omrörningen vara på under hela tiden man applicerar. Lantbrukssprutornas (Hardi och Holder) omrörning har visat sig vara effektivare och samtidigt skonsam mot de biologiska preparaten.

Vi har studerat hur pumpningen påverkar svampsporerernas vitalitet. De svampar som ingått i studierna är *Paecilomyces fumosoroseus*, *Verticillium lecanii* och *Beauveria bassiana*. Resultaten visar att antalet groende sporer minskar med ökad pumpetid för högtrycksprutan medan pumpningen hos lantbrukssprutan inte inverkar negativt på sporerernas vitalitet. Sporerernas vitalitet minskar också efter passage genom de virvelkammarmunstycken som finns på den högtrycksspruta som ingått i studien medan spaltspridare visat sig lämpliga för spridning av biologiska preparat vid låga tryck. Då man applicerar biologiska preparat med lantbruksspruta har vi dock funnit att det finns risk för igensättning av filter. Det är preparatens bärarmedium som sätter igen filterna om maskstorleken är för liten. Det kan därför vara en god idé att montera bort filterna vid applicering av biologiska preparat alternativt byta till grövre. Under våra studier fungerade det bra med 50 mesh filter men inte med 80 mesh filter.

Sprutor som genererar dropparna med hjälp av roterande spridare har visat sig skonsammare mot de biologiska preparaten än sprutor som genererar dropparna på hydraulisk väg. Vi har studerat en Micron Ulva+ och funnit att den förutom sin obefintliga omrörning fungerar bra för applicering av biologiska preparat. Det vore möjligt att använda denna teknik i större skala genom att montera flera spridare på en ramp.

Temperaturen ökar under körning med högtrycksspruta vilket kan vara ett problem eftersom organismerna är känsliga för alltför höga temperaturer. Det kan därför vara en god idé att utgå från relativt kallt vatten då man bereder sprutvätskan. Vattnet bör dock inte vara för kallt eftersom det då kan vara svårt att lösa formuleringen. Man bör kontrollera vad tillverkarna rekommenderar.

Ytterligare studier behövs för att belysa problematiken från andra synvinklar. Det föreligger ett stort behov av studier av olika typer av formuleringar beträffande dels lagringsegenskaper och dels krav på omrörning. Täckning, avsättning och biologisk effekt är andra områden som behöver belysas ytterligare för att odlarna ska kunna få ett optimalt bekämpningsresultat. Vi har tankar om hur vi med hjälp av den kunskap vi nått genom detta projekt tillsammans med utnyttjande av befintlig teknik inom andra områden skulle kunna finna lösningar som bättre passar för applicering av biologiskt material, än den teknik som utnyttjas idag.

Summary

Today, conventional sprayer equipment designed for use with chemical pesticides is used for spray application of biological control products, without any particular adjustments. There is a risk that the organisms will be exposed to mechanical stresses of various kinds in the pump, filter, valves and nozzles during spraying with existing sprayer equipment. Temperature and pressure during the passage of the sprayer are also important factors for fungi viability and survival. Insufficient agitation seems to be a big problem and the severity of the problem varies between different formulations.

The overall aim of this investigation, financed by The Swedish Board of Agriculture, was to increase the knowledge of how the spray equipment should be designed to apply biopesticides in the most efficient way. What application factors are critical and how will it be possible to improve and develop the necessary application technique? The assumption was that bioagents have the same requirements as contact pesticides but need a more careful handling. The requirements for an optimal handling of the organisms, with intact viability, were studied as well as how to apply them efficiently. Effects of different agitation methods, temperatures, nozzles and pressures have been quantified by measuring the concentration and vitality of the organisms in the liquid.

For even spraying of liquids, it is important that the concentration of the product is homogeneous in the spray tank and that the spray hits the target areas. Biological products tend to sediment easily, with the result that the application is uneven because of the varying concentration in the spray tank. Effective agitation of the liquid is thus a basic prerequisite for effective use of the product. The possibilities of providing a more effective agitation system that is suitable for the living organisms have been investigated by studying the effects of different agitation techniques on the vitality of the organisms and the homogeneity in concentration of the liquid.

The recirculation of the high pressure sprayer was not sufficient to fulfil the requirement in the agitation test with copperoxlchloride solution while the recirculation of the hydraulic boom sprayer did. This corresponds well with the results from the tests with the organisms. The agitation of the high pressure sprayer was not able to prevent sedimentation in the tank.

The effects of pumping and agitation on the germination of various fungi, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii* were studied. In this investigation it was shown that the biological control agents were sensitive to the pumping procedure in one of the high-pressure sprayers commonly used in greenhouses. As the pumping period increased, the proportion of germinating spores decreased. At the same time, agitation was not able to prevent sedimentation in the tank. The passage through the nozzle of the same sprayer decreased the vitality of those fungi tested.

The type of sprayers where the droplets are generated by means of a spinning disc seem to be more suitable for application of biopesticides than a high-pressure sprayer where the droplets are generated hydraulically. The organisms are not exposed to that much mechanical stress from this type of sprayers. Fieldsprayers equipped with standard flat fan nozzles may be used with biologicals but users have to be aware of the differences between formulations and organisms used.

The conclusion is that increased knowledge of the handling and application requirements that preserve the vitality of microorganisms and other beneficial organisms is essential for their effect on pests. Sprayer equipment specially developed or at least adapted to the need of biological control agents is therefore needed to meet the requirements of the living control organisms.

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| BAKGRUND OCH SYFTE | 11 |
| Biologiska bekämpningsmedel | 13 |
| Svamp som biologiskt bekämpningsmedel | 14 |
| Appliceringsteknik | 17 |
| SAMMANSTÄLLNING AV STUDIerna SOM INGÅTT I PROJEKTET | 26 |
| Test av omrörning och koncentrationsjämnhet hos tre olika typer av sprutor | 26 |
| Test av omrörningskapacitet - Wanjet HP 300 | 29 |
| Test av omrörningskapacitet - Micronspruta | 34 |
| Test av omrörningskapacitet - Hardi och Holder | 37 |
| Preparatstudier med Wanjetspruta | 41 |
| Preparatstudie med lantbruksspruta | 45 |
| Studie av biologisk effekt på bladlus i paprika | 47 |
| Studier av tryck och olika typer av munstycken | 51 |
| Temperaturens påverkan på grobarhet | 55 |
| Temperaturstudie, ökning i sprutvätska | 58 |
| Studier av användning av filter till biologiska preparat | 60 |
| SAMMANFATTANDE DISKUSSION | 62 |
| SLUTSATSER | 66 |
| SLUTORD | 68 |

| | |
|------------------------------|----|
| LITTERATURFÖRTECKNING | 69 |
| Skriftliga källor | 69 |
| Material från Internet | 73 |
| Personliga meddelanden | 73 |

Bakgrund och syfte

Att kemiska bekämpningsmedel varit dominerande under lång tid är inte speciellt svårt att förstå då man tänker på deras effektivitet och deras låga kostnad. Tänker man på miljökonsekvenser och människors arbetsmiljö är det dock inte lika självklart att dessa medel är de bästa. Det finns dock inte biologiska alternativ för att bekämpa samtliga sjukdomar och skadegörare. Det går alltså idag inte att helt komma ifrån kemisk bekämpning. Det biologiska utbudet är i jämförelse med kemikalieutbudet extremt begränsat. Det finns dock skadedjur och sjukdomar som, av olika anledningar, med fördel kan bekämpas biologiskt.

Det finns en politisk strävan att ersätta kemiska bekämpningsmedel med biologiska alternativ. Detta med hänsyn till de risker kemiska medel innebär dels för den yttre miljön och dels för arbetsmiljön.

Det finns olika typer av biologiska bekämpningsmedel. Den verksamma substansen kan vara t ex nematoder, kvalster eller svampsporer. Dessutom finns preparaten i olika typer av formuleringar, preparaten kan vara flytande eller i pulverform och ha olika bärarmedium. Gemensamt för alla bekämpningsmedel, såväl kemiska som biologiska, är att de måste appliceras på lämpligt sätt för att man ska uppnå en effektiv behandling. Många predatorer placeras ut i odlingen manuellt men då det gäller svampar, nematoder och bakterier sprids formuleringarna över grödan med hjälp av en spruta. De biologiska preparaten sprutas i dagsläget ofta ut med konventionell sprutteknik. Eftersom biologiska preparat oftast består av levande organismer ställs speciella krav på såväl abiotiska som biotiska faktorer för att bekämpningen skall vara framgångsrik. Någon anpassning av appliceringstekniken till preparatens särskilda behov har normalt inte gjorts. Genom att anpassa tekniken till preparatens krav kan behandlingarna göras effektivare. Ofta fungerar biologisk bekämpning bättre i växthus än på friland eftersom man i växthus kan kontrollera luftrörelser, temperatur och relativ fuktighet.

Ofta uppvisar organismerna en hög effektivitet under laborativa studier och tester. Då preparaten väl används praktiskt kan det dock vara svårt att uppnå denna höga bekämpningseffekt. Detta beror till stor del på klimatet. Om det till exempel råder låg relativ fuktighet så finns det en uppenbar risk att sporer torkar ut vilket minskar deras grobarhet och ger ett försämrat bekämpningsresultat (HART & MCLEOD, 1955,

WALSTAD ET AL. 1970, FERRON, 1977). Andra miljöfaktorer som kan påverka effekten av biologiska preparat negativt är UV-ljus och alltför höga respektive låga temperaturer.

Då man funnit en intressant organism måste man isolera den, finna lämpliga förökningsmetoder, kunna hålla dem levande och sist men inte minst veta när, var och hur appliceringen lämpligast skall ske. Appliceringsmetoden måste vara skonsam mot organismerna, ge god täckning, vara snabb och enkel samt billig (VAN DRIESCHE & BELLOWS, 1996). Sprutor avsedda för kemiska bekämpningsmedel är av naturliga skäl inte anpassade till biologiska preparat. Dessa sprutor har oftast hydraulisk pumpning vilken kan skada nyttoorganismerna i de biologiska preparaten.

Det finns ett nationellt politiskt mål att 20% av den odlade arealen ska omställas till ekologisk produktion senast år 2005. Flera grödor, däribland grönsaker och bär, har svårt att nå detta mål. RÖLIN & LARSSON (2002) har därför föreslagit att en fördubbling av den dåvarande produktionen skulle kunna vara ett rimligt mål att nå. Givetvis finns det flera bidragande orsaker till att vi idag har en bit kvar till de uppsatta målen. En orsak kan vara problem med att klara växtskyddet. Att det helt enkelt saknas godkända preparat. Att man inte har tillräcklig kunskap om preparat och appliceringsteknik eller att väl fungerande teknik inte finns att tillgå.

Som mått på appliceringsteknikens lämplighet har vi använt svamparnas grobarhet. En effektiv men skonsam applicering innebär bevarad vitalitet, dvs livsduglighet, samtidigt som preparatet når målet och fördelas jämnt.

Syftet med detta projekt, vilket finansierats av och utförts åt Jordbruksverket, har varit att ta reda på vilka krav biologiska bekämpningsmedel ställer på hantering och appliceringsteknik. Vilka appliceringsfaktorer är kritiska och hur kan man förbättra och utveckla appliceringen på dessa punkter? Vår hypotes är att sporens vitalitet minskar eftersom de utsätts för mekanisk stress då de passerar pumpar och munstycken men även på grund av att de utsätts för höga temperaturer.

Biologiska bekämpningsmedel

Biologiska bekämpningsmedel är enligt lagen (1991:639) insekter, spindeldjur, virus, nematoder eller mikroorganismer som producerats för att motverka eller förebygga sanitär olägenhet eller skada på egendom. Skadan kan vara orsakad av växter, djur, virus eller mikroorganismer (PRIDAUX, 1998). Man kan skilja mellan tre olika grupper av nyttoorganismer nämligen predatorer, parasiter och mikroorganismer. Till predatorer räknas bl a kvalster och gallmyggor. Parasitsteklar är de vanligaste parasiterna medan virus, svamp och bakterier är exempel på mikroorganismer. Gemensamt för de allra flesta biologiska bekämpningsmedel är att de är kontaktverkande dvs preparatet måste komma i kontakt med skadegöraren för att vara verksamt. Detta innebär att det för att man ska uppnå ett gott bekämpningsresultat är väldigt viktigt med god täckning. Dessutom är det av stor vikt att sprutvätskan penetrerar bladverket väl så att sprutvätskan träffar flertalet av skadegörarna. Eftersom de biologiska preparaten är just kontaktverkande är det också extra viktigt med upprepade behandlingar, det är ju bara de skadegörare som lever och blir träffade just vid behandlingstillfället som dör.

Formuleringar

De aktiva substanserna i ett bekämpningsmedel blandas med olika tillsatssämnen till en formulering. Beroende på tillsatssämnenas egenskaper blir formuleringen torr eller flytande. Preparatet saluförs i flera olika beredningsformer (SÄKER BEKÄMPNING, 2003) t ex; i kapsel/tablettform, som granulat, som vattenlösligt pulver eller som flytande koncentrat. Olika formuleringar har olika egenskaper vilket i sin tur givetvis påverkar preparatets krav på appliceringsteknik men även dess krav på lagringsförhållanden. Torra preparat blir inte så lätta att hantera om de lagrats vid för hög luftfuktighet. Flytande preparat, speciellt de biologiska ställer krav på låg lagringstemperatur för att inte minska i vitalitet.

Vissa kemiska preparat är helt lösliga i vatten vilket är positivt ur omrörningssynpunkt. Äkta lösningar är stabila och det krävs egentligen ingen omrörning för att hålla sprutvätskan homogen i tanken. Då det gäller biologiska preparat bildar de sällan äkta lösningar utan ofta suspensioner (uppslamning av icke vattenlösligt fast ämne i vatten) eller emulsioner (oljeformuleringar blandade med vatten). Suspensioner och emulsioner kräver betydligt effektivare omrörning än äkta lösningar.

Biologiska preparat har oftast ett bäst-före-datum som en form av kvalitetssäkring. Hållbarheten påverkas dock i stor utsträckning av hur man lagrar sina preparat och det är viktigt att vara uppmärksam på och följa anvisningarna på etiketten då det gäller lagringsförhållanden om man vill försäkra sig om att produkten bibehåller hög kvalitet så länge som möjligt.

Svamp som biologiskt bekämpningsmedel

Svampar var enligt HAJEK (1993) de första insektspatogenerna man kände; de är mycket vanliga och ger ofta tydliga symptom. Svampar som kan orsaka epizooti, dvs epidemier bland djur, finns i flertalet habitat såsom luft, jord och vatten. HAJEK (1993) skriver vidare att svampar är unika bland insektspatogenerna eftersom de kan penetrera kutikulan istället för matsmältningskanalen. Detta gör att svampar är speciellt viktiga i bekämpningen av sugande insekter.

Det är viktigt att svampstammarna som skall användas i bekämpningssyfte är relativt värdspecifika så inte nyttoorganismer slås ut. Dock bör de vara så bredverkande att närbesläktade insekter inom en liten grupp effektivt bekämpas (MOORE & PRIOR, 1993).

Trots att det är relativt länge sedan man uppmärksammade olika, för bekämpning, användbara svampar har användandet av dessa inte blivit så allmänt som man kanske kunnat förvänta sig. Detta beror på flertalet faktorer: den biologiska bekämpningen begränsas av fuktighet och temperatur, pga att svampar har speciella klimatkrav. Man kan också tänka sig att tillverkning och lagring av preparaten kräver teknik som inte funnits tillgänglig. Då utvecklingen av kemiska medel startade under 1900-talet avtog intresset för biologiska alternativ för att nu återigen vara aktuell. En förutsättning för att man överhuvudtaget skall kunna använda insektsparasitära svampar i bekämpningssyfte är givetvis att preparaten och metoderna är ofarliga för människor och natur.

De karakteristika man önskar av en effektiv insektsparasitär svamp är att den ska döda snabbt, angripa så många utvecklingsstadier som möjligt av värdjuret, vara pesticidtolerant, lätt att producera samt ha ett lämpligt värdjursregister men ändå vara tillräckligt selektiv.

Klimatkrav

Den relativa fuktigheten är den abiotiska faktor som spelar störst roll för svampars groning och tillväxt (DRUMMOND *et al.*, 1987, OSBORNE & LANDA, 1992). Om det inte är tillräckligt fuktigt gror inte sporererna. Preparatens effektivitet ökar vid hög relativ fuktighet. Luftfuktigheten bör därför hållas över 80% under de tolv timmarna det tar för sporererna att gro (TICAB AB, år okänt). Lämpligast är, för luftfuktighetens skull, att bekämpa på kvällen eller tidigt på morgonen. Givetvis ställer nyttoorganismerna även krav på temperaturen. Varje organism har en optimal gronings- och tillväxttemperatur som i kombination med hög RH ger bästa bekämpningseffekt. Då det gäller applicering av nematoder är det viktigt att tänka på att de är känsliga för UV-ljus. Det är därför olämpligt att bekämpa under soliga förhållanden.

Imperfekta svampar

Imperfekta svampar, återfinnes i så gott som alla miljöer och är av stor betydelse för människan. De är verksamma som nedbrytare av organiskt material och kan orsaka allergier och mykoser. Flera släkten återfinnes som parasiter på växter där de många gånger kan ställa till stor skada. Dessa svampar är dock inte bara av ondo utan vi har lärt oss att utnyttja dem till vår fördel. Medicin, matvaror, kemiska substanser och sist men inte minst biologisk bekämpning är exempel på svamparnas breda användningsområde. Flertalet insektsparasitära svampar är alltså imperfekta, så även *Paecilomyces fumosoroseus*, *Verticillium lecanii* och *Beauveria bassiana* (AGRIOS, 1997) som ingår som aktiva substanser i de tre biologiska bekämpningsmedel vi använt oss av under våra studier.

Infektionsprocessen för dessa svampar är i stora drag densamma, de infekterar genom att de slemhöljda konidierna binds till insektens kutikula. Konidierna gror på insektens kutikula vilken penetreras av svampens groddslang. Groddslangen producerar olika enzymer vilka är aktiva under hydrolysen av protein/lignin-komplexet i insektens integument (CMI). Svampen tillväxer i kroppshålan och inom ett par dagar är insekten död. Under, för svamparna, gynnsamma förhållanden bildas mycel och slutligen konidiebärare även på utsidan av insekten. Konidieforerna och konidierna syns som ett ljusaktigt bomullsludd (MIDWEST BIOLOGICAL CONTROL NEWS, 040621). Avgörande för konidiernas groning är att det råder hög relativ fuktighet, det är därför bra att utföra sprutningen på kvällen eftersom det oftast är fuktigare på natten än under dagen.

PreFeRal

PreFeRal är en biologisk insekticid mot *Trialeurodes vaporariorum*, växthusmjöllus och *Bemisia tabaci*, bomullsmjöllus (BIOBEST, 1999). Den aktiva substansen är blastosporer från en patentskyddad stam av *P. fumosoroseus*. Unikt för *P. fumosoroseus* bland entomopatogena svampar är att den infekterar alla stadium av mjöllöss, även ägg (OSBORNE & LANDA, 1992).

Rekommenderad dos är 0,1% och 150-300 l sprutvätska/1000m² (BIOBEST, år okänt). Preparatet saluförs som vattenlösligt granulat med $2 \cdot 10^9$ sporer/g. Granulatet är relativt svårslösligt. Erforderlig mängd bör blandas med lite rumstempererat vatten och tillåtas stå och svälla innan man blandar med mera vatten (AHLSTRÖM-OLSSON, 000405; BIOBEST, 001114). Denna blandning bör röras om då och då under en halvtimme innan slutlösningen tillreds.

Sticklingar och småplantor kan doppas i den färdigblandade PreFeRal-lösningen medan applicering i kulturer sker med konventionell sprutteknik. PreFeRal kan även blandas i substratet (20-25g/m³ torv) om man har problem med rotlöss eller trips (BIOBEST, år okänt).

Mycotal

Mycotal används främst mot larver av vita flygare, *Trialeurodes vaporariorum* och *Bemisia tabaci*, men har även viss effekt mot tripslarver, *Frankliniella occidentalis* och *Thrips tabaci* (MALAIS & RAVENSBERG, 1992). Preparatet är tyvärr inte längre inregistrerat i Sverige och får i dagsläget därför inte användas. Den aktiva beståndsdel i detta biologiska bekämpningsmedel är konidier av svampen *Verticillium lecanii* (KOPPERT, 1992).

Konidierna är inte vindburna vilket innebär att svampen inte har så stora möjligheter att spridas långa sträckor. Sporerna sprids istället på mekanisk väg, med vatten eller med hjälp av insekter. Infektionens utbredning begränsas därför till närliggande områden vilket givetvis är en nackdel då svampen används i bekämpningssyfte.

Preparatet är ett vattenlösligt puder som förutom 10^{10} konidier/g, innehåller olika naturliga ämnen vilka fungerar som bärarmedium samt förbättrar preparatets egenskaper genom minskad risk för uttorkning av konidierna samt minskad ytspänning (KOPPERT, 1992). Rekommenderad dos är 100g preparat till 100 liter sprutvätska. Mycotal skall,

liksom PreFeRal, tillåtas svälla i vatten ett par timmar under omrörning innan brukslösningen tillreds. Normalt behövs 2000-3000 l sprutvätska/ha (KOPPERT, 1992).

BotaniGard

BotaniGard består av konidier från svampen *Beauveria bassiana*. Preparatet finns i två formuleringar, en oljeemulsion (ES) och en pulverformulering (WP). *B. bassiana* infekterar alla stadier hos ett flertal insektsgrupper. *B. bassiana* har världsvid utbredning och finns naturligt i jorden där den lever sprofytiskt och övervintrar i växtmaterial (CMI). *B. bassiana* producerar även toxiner med antibakteriell funktion. Dessa enzymer utnyttjas under den saprofytiska fasen vid tillväxten på kadavret.

BotaniGard ES innehåller $2,3 \times 10^{10}$ CFU/g medan BotaniGard WP innehåller $4,4 \times 10^{10}$ CFU/g. Rekommenderad dos varierar mellan 125 och 500 ml ES och 60 och 250 g WP / 100 l vatten beroende på vilken skadegörare som ska bekämpas. Vätskemängden som producenten uppger som lämplig varierar mellan 50 och 200 l/1000m² beroende på kulturen och dess utvecklingsstadium. (BOTANIGARD ES/WP, år okänt)

Appliceringsteknik

Alla bekämpningsmedel behöver fördelas över grödan. För detta krävs lämplig utrustning som applicerar rätt mängd på rätt ställen med så lite spill och oönskade miljöeffekter som möjligt. För att sprutan skall kunna leverera en homogen ström av preparat krävs någon form av omrörning samt en lämplig droppalstringsteknik.

Det är viktigt att de biologiska preparaten har en hög biologisk effekt, de måste med andra ord nå grödan och skadegöraren på rätt ställe, med god täckning och i homogen distribuering och fortfarande ha god förmåga att infektera. Vi har i tidigare studier (NILSSON & GRIPWALL, 1999) funnit att nematoder och svampar är känsliga för de tryckförändringar som uppkommer under appliceringsprocessen.

Vilka sprutor används idag?

De vanligaste sprutorna i svenska växthus är högtryckssprutor och kalldimningsaggregat (NILSSON, 1998). I högtryckssprutorna alstras dropparna hydrauliskt under höga tryck. Vid kalldimning alstras dropparna genom att de utsätts för en luftström kring munstycket. Sprutvätskan förs ut i växthuset med hjälp av en fläkt. De båda appliceringsteknikerna är

utvecklade för att sprida kemiska medel. Dessa tekniker, främst högtryckssprutorna, används idag utan anpassning även för applicering av biologiska preparat (STEINKE & GILES, 1995). Vid sprutningen finns en uppenbar risk att nyttoorganismerna skadas eftersom de ställer speciella krav på skonsam behandling (STEINKE & GILES, 1995; NILSSON & GRIPWALL, 1999). Man kan även finna hydrauliska lågtryckssprutor, huvudsakligen med spaltmunstycken, i svenska odlingar. Samma typ av sprutor används i lantbruket. Sprutor vilka använder sig av roterande spridare eller är elektrostatiska används främst i utvecklingsländer (MATTHEWS, 1993). Som exempel kan nämnas att MASON *et al.* (1998) applicerat nematoder med två sprutor av denna typ. Bevattningsramper kan användas även för applicering av bekämpningsmedel (KOCH *ET AL.*, 1999). En viktig aspekt att ha med sig då man diskuterar sprutor är att de stora företagen som tillverkar lantbrukssprutor har en enorm marknad i jämförelse med de små, ofta privata och lokalt förankrade firmorna som jobbar med att tillverka växthusprutor. Detta avspeglas även i de funktionstester och gemensamma standarder som finns för lantbrukssprutor.

Pumpning

För att föra sprutvätskan från tanken till sprutmunstyckena krävs oftast någon form av pumpning. Är omrörningen i spruttanken hydraulisk krävs pumpning även för att denna skall fungera.

I sprutor där dropparna alstras på hydraulisk väg krävs relativt höga vätsketryck vid munstyckena vilket innebär att pumpen måste vara relativt stark (HAMMAR, 1998). Alstras dropparna med hjälp av roterande spridare, med hjälp av en luftström eller på elektrostatisk väg krävs endast att vätskan förs fram till sprutmunstyckena, utan krav på höga tryck. Har dessa sprutor mekanisk omrörning kan det därför, för förflyttande av sprutvätskan från tank till munstycke, räcka med andra typer av pumpar t ex peristaltiska (LEDEBUHR, 010126). Peristaltiska pumpar består av en slang böjd i cirkelbåge vilken, på jämna avstånd, kläms ihop av roterande hjul. Vätskeströmmen genom slangen uppkommer genom att den vätskemängd som befinner sig mellan klämställena förskjuts vid hjulets rotation (ACCU-STALTIC, 040621). Pumpar som bygger på peristaltiska principer arbetar under låga tryck. Givetvis fungerar det inte att alstra droppar på hydraulisk väg med hjälp av denna typ av pumpar, därtill är trycket för lågt.

I små sprutor som inte alstrar droppar på hydraulisk väg behövs ofta ingen pumpning för att föra sprutvätskan från tanken till munstyckena. Det kan i dessa fall räcka med gravitationen som drivkraft vilket är fallet i till exempel de båda sprutorna Ulva + och Herbi-4 från Micron (PIOTROWSKI, 010125).

Omrörning

Det är viktigt att sprutvätskan håller jämn koncentration för att effekten av behandlingen skall bli bra. Omrörning i spruttanken är viktigare för vissa preparat än för andra. Formuleringens natur är av stor betydelse för hur effektiv omrörningen behöver vara. Kemikalier som bildar äkta lösningar med vatten ställer inga höga krav på omrörningen (HAMMAR, 1998) vilket är fallet då det gäller biologiska preparat (LEFEBVRE, 1993) eftersom dessa oftast är formulerade som mera svårslösliga granulat. Omrörningen sker i de flesta sprutor på hydraulisk väg dvs sprutvätskan pumpas runt i tanken. Denna omrörning, vilken ofta är ganska kraftig, kan vara skadlig för biologiska preparat (STEINKE & GILES, 1995). Mekanisk omrörning då en propeller eller visp blandar om sprutvätskan i tanken är skonsammare men oftast inte så effektiv (HAMMAR, 1998).

I små ryggsprutor kan omrörningen ske genom manuell skakning av spruttanken. Denna teknik använder sig Micron av i sina mindre modeller som t ex Ulva+ (PIOTROWSKI, 010125).

Vi har inte funnit några publicerade studier där man genomfört omrörningsstudier med testsubstanser eller biologiska preparat. Dock har vi i tidigare studier (NILSSON & GRIPWALL, 1999) funnit att omrörningen i de traditionella växthussprutorna ofta är otillräcklig för att hålla preparaten i homogen koncentration i tanken.

Vi har använt en standardsubstans (kopparsykeklorid) som formulering för att testa sprutornas omrörningskapacitet. För att testa hur väl omrörningen räcker till för att hålla biologiska bekämpningsmedel i homogen lösning har vi dessutom genomfört studier med BotaniGard WP och ES samt PreFeRal.

Dropstorlek

Den optimala dropstorleken är en kompromiss mellan ett flertal olika faktorer (HAMMAR, 1998). Ju mindre dropparna är desto fler får man ut av samma mängd vätska och desto bättre blir täckningen. Små droppar har dock liten inneboende energi och

påverkas därför relativt lätt av vindrörelser. Små droppar är därför ofta svåra att handskas med i en konventionell lantbruksspruta, det är stor risk för avdrift. Små droppar påverkas däremot mindre än stora droppar av gravitationen. Stora droppar går rakt och hamnar oftare på första bästa blad medan mindre droppar följer med luftströmmarna och avsätts på bladundersidorna i större utsträckning (LEFEBVRE, 1993). Då det gäller biologiska preparat måste man även lägga en annan aspekt i droppstorleken. Ju finare droppar man har desto mindre är sannolikheten att alla droppar verkligen innehåller nyttoorganismer. Droppstorleken måste därför i viss utsträckning anpassas till organismernas storlek.

Olika typer av appliceringsutrustning ger olika stora droppar vilket nämns ytterligare under respektive utrustning längre fram i rapporten. Droppstorleken påverkas förutom av droppalstringsmetoden även av trycket, ju högre tryck desto mindre droppar.

Täckning

För att erhålla en god effekt av bekämpningen är det viktigt att täckningen är tillräcklig. Täckningsgraden ökar ju mindre dropparna är förutsatt att de når målet. Halveras dropparnas diameter får man ut åtta gånger fler droppar av samma vätskemängd samtidigt som täckningsgraden fördubblas. Kraven på god täckning kan stå i konflikt med arbetsmiljön, luften blir full av små droppar innehållande bekämpningsmedel. Preparatet avsätts dessutom inte bara på växterna utan även på växthusets inredning (NILSSON, 1998).

Droppalstring

För att kunna alstra droppar av en vätska krävs att dess yta på något sätt görs instabil. Det måste tillföras energi som gör att ytan splittras (LEFEBVRE, 1993). Denna energi kan tillföras på olika sätt. I hydrauliska sprutor pressas vätskan med hjälp av energi från en pump genom ett munstycke. Dropparna bildas då sprutvätskan passerar ut ur munstycket. Elektrostatiska sprutor alstrar droppar genom att tillföra energi från en elektrisk spänning över vattenytan. Droppalstringen kan även ske med hjälp av energin i en passerande luftström eller med hjälp av en roterande skiva som överför energi till vätskan (LEFEBVRE, 1993).

Vi har inte hittat någon studie där man tittat på hur munstycksstorleken påverkar sporerens grobarhet. För nematoder däremot har FIFE ET AL (2003) funnit att vitaliteten minskar med ökad tryckskillnad.

Hydrauliska sprutor

Hydrauliska sprutor kan vara antingen högtryckssprutor eller lågtryckssprutor (HAMMAR, 1998). Dessa sprutor fungerar i princip på samma sätt förutom att de, som namnet antyder, arbetar vid olika tryck. Normalt tryck för en lågtrycksspruta är 1-5 bar även om de klarar upp till det femdubbla. Högtryckssprutor arbetar med upp till 180 bars tryck. Lågtryckssprutor applicerar med relativt stora vattenmängder och används främst i växthus. De lågtryckssprutor som återfinnes i svenska odlingar är av äldre modell. Som nämnts ovan bildas dropparna i hydrauliska sprutor genom att sprutvätskan tycks genom ett munstycke (LEFEBVRE, 1993). Energitillförseln kommer från en pump, oftast elektrisk. Hydrauliska munstycken finns i olika utförande, är enkla och relativt billiga. Genom att variera pumpens tryck och välja lämpligt munstycke erhålls för ändamålet lämpligt droppspektra och utflöde (HAMMAR, 1998). Omrörningen är oftast hydraulisk.

Vi har i våra studier använt oss av en högtrycksspruta av märket Wanjet med modellbeteckningen HP 300. Denna högtrycksspruta är speciellt utvecklad för användning i växthus (WANJET, 040621). Användningen underlättas av att modellen är en kärrenspruta vilken relativt lätt kan flyttas runt i växthuset. Sprutmunstyckena sitter i änden av en lång slang och föres manuellt. Trycket kan varieras mellan 0 och 150 bar (HAMMAR, 1998). Omrörningen sker genom att pumpen återsänder delar av sprutvätskan till tanken. Sprutvätskan penetrerar bladverket väl eftersom det höga trycket och de speciella munstyckena ger små droppar med turbulenseffekt. Det finns en rad olika munstycken att välja mellan. I våra studier har vi använt oss av virvelkammarmunstycken med diametern 1,2 mm. Dessa munstycken fungerar bra under höga tryck (5-20 bar) (HAMMAR, 1998). Andelen små driftkänsliga droppar är hög vilket dock ej medför några större problem i växthus.

Kalldimning

Dimning kan användas såväl för bekämpning som för desinfektion i växthus. Aggregaten alstrar små droppar. Kalldimning lämpar sig mindre väl för applicering av kontaktverkande preparat eftersom dropparna penetrerar bladverket relativt dåligt (NILSSON, 1998). Det är viktigt att dimman tillåts sprida sig i huset innan den avsätts (HAMMAR, 1998). Detta sker normalt med hjälp av en fläkt. Droppalstringen i ett kalldimningsaggregat kan ske med hjälp av en luftström, högtryckspumpar eller lågtrycksluft (LINDQUIST *et al.*, 1993). I spruttanken finns en mekanisk

propelleromrörning. Sprutvätskan sugas in i munstycket med hjälp av ett svagt undertryck. Det krävs alltså ingen pump för att förflytta vätskan i systemet (WANNEHAG, 010131).

Droppalstring med hjälp av luftström

Det finns sprutor vilka alstrar droppar med hjälp av lufttillsats (LEFEBVRE, 1993). Dessa sprutor har någon form av munstycke i vilket vätskan slits sönder av en passerande luftström. Vätskan utsätts alltså för luftens kinetiska energi varvid droppar bildas. Dropparna som alstras på detta sätt blir finare än de som alstras på hydraulisk väg (LEFEBVRE, 1993). Som exempel på en spruta av denna typ finns Danfoil. Danfoil är en dansk fältspruta som introducerades i mitten av 1980-talet (HAMMAR, 1998). Sprutan används inte i växthus men principen den bygger på skulle kunna vara användbar även här. Kännetecknande för systemet är mycket små droppar samt låga vätskemängder. Systemet bygger på att sprutvätskan, med lågt tryck, pumpas in i sidan på munstycket där den kommer att rinna längs en vinge (DANFOIL SPRØJTESYSTEMET, 040621). Dropparna formas då sprutvätskan slits loss från vingen av en passerande luftström. Storleken på dropparna är avhängig trycket med vilket luften pressas genom munstycket. Även sprutvätskans nedträngningsgrad i grödan bestäms av lufttrycket. Täckningsgraden har visat sig god eftersom luftströmmen öppnar upp plantbeståndet och för med sig dropparna ned i grödan. Trots att sprutan alstrar små droppar har systemet visat sig mindre känsligt för vindavdrift än konventionella sprutor (DANFOIL – DEN DANSKE LUFTSPRØJTE, år okänt). Systemet har visat sig kunna bidra till starkt reducerad kemikalieförbrukning tack vare dess goda täckning. Genom att variera lufthastigheten kan en stor variation av droppstorleken åstadkommas utan byte av munstycke (LEFEBVRE, 1993). För att föra sprutvätskan från tanken till munstyckena används en membranpump som arbetar vid låga tryck (JOHAN DALQUIST MASKIN AB, 010131). Ute i ledningarna är trycket mellan 0,2 och 0,8 bar. Systemets omrörning bygger på den konventionella överloppsprincipen, dvs sprutvätskan som ej går ut genom munstycket går åter till tanken (JOHAN DALQUIST MASKIN AB, 010131). Man arbetar även med ett dossystem där kemikalierna doseras direkt i rent vatten. I detta system behövs ingen omrörning.

Roterande spridare

I system med roterande spridare sker sönderdelningen av sprutvätskan med hjälp av en roterande skiva vilket ger ett smalt droppstorleksspektrum (MATTHEWS, 1993). Enligt LEFEBVRE (1993) är det positivt att dropparna ligger inom ett relativt smalt intervall.

Sprutvätskan pumpas ut från centrum av ett roterande nav och landar på en snabbt roterande platta. Centrifugalkraften driver sprutvätskan utåt plattans kanter där droppar avsätts med hög hastighet (LEFEBVRE, 1993). Dropparna hamnar i en luftström alstrad av en fläkt och förs på detta sätt ned i grödan. Denna typ av sprutor har inga munstycken som kan slamma igen. De är dessutom mer flexibla än hydrauliska sprutor eftersom man oberoende av vartannat kan variera flödes hastighet och skivans rotationshastighet (LEFEBVRE, 1993). Som exempel på sprutor av denna typ kan t ex Micron Ulva+ och Proptec nämnas.

Konventionell hydraulisk sprututrustning ger två till sex gånger större droppar än Proptec-sprutan. Man kan tro att vindavdriften skulle bli ett problem men så är inte fallet. Driften reduceras genom två mekanismer: munstycket är riktat ned i vegetationen och den luft dropparna färdas med tvingar sprutvätskan rakt ned i bladverket (PROPTec, 040621). Proptec ger enligt tillverkarna mycket hög avsättning på bladundersidorna. Detta åstadkoms tack vare de små dropparna. Sprutan fungerar bäst vid applicering av 45-230 l/ha men klarar även mindre och större volymer.

Eftersom dessa typer av sprutor inte kräver höga tryck för att droppalstringen skall fungera kan pumparna vara av varierande typ. Proptec använder sig vanligtvis av centrifugalpumpar vilka arbetar vid låga tryck men med höga flöden (LEDEBUHR, 010126). Det höga flödet är nödvändigt eftersom huvuddelen av vätskemängden åter spolas in i tanken för att röra om sprutvätskan.

Elektrostatiska sprutor

I elektriska droppalstringsutrustningar kommer den energi som får vattenytan att splittras från repulsionen av lika laddningar vilka ackumulerats på vattenytan (LEFEBVRE, 1993). Vanligtvis skapas en elektrisk spänning vilken tenderar att expandera ytan till skillnad från ytspänningen vilken strävar efter att hålla samman vätskan. Då den elektriska spänningen överstiger ytspänningen blir ytan instabil och droppar bildas. Generellt kan ett munstycke, i vilket droppar alstras på elektrisk väg, beskrivas som en kanal med en jordad sida och en sida med antingen positiv eller negativ laddning. Dropparna blir elektriskt laddade vilket medför att de dras till plantan (LEFEBVRE, 1993). Dessa sprutor levererar små vätskevolymer (Ultra Low Volume – ULV). Dropparna blir små men har hög hastighet vilket bidrar till minskad avdrift (MATTHEWS, 1993). Eftersom dropparna

inte alstras på hydraulisk väg krävs inga höga vätsketryck. Vätskan förs istället med hjälp av gravitationen från tanken till munstycket (MATTHEWS, 1993).

Oljebaserade formuleringar

Då det gäller svamppreparat är relativa fuktigheten oftast den abiotiska faktor som är avgörande för svampens groning och tillväxt (OSBORNE & LANDA, 1992). Hög luftfuktighet ger bättre groning och tillväxt hos nyttosvampen samtidigt som man riskerar att få angrepp av skadesvampar. Oljetillsats förhindrar avdunstning och svampen torkar inte ut lika lätt. Oljebaserade formuleringar möjliggör användning av låga vätskevolym. Detta har enligt BATEMAN *et al.* (1993) givit bättre bekämpningsresultat än man kunnat uppnå med vattenbaserade formuleringar. Tekniken är speciellt lämplig i varmare trakter där avdunstningen är stor och där det ofta är ont om vatten att bereda sprutvätskan av (MATTHEWS, 1993). Oljebaserade formuleringar har givit goda resultat vid bekämpning av gräshoppor (LOMER *et al.*, 1993; GIFFTHS & BATEMAN, 1997; BATEMAN *et al.*, 1998).

Applicering av biologiska preparat

De flesta studier som finns gjorda inom området biologisk bekämpning är främst inriktade på organismerna och inte på tekniken de appliceras med. I flertalet studier redovisar man endast att man applicerat preparatet inte vilken typ av utrustning och teknik som använts. Flera forskare är dock överens om att det krävs ytterligare studier beträffande appliceringen av biologiska preparat (LINDQUIST *et al.*, 1993; MOORE & PRIOR, 1993; STEINKE & GILES, 1995; MATTHEWS, 1997; NILSSON & GRIPWALL, 1999; WUNDERLICH & GILES, 1999).

Merparten av forskningen kring applicering av biologiska preparat rör svampen *Metarhizium flavoviride* som används mot gräshoppor. BATEMAN *et al.* (1993) har konstaterat att det fungerar mycket bra att använda sig av låga vätskevolym då man bekämpar med *M. flavoviride*. Oljebaserade formuleringar minskade evaporationen och bidrog till minskad uttorkning av konidierna vilket påverkade groningen positivt. Även LOMER *et al.* (1993) har visat att oljebaserade formuleringar av *M. flavoviride* fungerar i kampen mot gräshoppor i torra trakter. Anledningen till att man uppnått så goda resultat inom just detta område har sannolikt att göra med den stora internationella satsningen på detta utvecklingsprogram (MATTHEWS, 2000).

SENGONCA & LÖTCHE (1997) har genomfört en studie som visat att ägg av *Chrysoperla carnea* kan appliceras i vattenlösning med hjälp av pneumatiska munstycken. Äggen klarade vattentryck på upp till 4,5 bar och lufttryck på upp till 2 bar utan att kläckningen påverkades negativt.

Försök med droppbevattning av nematoder har visat att det är möjligt att få godtagbar distribution av nematoderna med denna teknik (WENNEMANN, L. ET AL, 2002).

Sammanställning av studierna som ingått i projektet

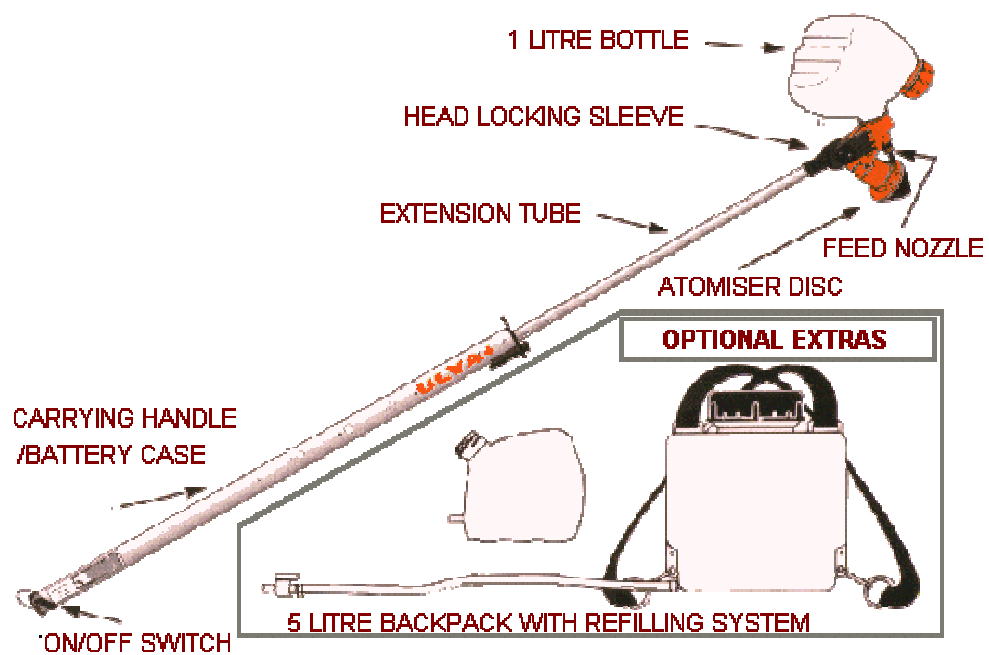
Test av omrörning och koncentrationsjämnhet hos tre olika typer av sprutor

En grundförutsättning för att få god effekt av bekämpningsarbetet är att sprutvätskan håller en jämn koncentration i tanken. Detta är även en förutsättning för att kunna kontrollera preparatets vitalitet efter pumpning och sprutning som vi var intresserade av i våra studier. Biologiska preparat är ofta svårösliga och sedimenterar relativt lätt på botten av tanken vilket vi hade problem med under våra studier. Vi valde därför att testa sprutornas omrörningskapacitet i samråd med expertis från Svensk Maskinprovning AB. Sprutornas omrörning testades enligt SS ISO 5682-2:1997. Testet bygger på att man pumpar runt och sprutar ut en, i vatten olöslig, testsubstans. Prov uppsamlas efter olika lång tids omrörning och sprutning. Proven vägs och vattnet får avdunsta innan nästa vägning. Genom detta förfarande får man ett mått på hur mycket testsubstans som sprutas ut vid olika tider och man får därmed ett mått på sprutans omrörningskapacitet. Som provtagningskärl använde vi 4,5 dl aluminiumformar. Formarna spraymålades med värmetålig färg, märktes upp samt vägdes. Anledningen till att formarna målades var att vi i en förstudie upptäckt att kopparoxykloridlösningen reagerar med aluminiumen och fräter hål på formarna. Alla prover placerades i värmeskåp under 18 timmar så allt vatten avdunstade.

Vi har utfört detta test på fyra sprutor, en högtrycksspruta för växthusbruk (Wanjet, Figur 1), en liten spruta med roterande spridare (Micron, Figur 2) och två lantbrukssprutor (Hardi, Figur 3 och Holder, Figur 4). Testet är ursprungligen utformat för test av lantbrukssprutor så för Wanjet och Micronsprutan har vi genomfört anpassade tester.



Figur 1. Högtryckssprutan Wanjet HP 300.



Figur 2. Schematisk bild på sprutan Micron Ulva+ med roterande spridare. Källa: <http://www.micron.co.uk/ulvaplus.html>, 040516.



Figur 3. Lantbruksspruta Hardi med 1000 liters tank och 12 m ramp.



Figur 4. Holdersprutan - bomspruta med 12 m ramp och 1000 liters tank.

Test av omrörningskapacitet - Wanjet HP 300

Material och metoder

För att underlätta avläsningen under försöket graderades tanken, som rymmer 300 liter, från 30 liter till 150 liter i intervall om femton liter. Vätskevolymen vid start var 150 liter. Sprutan placerades plant och trycket ställdes till 75 bar vilket ligger mitt i intervallet av rekommenderade arbetstryck. Då testlösningen skall vara 1%-ig vägdes 1500 g kopparoxyklorid upp. Pulvret löstes i omkring 5 liter vatten. För att prover skulle kunna tas försågs sprutan med en extra tappslang kopplad vid utsuget före pumpen (Figur 5).



Figur 5. Pump och den extra tappslangen på Wanjetsprutan.

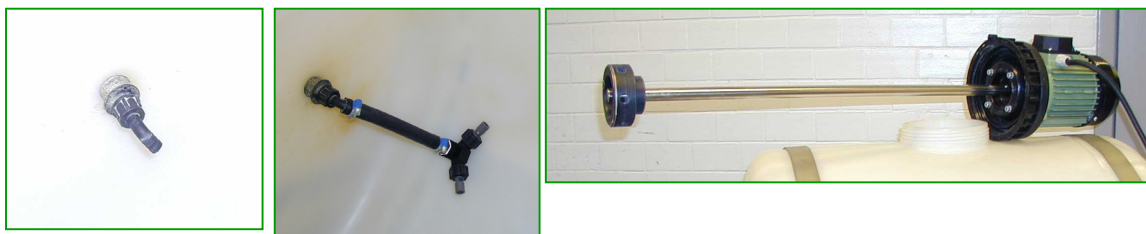
Kopparoxykloridlösningen hölls i tanken vilken sedan fylldes med vattenslang upp till 150 liter under ständig omrörning, dvs pumpen var igång. Då tanken fylldes togs första provet. Fem minuter efter avslutad påfyllning togs andra provet, ytterligare fem minuter senare togs det tredje. Vid varje provtagningstillfälle togs dubbelprov. Vid provtagningen tappades omkring 200 ml lösning i aluminiumformar.

Då suspensionen stått och sedimenterat i 16 timmar startades omrörningen på nytt. Dubbelprover togs precis då omrörningen startats samt efter tre, sex och tio minuter.

Efter tio minuters omrörning påbörjades tömmandet av tanken. Dubbelprov togs direkt då utsprutningen startade (150 l) samt därefter var 30:e liter.

Då vattnet avdunstat vägdes aluminiumformarna och mängden kopparoxyklorid räknades ut. Genom att kontrollera hur mängden kopparoxyklorid i proverna varierar över tiden fick vi ett mått på hur effektiv sprutans omrörning är.

Studien genomfördes i tre omgångar. 1) med originalutförande 2) med modifiering av återspolning i form av att en förlängd slang med två munstycken sattes på återspolningsutloppet i tanken och 3) med en extra omrörare i form av en elmotor placerad i tanklocket som drev runt en mekanisk omrörare i botten av tanken (Figur 6).



Figur 6. Omrörarna på Wanjetsprutan, från vänster; originalomrörning, modifierad återspolning med två munstycken monterade och slutligen den elektriska mekaniska omröraren.

Samtliga prover i studierna togs som dubbelprover ur vilka medelvärden framräknades. Om medelvärdena inte låg inom intervallet 0,95-1,05 borde, enligt anvisningar från Svensk Maskinprovning AB, testet göras om med mera effektiv omrörning.

Resultat

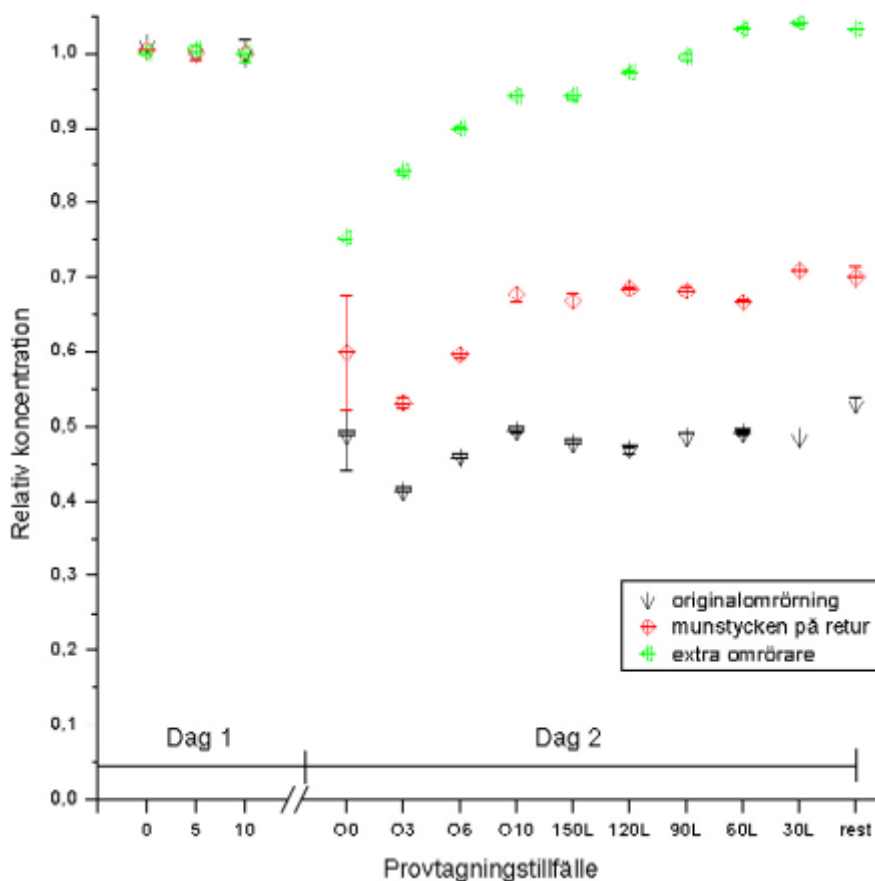
De tre omrörningsalternativen, original, munstycksretur och mekaniska omrörare, uppvisade inga signifikanta skillnader under första dagens körning. Andra dagen fanns det signifikanta skillnader mellan alla tre omrörningsalternativen. Originalomrörningen var sämst och den mekaniska omröraren effektivast.

I originalutförande var omrörningen undermålig och kunde efter sedimentation av testpreparatet inte röra upp mer än 65% av den ursprungliga koncentrationen från dag 1 med 10 minuters omrörning.

Med modifiering av återspolningen i tanken blev omrörningen något bättre, men ingen skillnad i förmåga att röra upp det sedimenterade preparatet kunde noteras, 67% av ursprunglig koncentration från dag 1 uppmättes.

Med den extra mekaniska omröraren kunde större delen av preparatet röras upp efter sedimentation. Av koncentrationen dag 1 uppmättes 94% efter 10 minuters omrörning. Jämförelse av preparatkoncentrationen visade en signifikant ökning från 0 till 10 minuters omrörning.

Ovan nämnda resultat finns åskådliggjorda i form av ett diagram, se Figur 7.



Figur 7. Omrörningen hos högtryckssprutan Wanjet HP-300 blev betydligt effektivare då vi monterat en extra mekaniska omrörare. Även den inledande åtgärden att sätta två munstycken på returen förbättrade omrörningskapaciteten.

För den mekaniska omröraren finns en linjär regression med $R^2=0.95$ ($y=0,47x + 0,01 \cdot \text{min}$) för utsprutningsdelen där koncentrationen ökar ju mindre vätska som finns kvar i tanken. Det var en signifikant skillnad mellan koncentrationerna för de olika tankvolymerna ($\alpha=0,000$) med den omröraren.

Diskussion

Med originalomrörning, fanns det ett provtagningstillfälle då mätvärdena hamnade utanför riktlinjerna från Svensk Maskinprovning AB. Detta inträffade vid andra provdagens första provtagningstillfälle, då suspensionen stött och sedimenterat i 16 timmar. Inte ens i andra omgången, med extra omrörning, lyckades vi få jämna prov vid detta provtagningstillfälle. Efter tre minuters omrörning var dock dubbelproven åter jämna. Med den mekaniska omröraren hade vi dock inte några problem med mätvärden utanför riktlinjerna.

Koncentrationen kopparoxyklorid ligger under tömmandet av tanken ständigt högst i omgången med den mekaniska omröraren och lägst under körningen med originalomrörning (Figur 7). Då tanken tömts har omrörningen pågått i 22 minuter. Då försöket avslutades fanns, för originalomrörningen, runt hälften av uppvägda mängden kopparoxyklorid kvar som en beläggning på tankens botten (Figur 8). Den befintliga omrörningen är inte tillräckligt effektiv för att det skall vara möjligt att applicera biologiska preparat med gott resultat.



Figur 8. Rester på botten av tanken på sprutan Wanjet HP-300 med originalomrörning efter omrörningsstudie med kopparoxykloridlösning.

Resultatet är ett annat då man tittar på den mekaniska omröraren (Figur 9), i detta fall fanns inga större rester på botten av tanken då försöket avslutats.



Figur 9. Rester på botten av tanken på sprutan Wanjet HP-300 med mekanisk omrörare efter omrörningsstudie med kopparoxykloridlösning

Ett alternativ till omrörning för vidare utveckling skulle kunna vara en långsamgående propeller med stora blad som ger fart åt en stor del av sprutvätskan. Det är viktigt att omrörningen är så kraftig att den rör upp det preparat som tenderar slamma på botten av tanken. Givetvis har tankens form också betydelse då det gäller omrörningen.

Test av omrörningskapacitet - Micronspruta

Material och metoder

Med Micronsprutan gjorde vi ett omrörningstest med en specialbyggd tank eftersom sprutan i original endast bygger på att preparatet förs ned från tanken med hjälp av självfall och inte har någon särskild omrörningsutrustning. Till den lilla tanken på sprutan kan en större ryggburen tank anslutas för påfyllning (Figur 2). I försöken valde vi att ersätta den ryggburna tanken med en annan mer rundad i formen för att underlätta omrörningen och försvåra avsättning inne i tanken (Figur 10). Omrörningen i denna tank åstadkom vi genom att en bormaskin försågs med en mekanisk omrörare som placerades nere i tanken. Avståndet till tankens botten var 0.5 cm. Omröraren roterade med en hastighet på cirka ett varv per sekund. Provtagningen skedde från en extra slang, mellan tanken och själva spridaren, försedd med en ventil.



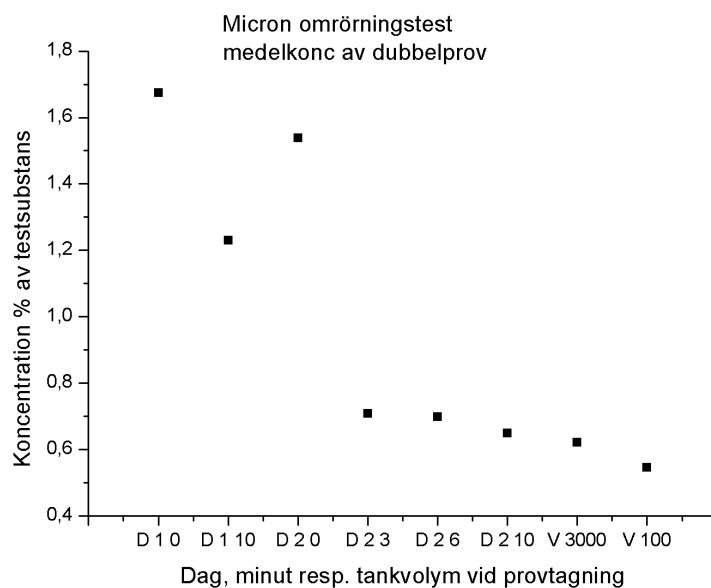
Figur 10. Tanken vi använde under omrörningsförsöken med Micronsprutan. Bormaskinen på toppen fungerar som motor för den mekaniska omrörare som går ned i tanken.

Testlösningen var av koncentrationen 1%. 60g kopparoxyklorid löstes i 500 ml vatten. Blandningen hölls i tanken samtidigt som omrörningen startades. Tanken fylldes sedan till 6000 ml vilket motsvarar halv tank. Då tanken fylldes till 6000 ml togs ett dubbelprov a´

ca 100 ml ut. Efter ytterligare tio minuter togs ett nytt dubbelprov. Därefter lämnades blandningen att sedimentera under 16 timmar. Dagen därpå togs dubbelprover vid omrörningsstart, samt efter tre, sex och tio minuter innan utsprutningen startade. Därefter togs prov då 3000 ml respektive 100 ml återstod i tanken. Koncentrationen kopparoxyklorid i de olika proverna beräknades.

Resultat

Dag 1 noterades ingen signifikant skillnad i koncentration mellan tillfällena 0 och 10 minuters omrörning efter fyllning av sprutan. Dag 2 skiljde sig *startvärdet* signifikant från övriga tider då koncentrationen av testsubstans mättes (test ANOVA, $\alpha=0.000$). För de övriga tidpunkterna och volymerna skiljde sig inte koncentrationerna åt signifikant, när enbart dessa värden jämfördes med varandra (test ANOVA, $\alpha=0.214$), dvs. utan jämförelse med startvärde. Vid utsprutning var det en signifikant högre koncentration vid slutet av utsprutningen med 100 ml kvar i tanken jämfört med vid start då det var 3 liter i tanken (ANOVA, $\alpha=0,017$) (Figur 11). Omrörningen dag 2, efter sedimentation över natten, förmådde inte röra upp mycket av det preparat som lagt sig på tankens botten.



Figur 11. Koncentration av testsubstans dag 1 och 2 vid omrörning efter fyllning av tank och vid utsprutning efter omrörning dag 2. Första värdet dag 2 har tagits bort av skäl nämnda i textens resultatdel.

Diskussion

Resultaten av omrörningstestet visar att omrörningen inte var tillräcklig för att få upp mer än en mindre del av sedimenterat preparat från tankbotten. De uppmätta koncentrationerna varierade en hel del vilket berodde på att det vid utloppet samlades preparat som gjorde att prov 1 av 2 som togs vid vissa provtagningstidpunkter höll högre koncentration än prov 2. Detta var fallet speciellt vid tidpunkt 0 både dag 1 och 2, dvs. när det första provet för dagen togs. Tanken är inte optimal och behöver utvecklas vidare inför nya studier. Testsubstansen är dock extremt svårupprörd. Det preparat vi använde i studien av den biologiska effekten, Botanigard WP, är betydligt lättare att röra upp och löser sig bättre i vattenformulering än vad kopparoxykloriden gör.

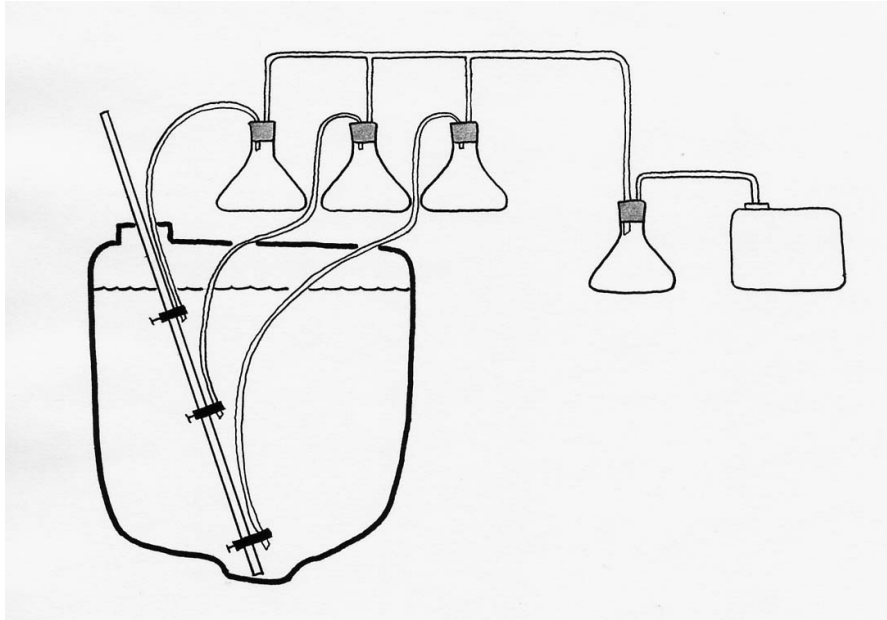
Test av omrörningskapacitet - Hardi och Holder

Omrörningsstudier genomfördes med två olika lantbrukssprutor, en Hardi (Figur 3) och en Holder (Figur 4), med tankvolymerna 1000 liter. Prover togs enligt SS ISO 5682-2:1997.

Material och metoder

För att prover skulle kunna tas försågs Hardisprutan med en extra tappslang kopplad till rampens ena ände. På Holdern kunde prover tas från enskild bomsektion genom att en kran öppnades. Till vardera sprutan vägdes 10 kg kopparoxyklorid upp vilket gav en 1%-ig lösning.

För att prov skulle kunna tas på tre olika nivåer i tanken samtidigt byggdes en provtagningsutrustning enligt Figur 12. Tre slangar fästes på olika nivå längs ett metallspjut. Varje slang mynnade i en E-kolv. Kolvarna var kopplade till en vakuumpump. Då pumpen slogs på sögs tankvätska samtidigt upp i de tre kolvarna.



Figur 12. Schematisk skiss över provtagningen under omrörningsstudien med lantbrukssprutorna. Bilden visar sprutans tank med provtagning på olika nivåer. Vätska suges upp i de tre övre kolvarna med hjälp av vakuumpumpen längst till höger i bild. Kolven närmst pumpen finns med för att undvika att vätska suges in i pumpen.

Då tanken fyllets till ungefär en tredjedel med vatten startades omrörningen och kopparoxykloriden hälldes i tanken. Tanken fylldes sedan med vattenslang till nominell nivå (1000 liter) under ständig omrörning, dvs pumpen var igång. Då tanken fyllets och omrörningen pågått ytterligare tio minuter togs första provet. Vid provtagningen sögs omkring 300 ml lösning från varje nivå upp i E-kolvar. Då detta prov tagits slogs omrörningen av.

Då suspensionen stått och sedimenterat i 16 timmar startades omrörningen på nytt och prov från tre nivåer togs då omrörningen pågått i tio minuter. Proverna samlades i E-kolvar. Därefter påbörjades tömmandet av tanken genom utsprutning i växande gröda. Prov togs direkt då utsprutningen startade (1000 l) samt därefter var 100:e liter. Även dessa prov samlades i E-kolvar.

Då vi kommit tillbaka till laboratoriet skakades E-kolvarna tills all sedimenterad kopparoxyklorid kommit i lösning. Därefter togs prover om omkring 100 ml ut. Från varje kolv togs två prover. Genom att kontrollera hur mängden kopparoxyklorid i proverna varierar över tiden fick vi ett mått på hur effektiv sprutornas omrörning är.

Resultat

Från början avsåg vi att använda trycket 3 bar men för Holdern fick vi bara upp trycket i 2 bar för de munstycken vi använde. Flödet ut var då 30 liter per minut.

Omrörningskapacitet: $136-30=106$ liter/minut motsvarande cirka 10% av tankvolymen.

Total tid för utsprutning: 33 minuter.

Trycket som användes för Hardin var 3 bar. Flödet ut beräknades till 37.4 liter per minut

Omrörningskapacitet: $160-37=123$ liter/minut motsvarande cirka 12 % av tankvolymen.

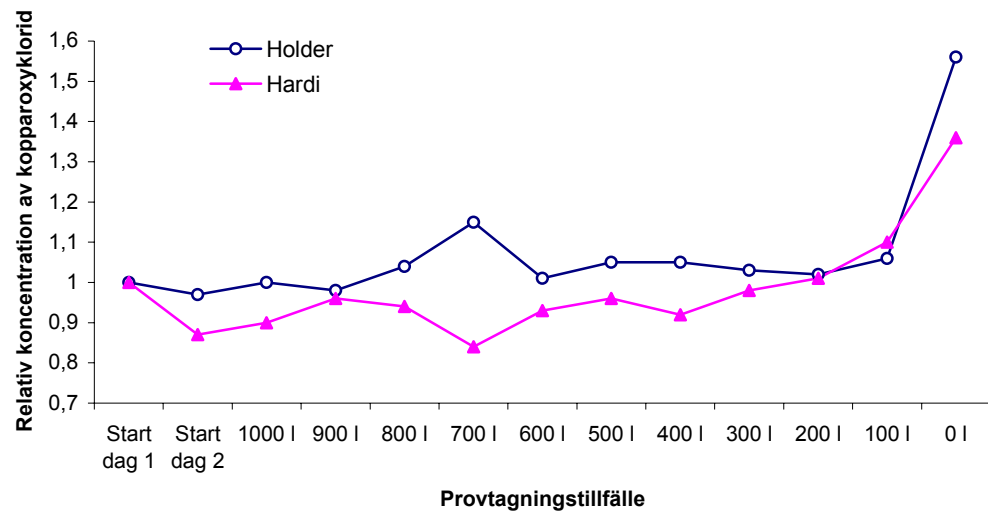
Ett stopp på cirka 2.5 minuter gjordes för att rensa filtren (Figur 13). Total tid för utsprutning: 28.5 minuter.



Figur 13. Filter från Holder lantbruksspruta igensatt av kopparoxyklorid.

Resultaten visar att koncentrationen kopparoxyklorid generellt sett ligger högre i Hardisprutan än i Holdern. Sett till den relativa koncentrationen kopparoxyklorid ligger dock Holdersprutan bättre till dvs den klarar att hålla en jämnare och högre koncentration i förhållande till utgångskoncentrationen under den tid studien pågår (Figur 14).

Regression för utsprutning av testsubstansen visade att koncentrationen av substansen ökade signifikant mot slutet av proceduren när vätskemängden i tanken minskade. Koncentrationen på det sista provets medelvärde låg för Holdersprutan på 1,29% medan koncentrationen vid start av utsprutningen var 0,83% (kvot 1,55). För Hardisprutan låg slutvärdet på 1,42% och startvärdet på 0,93% (kvot 1,53).



Figur 14. Relativ koncentration av kopparoxyklorid (Start dag 1 = 1) vid olika provtagningsstillfällena under omrörningsstudierna med lantbrukssprutorna. Provtagning med olika mängd vätska kvar i tankarna.

För Hardisprutan ökade koncentration gradvis med minskande vätskevolym i tanken medan det för Holdersprutan kom en mer plötslig ökning av koncentrationen mot slutet av utsprutningen/tömningen av tanken.

Under momentet då vi sprutade ut kopparoxykloridblandningen hade vi, för båda sprutorna, problem igensättning av filter i tanken och munstycken i vissa sektioner.

Diskussion

Att koncentrationen i Hadisprutan generell sett ligger något högre än koncentrationen i Holdern är rimligt eftersom Hardin har något bättre omrörningskapacitet. Att vi fick problem med igensättning av filter och munstycken under sprutningen gjorde att utsprutningen gick långsammare. Igensättningen av filterna påverkade även omrörningen så att denna blev mindre effektiv.

De båda lantbrukssprutorna har effektivare omrörning än högtryckssprutan vilket visats i dessa studier.

Preparatstudier med Wanjetspruta

Flertalet av de försök som ingår i projektet syftar till att få ett mått på svampens viabilitet, livsduglighet, efter olika behandlingar. Det enklaste sättet att ta reda på hur stor andel sporer som är levande respektive döda är att tillåta dem att gro. En förutsättning för att kunna genomföra försöken är således att kunna odla svamparna. För att ta reda på vilka betingelser som krävs för att odla *Paecilomyces fumosoroseus* och *Verticillium lecanii* och *Beauveria bassiana*, de i projektet studerade svamparna, genomfördes en rad förstudier. Förstudierna kan också sägas utgöra en kontroll av andelen aktiv substans i preparaten, samt en kartläggning av vilka koncentrationer som är lämpliga för plattspridning. Antalet kolonier per platta måste vara tillräckligt stort för att ge ett säkert resultat men inte så stort att det blir problem att räkna dem.

Under projektets gång har vi alltså jobbat med tre olika preparat, PreFeRal, Mycotal och BotaniGard. Anledningen till att vi jobbat med tre preparat är att det under projektets löptid varit olika preparat registrerade hos Kemikalieinspektionen. Vi har tyckt att det känts relevant att använda oss av de preparat som odlarna kunnat använda eftersom resultaten annars kan vara svåra att använda praktiskt.

Syftet med preparatstudierna har varit att se hur sporer påverkas av högtryckssprutans omrörning. Sprutan som använts är en hydraulisk spruta av märket Wanjet med modellbeteckningen HP 300. Försöken har genomförts med olika vätskevolym, under olika lång tid samt med eller utan utsprutning av vätska under försökets gång.

Nedan följer material och metod för en av alla de studier vi genomfört.

Material och metod

30,0 g PreFeRal blandades med autoklaverat vatten till en gröt vilken tilläts svälla en timme innan spädning till 3000 ml skedde. Denna lösning blandades om ett par gånger under en och en halv timme innan den hälldes i spruttanken vilken fylldes upp till 30 liter med kranvatten (~20°C). Koncentrationen i tanken var alltså den för bekämpning rekommenderade, nämligen 2×10^6 sporer/ml. Pumpen startades samtidigt som utsprutning påbörjades. Efter 15 sekunder togs första provet. Proven togs med sterila 100 ml bägare genom att vi stack ned handskbeklädd hand och håvade upp ~30 ml lösning ur tanken. Alla prov togs från samma ställe i tanken. Ytterligare prov togs 2, 10 och 30

minuter efter försökets start. Studien pågick under 30 minuter. Under vissa delar av försöket (0-2 minuter; 9½-10 minuter samt 29½-30 minuter) sprutades lösning ut medan det under övrig tid endast var omrörning.

Sprutans tryck var under försöket 30 bar och munstyckets diameter 1,2 mm vilket gav ett flöde på 7,38 liter / minut. Sprutvätskans temperatur mättes kontinuerligt under försökets gång (15 sek; 2 min; 10 min; 20 min och 30 min) med digital termometer, Alnor. Lufttemperaturen i försökshallen var 22,2°C.

Plattspridning av lämpliga koncentrationer skedde. Plattorna placerades i värmeskap (28°C) och avlästes efter fyra dagar (Figur 15).



Figur 15. Kolonier av *P. fumosoroseus* på potatisdextrosagar.

Vi har genomfört många studier av detta slag; med olika preparat, PreFeRal, Mycotal och BotaniGard, med olika typer av omrörning på sprutan, originalomrörning, extra återspolning och mekanisk omrörare, med olika sätt att ta nollprov, håva i tanken eller ta nollproven från en spann, och med olika sätt att samla upp proven, provtagning genom hävning i tanken, via munstyckena samt via extra tappslang.

Resultat

Våra studier har tydligt visat att sporena skadas av passage genom virvelkammarmunstyckena på den högtrycksspruta vi använt under våra studier. Vidare har studierna med BotaniGard WP visat att sprutan inte klarar att hålla jämn koncentration av preparatet i spruttanken. Vad beträffar sporens vitalitet pekar trenden åt att färre sporer grov ju längre tid de utsatts för sprutans omrörning både då det gäller flytande och pulverformulerade preparat.

Resultaten indikerar att flytande preparat ger jämnare koncentration än preparat i pulverform. Resultaten är i linje med vad vi förväntat oss, eftersom vi tidigare haft problem med slammande och svårösliga preparat som varit pulverformulerade.

Tolkningen av resultaten har varit svåra av olika anledningar. Resultaten talar ibland emot varandra.

Diskussion

Preparatstudierna är de studier som upptagit största delen av projektet även om det kanske inte upplevs så i denna sammanställning. Vi har haft stora problem med de tre preparat vi använt under projektets gång. Ett av problemen har varit att formuleringarna inte varit funktionella. Detta tillsammans med otillräcklig omrörningskapacitet i sprutorna medfört stora problem med att erhålla jämn koncentration av preparat i tanken. Detta har försvårat och i det närmaste omöjliggjort tolkningen av resultaten. Dock har det fört det positiva med sig att vi idag kan säga att effektiv omrörning är viktigt för att nå goda resultat då man applicerar biologiska preparat. Resultaten att sprutan inte klarar att hålla jämn koncentration i tanken stämmer väl överens med omrörningsstudierna med kopparoxyklorid.

Preparatet PreFeRal uppvisade i försöken en anmärkningsvärt låg grobarhet jämfört med den producenterna utlovar. Även om vi ansåg andelen aktiv substans i preparatet alldeles för låg bestämde vi oss för att fortsätta studierna. Det vi var intresserade av - skillnaden i grobarhet, livsduglighet, före och efter olika behandlingar - borde framkomma trots låg grobarhet. Problemet att så få sporer grov medförde att plattspridningen måste ske med en mer koncentrerad lösning.

Vi har vidare haft problem med att ta representativa nollprov och har här testat olika strategier. Vi har tagit prov genom att håva med en bägare i tanken då vi tillrett sprutvätskan och vi har testat att blanda preparatet med en mindre mängd vatten i en spann och ta nollprovet ur denna. Ibland har vi fått ofattbart få groende sporer i dessa prov ibland har vi fått många gånger fler än förväntat. Att vi inte lyckats få representativa nollprov har givetvis försvårat tolkningen av resultaten.

Redan tidigt under preparatstudierna stötte vi på problematiken med att det var omöjligt att jämföra olika koncentrationer i en spädningsserie. Andelen groende sporer ökade ju fler spädningsssteg serien innehåll. Det förefaller anmärkningsvärt att det skulle vara den faktiska andelen groende sporer som ökat. Med ganska stor sannolikhet var det så att de senare stegen i serien innehåll fler sporer vilket givetvis avspeglades vid avläsningen av plattorna. Det är svårt att finna en förklaring till varför man får med sig en större andel sporer ju fler steg man har i spädningsserien. Det förefaller som om lösningen i provrören inte varit riktigt blandad. Pipettering har skett från mittskiktet av lösningen. Det är möjligt att sporer efter omrörningen sjunker relativt snabbt så undre skiktet kommer att innehålla en högre andel sporer. Problemet med att man inte kan jämföra olika koncentrationer eftersom andelen sporer i dessa inte är ekvivalenta kan undvikas genom att man kör flera parallella spädningsserier och från dessa sprider samma koncentrationer. Det blir då möjligt att jämföra proverna eftersom de olika serierna är spädde på samma sätt.

Preparatstudie med lantbruksspruta

För att ta reda på hur lämpliga lantbrukssprutor är för applicering av biologiska preparat har vi genomfört studier jämförbara med dem vi gjort för högtryckssprutan. Inledningsvis studerade vi hur det fungerade att applicera preparatet PreFeRal. Under dessa studier hade vi stora problem med igensättning av filter och stopp i sektioner på sprutan (Figur 16 och 17). Efter detta använde vi preparatet BotaniGard.



Figur 16. Stopp i sektion på Holdersprutan.



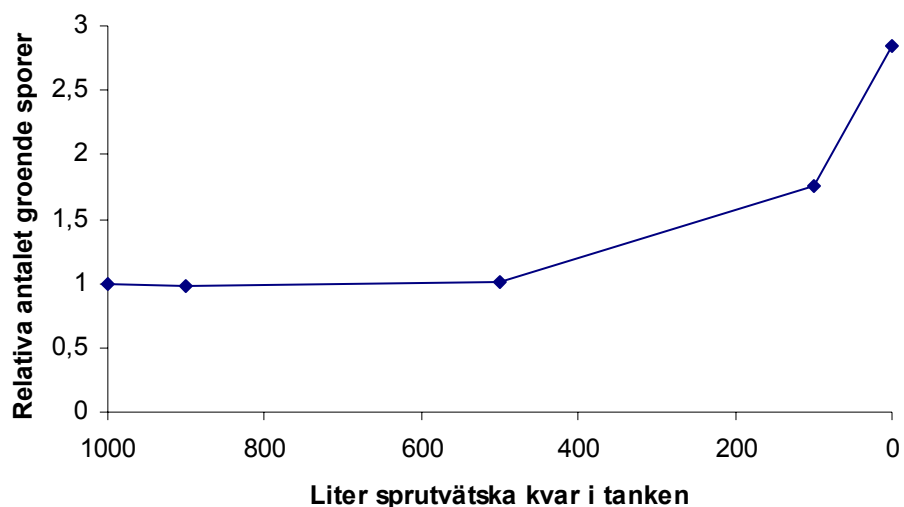
Figur 17. Filter till Holder lantbruksspruta igensatt av PreFeRal.

Material och metod

Vi har använt en Holder NK1000 (Figur 4) och applicerat medlet BotaniGard WP innehållande sporer av svampen *B. bassiana*. För att komma ifrån problemen med igensatta filter monterades dessa bort innan försöket startade. Tanken fylldes till hälften med vatten, omrörningen startades och preparatet tillsattes innan tanken fylldes upp till 1000 l. Första provet togs då tanken fyllts upp. Därefter startades utsprutningen och prov togs då det var 900, 500, 100 respektive 0 liter kvar i tanken. Proven samlades i bägare vid munstyckena. Nollprov togs i tanken. Proven späddes, spreds på agarplattor och fick tillväxa fyra dygn innan avläsning.

Resultat

Passagen genom lantbrukssprutan påverkade inte sporens vitalitet. Antalet groende sporer ökade dock mot slutet av studien då det inte var så mycket sprutvätska kvar i tanken (Figur 18). Detta tyder på att omrörningen inte riktigt klarar av att hålla jämn koncentration av preparat i tanken.



Figur 18. Relativa antalet groende sporer av *B. Bassiana* (kontrollerad=1) efter passage genom Holder lantbruksspruta.

Studie av biologisk effekt på bladlus i paprika

Vi har genomfört försök då vi applicerat BotaniGard WP mot persikobladdlus, *Myzus persicae*, i paprika. Appliceringen skedde med Micronsprutan i samma utförande som vi använt den under omrörningsstudierna. Inledningsvis genomfördes två förstudier - november 2002 respektive januari 2003.

Tyvärr blev den biologiska effekten av BotaniGard dålig i dessa inledande försök. Förväntat var att vi skulle få färre levande löss i det behandlade ledet men detta var inte fallet. Troligen grodde inte sporena under de fuktbetaingelser som rådde under försöket, det gick tyvärr inte att reglera fuktigheten i den kammare vi använde. Därför beslöt vi att fortsätta försök skulle ske i kammare med möjlighet att hålla en hög luftfuktighet under försöksperioden.

Material och metod

Försöken utfördes i kammare med möjlighet att reglera både fuktighet och temperatur. Fuktigheten hölls under försöket kring 85% RH och temperaturen på 22°C. För att säkra hög fuktighet sprutades vatten ut på fiberdukar som täckte golvet i kammaren.

Totalt ingick 150 paprikaplantor i försöket. Tre led behandlades med BotaniGard WP och tre led behandlades med vatten. Varje led bestod av 25 plantor varav 9 var provplantor och 16 kantplantor (Figur 19 och 20). Planthöjden var 30 centimeter. Plantorna placerades på golvet i kammaren under själva sprutningsproceduren, cc avstånd 20 cm. Munstyckshöjden över golvet var 55 cm.

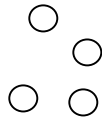
Preparatet som applicerades var BotaniGard WP, 6,82 g/6 liter vatten för att få koncentrationen 5×10^7 sporer/ml som är den koncentration vi konsekvent använt os av under våra studier. Vätskemängden som användes var 100 ml/m². Flödet ut var 162 ml/minut. Ytan som behandlades var 4,5 m²

Lössen placerades ut i stora glaspetriskålar, ett par hundra i varje, som placerades mellan de olika leden under behandlingarna (Figur 19 och 20). Då appliceringen skett placerades 10 löss per provplanta ut med hjälp av en liten pensel. Avläsning skedde tre respektive sex dagar efter applicering. För att säkerställa sporenas vitalitet togs prov på sprutvätskan för spridning på agarplattor (PDA).



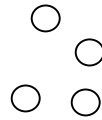
Figur 19. Försökupställning för test av biologisk effekt av *B. bassiana* på *M. persicae*.

x x x x x
 x 1 2 3 x
 x 4 5 6 x
 x 7 8 9 x
 x x x x x



Led 1

x x x x x
 x 1 2 3 x
 x 4 5 6 x
 x 7 8 9 x
 x x x x x



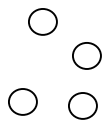
Led 2

x x x x x
 x 1 2 3 x
 x 4 5 6 x
 x 7 8 9 x
 x x x x x

Led 3

Här har jag gått under sprutningen!

x kantplantor
 1-9 lusplantor i varje led



Petriskålar med massvis av löss!

Figur 20. Försöksuppställning för studie av biologisk effekt på bladlus i paprika. Tre led behandlades med BotaniGard WP och tre led behandlades med vatten.

Resultat

Vi hade problem med att hålla den önskade fuktigheten i kammaren under dygnets varmaste timmar. Vi hade också problem med att lössen reproducerade sig under försökets gång. Därför tvingades vi under avläsningen skilja mellan stora löss (de vi flyttat till plantorna) och små löss (deras barn).

Effekten av behandling med *Beauveria bassiana* genom Micronspruta var signifikant jämfört om alla bladlöss räknades med. För små bladlöss så skiljde sig inte antalet bladlöss per planta åt signifikant (P-värde 0,594). För stora bladlöss var signifikansen lika stor som för totala antalet bladlöss (***, med p-värden på 0,000 jämfört med 0,0002). Plantplaceringen hade ingen signifikant effekt på den biologiska effekten av svampen.

Vitaliteten var god baserat på den provtagning som gjordes på sprutvätskan.

Diskussion

Vi valde att ha lössen i petriskålar för att vara säkra på att de verkligen blev träffade av sprutvätskan. Givetvis kan det diskuteras hur realistiskt detta är men i detta fall var det ju den biologiska effekten vi avsåg testa.

Det hade varit intressant att jämföra med andra behandlingar som t.ex. sprutning med högtryckssprutan och duschflaska med samma dos av konidier per ytenhet. Något att ev. tänka på om vi skulle fortsätta göra studier med Botanigard/Beauveria. Effekten blev i genomsnitt 37% på det totala antalet bladlöss. Effekten är lite låg för att vara tillfredsställande. Dock måste man betänka att vi endast genomförde en behandling. Då det gäller biologiska preparat bör upprepade behandlingar ske för att man ska få tillfredsställande effekt.

Studier av tryck och olika typer av munstycken

Vi har studerat hur tre olika typer av munstycken inverkar på sporerens vitalitet.

Material och metod

Test med virvelkammarmunstycken

För högtryckssprutan avsedd för växthusbruk (Figur 1) undersökte vi fyra olika virvelkammarmunstycken (0,6, 0,8, 1,0 och 1,2 mm diameter) vid trycket 30 bar. För att studera tryckets inverkan på vitaliteten använde vi 0,8 mm munstycken. Tre olika tryck - 8, 30 och 50 bar användes. Preparatet var Botanicgard ES under alla studierna.

Trettio liter sprutvätska tillreddes enligt anvisning på förpackningen. Koncentrationen var under försöket 5×10^7 sporer/ml sprutvätska. Utsprutning av preparatet startade och prover samlades upp i bägare. Nollprov togs genom tappslang ansluten mellan utsuget och pumpen. Spädning av proverna skedde med autoklaverat vatten till för plattspridning lämpliga koncentrationer. Vätskan spreds på potatisdextrosagarplattor vilka placerades i värmeskåp (29°C) och avlästes efter fyra dygn. Genom att räkna antalet kolonier fick vi genom sporerens vitalitet ett mått på munstyckets lämplighet.

Test med spaltspridare

En specialbyggd miniramp med spaltspridare kopplades till högtryckssprutan. På rampen satte vi tre olika spridarstorlekar – orange 01, blå 03 och grå 06 (spridarna har flödena 0,4, 1,2 respektive 2,4 liter/minut). Vi testade munstyckena vid 3 bars tryck.

Övrigt enligt ovan.

Test med roterande spridare

Under denna studie använde vi oss av Micron (Figur 2) i samma utförande som den finns beskriven då vi testade dess omrörningskapacitet med hjälp av kopparoxyklorid-lösningen. Preparatet var BotaniGard ES, 5×10^7 sporer/ml sprutvätska. Flödet genom munstycket var under försöket 160 ml/minut. Omröraren roterade med 50 varv/minut. Provtagningen skedde genom uppsamling i ett stort mätglas under 30 sekunder. Detta prov delades snabbt upp på tre mindre bägare. Kontrollproven togs genom att vi lät vätskan rinna rakt igenom munstycket utan att detta roterade. Först tog vi ett kontrollprov därefter prov nummer 1 och därefter ett kontrollprov till. Efter detta lät vi

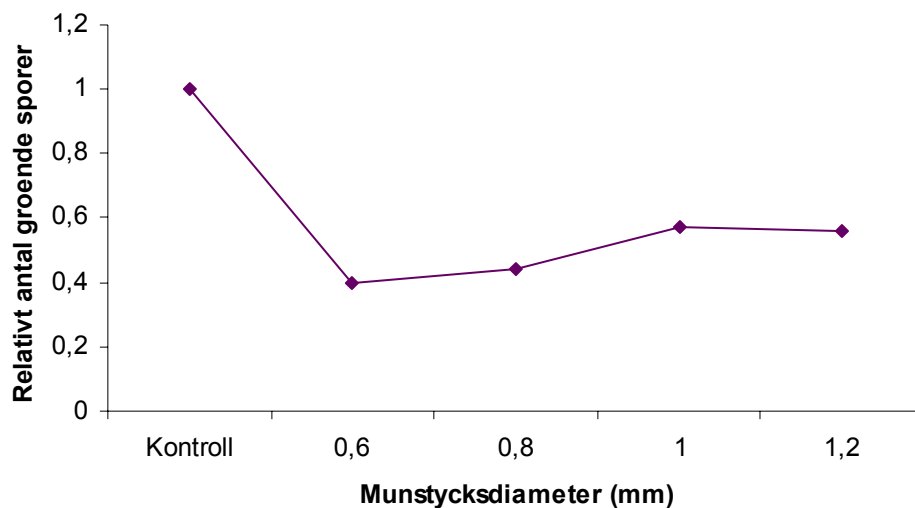
omröraren gå under 30 minuter utan att vi sprutade ut någon vätska. Därefter tog vi prov 2 och slutligen ett sista kontrollprov.

Spädning och plattspridning enligt ovan.

Resultat

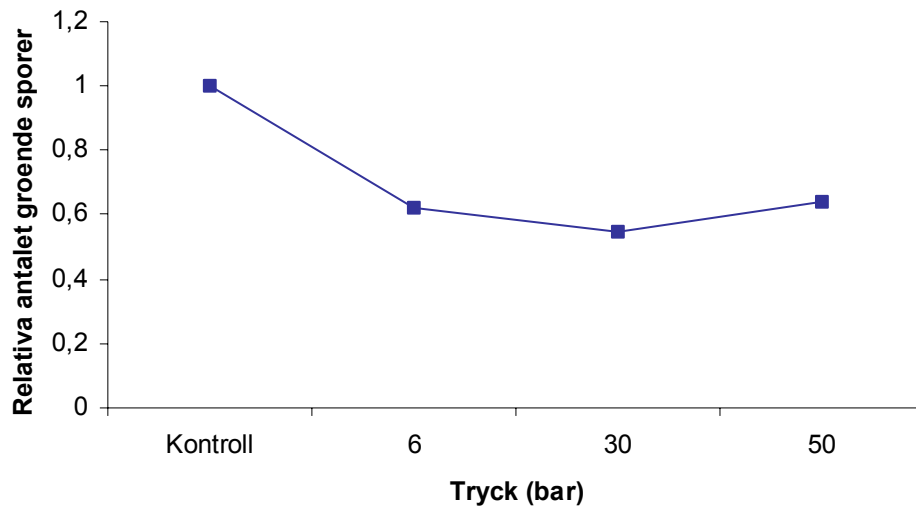
Virvelkammarmunstycken

Sprutvätskans passage genom munstyckena resulterade i lägre vitalitet (ANOVA, ***) hos sporererna än för de sporer som inte passerade ut genom munstycken (Figur 21).



Figur 21. Figuren visar relativa antalet groende sporer av *B. bassiana* (kontroll=1) efter passage genom virvelkammarmunstycken av olika storlek. Trycket under studien var 30 bar.

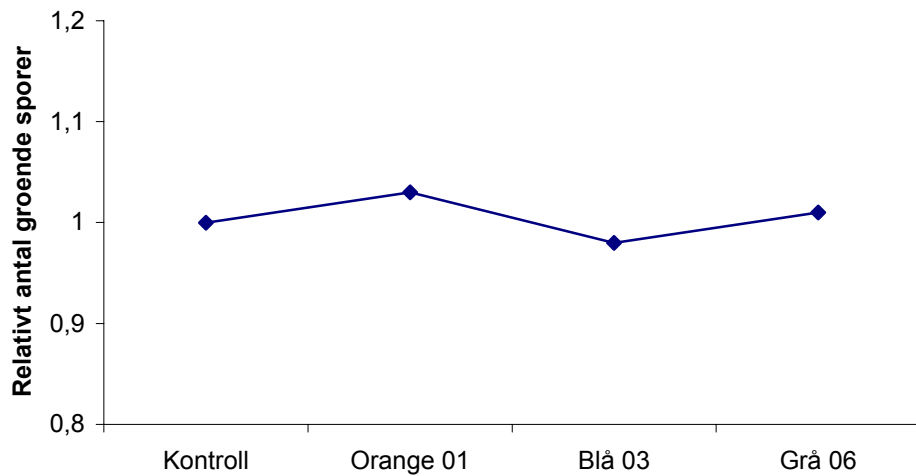
Detta gällde för alla munstycksdiametrar. Ingen signifikant skillnad i påverkan på sporer av *B. bassiana* noterades dock mellan de olika munstycksstorlekarna. Vitaliteten för sporererna som passerat 0,8 mm spridaren var oberoende av trycket (Figur 22).



Figur 22. Relativa antalet groende sporer av *B. bassiana* (kontrollerad=1) efter passage genom 0.8 mm virvelkammarmunstycken vid olika tryck

Spaltspridare

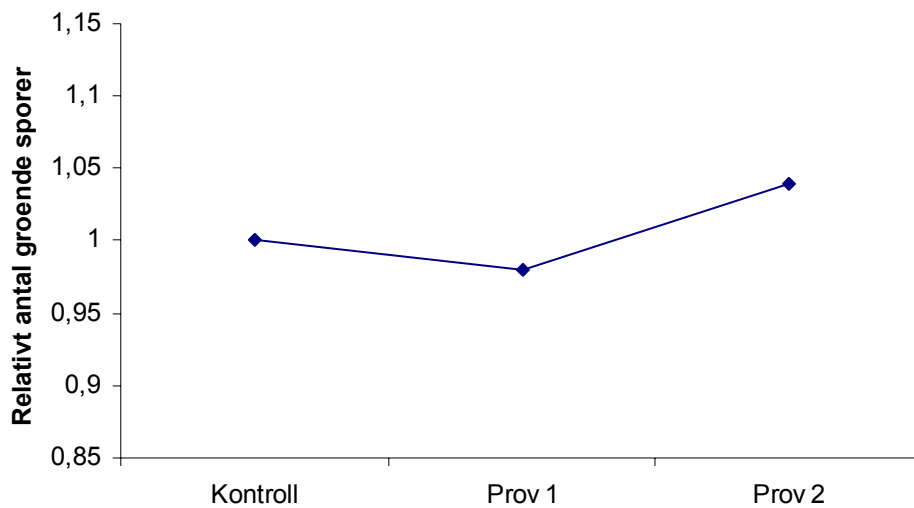
De testade spaltspridarna påverkade inte sporer vitalitet (Figur 23).



Figur 23. Figuren visar relativa antalet groende sporer av *B. bassiana* (kontrollerad=1) efter passage genom spaltspridare av olika storlek. Trycket under studien var 6 bar.

Roterande spridare

Micronsprutans spridningsanordning i form av en roterande skiva där preparatet förs ner och sprids ut med hjälp av centrifugalkraften sänkte inte vitaliteten hos sporererna (Figur 24).



Figur 24. Relativa antalet groende sporer av *B. Bassiana* (kontrollet=1) efter passage genom Micronsprutan med roterande spridare.

Diskussion

Munstycksstorlek och det tryck vi använde oss av hade inte någon negativ inverkan på sporererna av *B. Bassiana* under försöken med spaltspridare och roterande spridare. Högtryckssprutans virvelkammarmunstycken minskade däremot sporerernas vitalitet även vid så låga tryck som 8 bar. Ett alternativ för växthus skulle kunna vara att bygga en sprutramp med antingen spaltspridare eller roterande spridare. Rampen skulle kunna arbeta vid relativt låga tryck om man försåg den med luftassistans som öppnade upp lite i bestånden precis då den passerade.

Temperaturens påverkan på grobarhet

Omrörningen i en högtrycksspruta uppkommer genom att sprutvätskan pumpas ut ur tanken för att sedan åter pumpas tillbaka in i tanken. Detta sker normalt med en elektrisk pump vilken alstrar värme. En del av denna värme överförs till sprutvätskan vars temperatur ökar. Om man pumpar runt sprutvätskan länge kan dess temperatur bli så hög att sporer skadas. För att undersöka hur höga temperaturer sporer av *Verticillium lecanii* tål genomfördes en laborativ studie i försök att efterlikna förhållandena i spruttanken. I försöket har vi utgått från att det tar ungefär en halvtimme för odlarna att spruta ut vätskan ur tanken. Under denna tid pumpas sprutvätskan runt och temperaturen ökar.

Material och metoder

Försöket inleddes med att 30 g Mycotal blandades med 200 ml (19°C) autoklaverat vatten enligt anvisning på förpackningen. Då preparatet stått och svällt två timmar tillsattes ytterligare 2800 ml autoklaverat vatten. Lösningens koncentration var då 1%. Från denna blandning togs prover om 10 ml vilka placerades i tempererade (25, 30, 35 respektive 40°C) vattenbad under 30 minuter. Kontrollen fick stå i rumstemperatur under samma tid. I varje vattenbad placerades fyra provrör med vardera 10 ml blandning. Efter värmebehandlingen gjordes en spädningsserie från varje provrör för att erhålla, för plattspridning, lämpliga koncentrationer. De koncentrationer som spreds på potatisdextrosagar var 2 500 respektive 1 500 sporer/ml. På varje platta spreds 0,2 ml lösning. Anledningen till att två koncentrationer spreds på plattor var osäkerhet på hur stor grobarheten skulle vara vid de högre temperaturerna. Agarplattorna placerades i värmeskåp (29°C) och avlästes efter fyra dygn. Då det laborativa i denna studie var omfattande kunde inte hela försöket utföras under samma dag. Andra försöksdagen blandades ny testlösning och nya kontroller fick tas ut.

Resultat

Det var fullt möjligt att avläsa båda koncentrationerna. Men eftersom vi, under preparatstudierna, funnit att man inte kan jämföra olika koncentrationer har rådata behandlats var för sig.

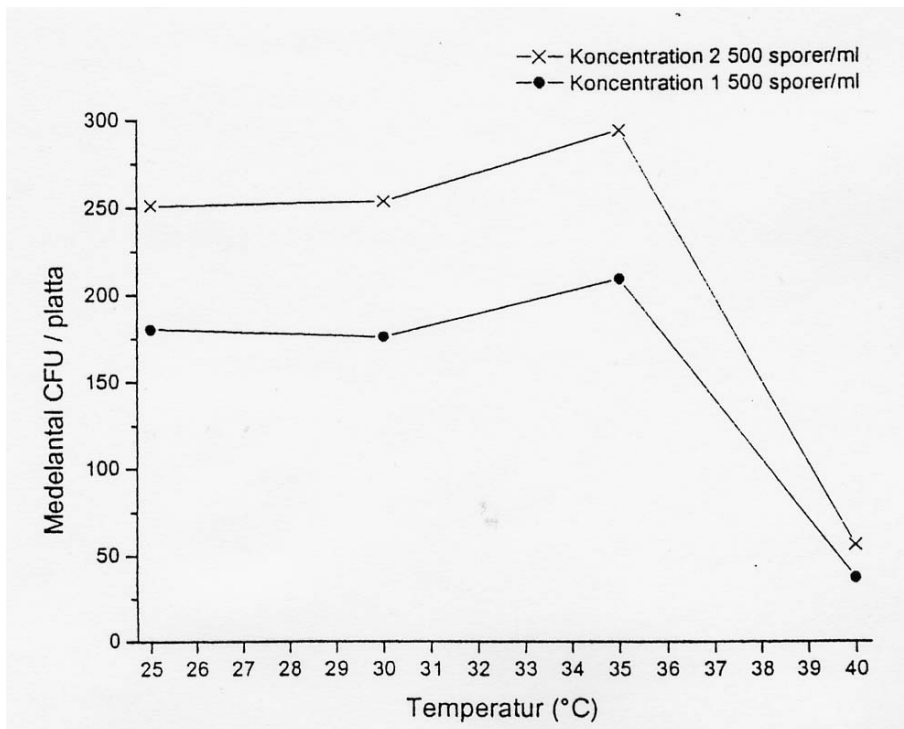
Resultatet, för koncentrationen 2500 sporer/ml, av ANOVA (Tukey's pairwise comparisons och Fisher's pairwise comparisons) visar att grobarheten är signifikant högre

(*) för sporer som befunnit sig i vattenbad med temperaturen 35°C jämfört med sporer i kontrollerdet (Tabell 1). Mellan kontrollerden och behandlingarna 25°C och 30°C finns inga signifikanta skillnader. Slutligen finner man att grobarheten är signifikant lägre (*) hos sporer som utsatts för 40°C (Tabell 1 och Figur 25).

Tabell 1. Resultatet av temperaturstudien med *V. lecanii* - koncentrationen 2 500 sporer/ml. Behandlingar med olika bokstav är signifikant (*) skilda enligt Tukey´s och Fisher´s pairwise comparisons.

| | Behandling | Medelvärde (CFU/platta) |
|---|--------------------|--------------------------------|
| A | 35°C | 293 |
| B | Kontroll Provdag 2 | 261 |
| B | 30°C | 253 |
| B | Kontroll Provdag 1 | 251 ** |
| B | 25°C | 251 |
| C | 40°C | 55 |

** markerar att två plattor kasserats



Figur 25. Resultaten av temperaturstudien. Figuren visar antalet CFU/platta i de olika behandlingarna.

Resultatet är detsamma för koncentrationen 1500 sporer/ml med undantag av att man här, trots att man ser trenden, inte kan säkerställa en signifikant skillnad mellan kontrollet och behandlingen med 35°C (Figur 25).

Diskussion

Temperaturstudien med *V. lecanii* visade att sporer som utsatts för 40°C grov i betydligt mindre utsträckning än sporer i kontrollet och led med lägre temperaturer. Då man applicerar biologiska preparat baserade på *V. lecanii* bör temperaturerna i sprutvätskan alltså vara under 40°C. Givetvis spelar även tidsaspekten roll i sammanhanget. Det är möjligt att sporer klarar 40°C under en kortare tid än 30 minuter utan att förlora i grobarhet. På samma sätt är det möjligt att 35°C under längre tider än 30 minuter är skadligt. Risker för att vätskan skall nå för sporer skadliga temperaturer, ökar givetvis om det är varmt i växthus eller om man endast har en liten mängd vätska i tanken. Slutsatsen blir att man bör utgå från relativt kallt vatten då man bereder brukslösningen. Vattnet får dock inte vara för kallt eftersom det då kan vara svårt att lösa formuleringen. Man bör kontrollera vad tillverkarna rekommenderar för temperatur.

Temperaturstudie, ökning i sprutvätska

För att kunna sluta sig till om svampsporererna skadas av omrörningen eller av temperaturen i högtryckssprutan var det nödvändigt att kontrollera hur mycket temperaturen ökar under en körning. Då vi önskar få ett mått endast på omrörningens påverkan måste vi kunna utgå från att temperaturen inte påverkar sporererna. I denna studie önskas svar på frågan hur mycket temperaturen stiger i sprutvätskan under en halvtimmes körning med 30 liter samt under en timmes körning med 100 respektive 200 liter. Stiger temperaturen till för sporererna skadliga nivåer?

Material och metoder

I tanken fylldes 30 liter vatten. Utgångstemperaturen mättes, sprutan startades och ytterligare temperaturmätningar skedde efter 2, 10, 20 och 30 minuter. För att efterlikna en praktisk bekämpningssituation sprutade vi ut vatten under delar av försöket (0-2, 9,5-10 och 29,5-30 minuter). Pumpning skedde alltså under hela försöket medan sprutning endast skedde under delar av studien. Försöket upprepades två gånger. Lufttemperaturen noterades.

För att kunna beräkna hur mycket vatten som finns kvar i tanken vid respektive tid under försöket måste man känna till sprutans flöde. För att kontrollera detta uppsamlades det utsprutade vattnet under 30 sekunder varefter det vägdes. Försöket upprepades fyra gånger.

I försöken med vätskevolymen 100 l mättes temperaturen vid start samt efter 2, 10, 20, 30, 45 och 60 minuter. I försöken med vätskevolymen 200 l mättes temperaturen vid start samt efter 10, 30 och 60 minuter. Under dessa försök skedde ingen utsprutning av vatten utan endast pumpning. Försöken upprepades två gånger med respektive volym.

Resultat

Under försöken med vattenvolymen 30 liter steg vattnets temperatur med 5,9°C i första omgången och med 7,1°C i andra omgången. Temperaturen var 19,5 respektive 19,7°C vid start. Lufttemperaturen var 21,5°C. Flödet uppmättes till 9,18 liter/minut, vilket innebär att sprutvätskan pumpades runt 47 gånger under försöket och att det vid försökets slut endast fanns 2,5 liter vätska kvar i tanken. Om man inte sprutat ut någon vätska hade vätskan pumpats runt 13 gånger under en halvtimme.

Då vattenvolymin i tanken var 100 liter höjdes temperaturen 2,3°C under en timmes pumpning. De båda försöksomgångarna gav samma resultat. Vätskan har under försöket pumpats runt 7,8 gånger. Vattentemperaturerna var 19,2 respektive 19,3°C vid start. Omgivande lufttemperatur var 21,6°C.

Pumpens värmeutveckling påverkar inte sprutvätskans temperatur speciellt mycket då volymen är så stor som 200 liter. Temperaturen höjdes endast 1,2°C under loppet av en timme. Resultatet blev detsamma under de båda försöksomgångarna. Vätskan har då pumpats runt 3,9 gånger. Vattentemperaturen var 19,3 respektive 19,4°C vid start. Lufttemperaturen var 21,6°C.

Diskussion

Värmeenergin från pumpen överförs till sprutvätskan vilket medför att temperaturen i denna stiger. Temperaturhöjningens storlek är således beroende på pumpens värmeutveckling men även på hur många gånger vätskan pumpas runt i systemet. Risken för negativ påverkan på sporer pga höga temperaturer är alltså större mot slutet av appliceringsarbetet eftersom det då är lite vätska kvar i tanken.

Anledningen till att vi erhöll en större temperaturökning i andra omgången är troligen att pumpen var varm redan då vi startade denna omgång. Temperaturhöjningar på sex till sju grader är ganska mycket speciellt med tanke på att temperaturen i försökslokalen endast var dryga 20°C. Om försöket utförts i ett soligt växthus hade temperaturhöjningarna troligen varit betydligt större.

Det är alltså viktigt att tänka på att appliceringen bör gå så snabbt som möjligt för att temperaturen inte skall stiga så mycket. Med avseende på temperaturökningen bör man således inte lämna sprutan och låta pumpen stå på om man pausar under appliceringen. Stänger man av pumpen kommer dock preparatet att sedimentera och det kan, som vi tidigare visat, bli problem att röra upp den igen. Slutsatsen är att appliceringen bör ske snabbt utan pauser för att hålla temperaturerna låga och förhindra sedimentering.

Studier av användning av filter till biologiska preparat

För att se hur de biologiska preparaten samverkar med olika typer och storlekar av filter gjordes ett par olika studier. Inledande studier gjordes med en testspruta med självrensande filter. För Wanjetsprutan har vi valt att bara ta bort filtret enligt preparatförsäljarens rekommendationer. För lantbrukssprutorna har vi testat vilken filterstorlek som är möjlig att använda utan att filtren och munstyckena sätts igen.

Material och metod

Eventuell filterigensättning hos en Holder lantbruksspruta med 1000 liters tank testades med hjälp av preparatet PreFeRal, (*Paecilomyces fumosoroseus*). Sugfiltret (mellan tank och pump) var på 30 mesh medan de olika sektionerna var utrustade med olika munstycken och filter för att kunna testa olika storlekar (Tabell 2). Tryck var under försöket 3 bar. Sprutvätskan tillreddes enligt rekommendationer på förpackningen. Tanken fylldes till hälften, omrörningen startades och preparatet tillsattes innan tanken fylldes upp.

Tabell 2. Indelning av sprutramp med Hardis munstycken ISO F 110 SYNTAL och uppgifter om filter under studien angående användning av filter till biologiska formuleringar.

| Sektion | Antal munstycken | Munstycken och munstycksfilter | Sektionsfilter |
|----------------------------------|------------------|--|----------------|
| V1 (längst till vänster) | 3 | 3 st 04 röd varav 2 st utan och 1 st med 80-mesh filter | 80 mesh |
| V2 (till vänster om mittsektion) | 6 | 3 st 03 blå varav 2 st utan och ett med 80-meshfilter 3 st 04 röd varav 2 utan och 1 st med 50-meshfilter | inget |
| Mitt | 6 | 3 st 05 brun varav 2 utan och 1 med 50-meshfilter 3 st grå varav 2 st utan och 1 st med 50-meshfilter | inget |
| H2 (höger om mittsektion) | 6 | 3 st 03 blå varav 2 st utan och 1 st med 80-meshfilter 3 st 03 röd varav 2 st utan och 1 st med 50-meshfilter | 50 mesh |
| H1 (längst till höger) | 3 | 3 st 03 blå varav 2 st utan och 1 st med 80-meshfilter | inget |

Resultat

Filter med en täthet på 80 mesh (maskstorlek 0,33 mm) sattes igen (Figur 16 och 17) medan 50 mesh filter (maskstorlek 0,50 mm) klarade av att släppa igenom preparatet till rampsektionerna på sprutan.

Diskussion

Det är inte helt problemfritt att applicera biologiska preparat med konventionell sprututrustning. Problemen med igensättning var inte förvånande och hade indikerats redan under våra omrörningsstudier med kopparoxykloridlösningen. Givetvis finns det skillnader mellan olika preparat. PreFeRal som vi använt i denna studie är ganska grov i sin formulering. Man skulle kunna jämföra formuleringen med grahamsmjöl. Det finns stora partiklar i bärarmediet som ställer till problem.

Sammanfattande diskussion

Viabiliteten hos svampsporer efter att de passerat genom appliceringsutrustningen påverkas av ett flertal faktorer. Mot slutet av appliceringen höjs temperaturen och kan överskrida den gräns då sporens vitalitet påverkas negativt med minskad eller utebliven groningen och försämrade infektionsförmåga som följd. Den mekaniska stress sporena utsätts för vid passage genom de hydrauliska munstyckena bidrar även den till minskad sporviabilitet och i sämsta fall utebliven infektion och därmed uteblivet bekämpningsresultat. Även själva pumpningsproceduren kan ha negativ inverkan på sporens grobarhet. Vi har tyvärr inte kunnat klarlägga hur stor del av skadan som är en effekt av temperaturhöjning och hur stor del som härrör från den mekaniska stressen av att sporena pumpas runt upprepade gånger. Temperatureffekten är signifikant men det behövs ytterligare studier för ökad förståelse för hur stor påverkan pumpens mekaniska effekt påverkar viabilitetssänkningen.

Värmen som alstras av sprututrustningen och överförs till sprutvätskan då vi har 100 eller 200 liter i tanken beräknas till 1000 kJ då pumpningen pågår i 60 minuter. Då det gäller mindre vattenvolymer, i vårt fall 30 liter, överförs en mindre del av värmen till sprutvätskan och mer går förlorat till omgivningen i annat fall skulle temperaturhöjningen ha varit 8°C istället för 6,5°C som temperaturen nu höjdes i snitt under dessa körningar. Dessa resultat indikerar att det inte bör vara några problem med minskad vitalitet då man applicerar sprutvätskan från en full tank (300 l) och startar med temperaturen 20°C. Temperaturen kommer inte att stiga över 25°C under förutsättning att appliceringsarbetet inte tar mer än 60 minuter. Då det gäller *V. lecanii* vet vi att sporens grobarhet inte påverkas negativt av 30°C men av 40°C. Den mest kritiska perioden för sporena är då vätskemängden i tanken är liten. Dels är det liten volym som ska ta hand om de producerade värmen dels pumpas sporena många gånger genom den hydrauliska pumpen.

Varken trycket eller munstycksstorleken hade negativ inverkan på viabiliteten hos sporena av *B. bassiana* under försöken med spaltspridarmunstyckena. Detta visar att vanliga lantbruksmunstyckena kan användas för applicering av biologiska preparat vid tryck upp till 3 bar. Trycket som används vid applicering med högtryckssprutan bidrar dock till minskad vitalitet hos sporena. Även vid så låga tryck som 8 bar fann vi en signifikant minskning i grobarhet hos sporena jämfört med kontrollproven som togs i

tanken eller från en spann innan i försöksstart. Dessa resultat indikerar att högtryckssprutor inte lämpar sig speciellt väl för applicering av biologiska preparat.

Vi har under projektets gång haft stora problem med att tillverkarnas uppgifter om antalet CFU i formuleringarna inte alls stämt överens med det antal groende sporer vi fått i våra studier. Stora variationer i formuleringarnas koncentration av CFU har försvårat tolkningen av resultaten under studierna. Variationerna gör det svårt att kontrollerad antalet sporer som appliceras per ytenhet. Det förefaller som om industrins kvalitetsbedömning är något bristfällig och kanske behöver utvecklas vidare.

Formuleringstypen är viktig då det gäller hur lätt det är att åstadkomma en homogen koncentration av sporer i tanken. BotaniGard ES och WP visade sig under vår studie vara betydligt lättare att hålla i homogen koncentration än PreFeRal och Mycotal. Detta visar dels att formuleringstypen och bärarmediet är av stor betydelse, dels att omrörningen i högtryckssprutan behöver förbättras för att fungera optimalt för alla typer av preparat.

Det står klart att det behövs ytterligare forskning för att finna lösningar som passar bättre för applicering av biologiska preparat. I detta arbete måste målet vara att i första hand anpassa den utrustning som odlarna har tillgänglig så att den kan användas både för applicering av kemiska och biologiska preparat. Detta ställer givetvis krav på god hygien och goda tvättrutiner men det är inge omöjlig kombination. I andra hand kommer utveckling av sprutor som är helt anpassade för att applicera biologiska preparat. Dessa sprutor måste ha effektiv men skonsam omrörning, kanske i form av en stor långsamgående propeller som sveper runt en stor del av volymen på en gång. Det är viktigt att propellerbladen sveper relativt nära botten av tanken för att undvika sedimentation. Tankens utformning är en ytterligare faktor man har att arbeta med för att undvika sedimentering. Sprutan måste vidare arbeta vid låga tryck men ändå leverera droppar i ett lämpligt spektra.

En spruta som genererar dropparna med hjälp av en roterande skiva har i våra studier visat sig skonsam mot organismerna. Problemet med denna spruta är att den i originalutförande helt saknar omrörning vilket naturligtvis inte är förenligt med god applicering av slammande biologiska preparat. I nuvarande utförande passar sprutan dessutom endast för applicering av små arealer. Roterande spridare har dock potential att

utvecklas för användning på större arealer. Detta kan ske genom att man monterar flera spridare på en bom med någon typ av luftassistans som öppnar upp beståndet.

Då det gäller större arealer ställs det krav på snabb applicering eftersom tid är pengar. I dagsläget använder de flesta växthusodlare högtryckssprutor för applicering av stora ytor. En del odlare har monterat bevattningsbommar som även kan användas för applicering av bekämpningsmedel. En av dess fördelar är att man kan använda sig av relativt låga tryck.

Den hydrauliska högtryckssprutans omrörning fungerar i originalutförande genom återspolningsprincipen. Överskottsvattnet från sprutans pump spolas tillbaka in i tanken. Denna omrörning visade sig under våra studier inte vara tillräcklig för att hålla preparaten i homogen koncentration. Inte heller hjälpte det att vi monterade en slang med två munstycken på återspolningsinloppet. Då vi använde oss av en extra mekanisk omrörare hade vi inga problem med sedimentation och ojämn koncentration.

Omrörningen hos lantbrukssprutorna visade sig fungera bra i dels i omrörningstesterna med kopparoxykloid men även i preparattesterna. Denna typ av sprutor har en rekommenderad pumpkapacitet på minst 5% av hela tankvolymen varje minut vilket ger en acceptabel omrörningseffekt. I själva verket ligger Hardisprutan på 16% och Holdersprutan på 14% av tankvolymen i omrörningskapacitet. Högtryckssprutans pumpkapacitet är bara en tredjedel så stor som lantbrukssprutornas vilket givetvis är en bidragande orsak till de stora skillnaderna i omrörningseffektivitet.

I originalutförande har den roterande spridaren ingen omrörning alls. Under våra tester använde vi oss av en speciallösning med en extra tank med omrörning. Omrörningen visade sig under testen med kopparoxyklorid vara något undermålig. Den klarade inte att röra upp kopparoxykloriden på nytt då lösningen sedimenterat under natten. Det står klart att vi behöver jobba ytterligare för att finna lämpligt omrörningssätt i denna spruta som beträffande droppalstringsmetod lämpar sig mycket väl för spridning av biologiska preparat.

Omrörningsproblematiken återkommer då man tittar på traditionella ryggsprutor där det också gäller att skaka manuellt för att få cirkulation i tanken. Här behövs verkligen ett utvecklingsarbete för att få dessa typer av sprutor funktionella för biologiska preparat.

Att modifiera och vidareutveckla olika formuleringstyper kan vara en möjlig väg att gå mot målet att erhålla jämn koncentration av CFU i sprutvätskan. Svampen *Metarhizium* används t ex tillsammans med en oljebaserad formulering. *Metarhizium* har liksom *Beauveria bassiana* lipofila cellväggar vilket gör det mera lämpligt att använda oljebaserade än vattenbaserade formuleringar.

Slutsatser

- Biologiskt baserade preparat ställer speciella krav på såväl biotiska som abiotiska faktorer. För att uppnå ett acceptabelt bekämpningsresultat krävs givetvis gynnsamma klimatiska förhållanden t ex lämplig temperatur och fuktighet. Olika organismer ställer olika krav på omgivningen för att fortleva. Dessutom krävs skonsam hantering av organismerna. Utnyttjandet av biologiska preparat kräver anpassning av appliceringstekniken. För att bekämpningen skall fungera tillfredsställande måste man ta hänsyn till att det är levande organismer man arbetar med.
- De fysiska metoder som används vid appliceringen måste vara skonsamma men effektiva. Täckningen måste bli god och metoden måste vara kostnadseffektiv.
- Temperaturen i spruttanken får inte stiga till för nyttoorganismerna skadliga nivåer. I våra studier har vi funnit att svampen *Verticillium lecanii* inte klarar att utsättas för 40°C under en halvtimme. Problemet med höga vätsketemperaturer kan man delvis komma till rätta med genom att utgå från relativt kallt vatten då man bereder sprutvätskan. Använder man för kallt vatten kan det dock vara svårt att lösa formuleringen. Man bör kontrollera vad tillverkarna rekommenderar.
- Man skall tänka på att vara relativt snabb under appliceringen och undvika att pumpen går under långa stunder då man inte applicerar. Pumpen alstrar nämligen värme som överförs till sprutvätskan. För höga temperaturer är skadligt för organismerna.
- De biologiska preparaten kan skadas av passagen genom munstyckena på en högtrycksspruta. Under våra studier har vi funnit att vitaliteten hos de svampbaserade preparat vi använt minskar vid passage genom virvelkammarmunstyckena på sprutan Wanjet HP 300. Detta problem bör man kunna minska genom att sänka trycket under förutsättning att detta inte inverkar alltför negativt på droppbildningen och spridningsbildningen över målytan.
- Omrörningseffektiviteten hos Wanjetsprutan med originalomrörning är inte tillräcklig för att hålla testsubstansen kopparsykeoxid i homogen koncentration.

Sprutans undermåliga omgörningskapacitet styrks av de preparatstudier vi gjort med denna. Problemen med att få effektiv och jämn omrörning var under våra studier större än problemen med skadade sporer.

- Metoden att alstra droppar med hjälp av en roterande skiva har under våra studier visat sig skonsam för nyttoorganismer. Den spruta med roterande spridare (Micron Ulva +) vi studerat fungerade bra bortsett från att den måste utrustas med någon lämplig omrörning. Roterande spridare skulle kunna användas i större skala t ex med flera spridare monterade på en ramp.
- Den droppalstrings- och omrörningsteknik som används i lantbrukssprutor är mera lämplig för applicering av biologiska preparat än den teknik som används i den högtrycksspruta som ingått i studien. Lantbrukssprutor har en effektivare omrörning som samtidigt är skonsam för organismerna.
- Spaltspridare har under studien visat sig lämpliga för spridning av biologiska preparat under låga tryck.
- Vid användning av lantbrukssprutor kan det vara problem med att filterna sätts igen av preparatens bärarmedium. Det kan därför vara en god idé att montera bort filterna vid applicering av biologiska preparat. De studier som vi genomfört med preparatet PreFeRal har visat att det fungerar att använda 50-mesh-filter men inte 80-mesh-filter. Givetvis är igensättningen beroende av formuleringstyp och problemen varierar därmed mellan olika preparat.
- Ytterligare studier behövs för att belysa problematiken från andra synvinklar. Det skulle t ex vara intressant att jämföra olika typer av formuleringar beträffande deras krav på omrörning och deras eventuella igensättning av munstycken. Vidare behöver olika tekniker för skonsam men effektiv omrörning utvärderas. Avsättningsstudier behöver genomföras för att få en bättre uppfattning om hur den biologiska effekten påverkas av bristfällig täckning. Vi har tankar om hur vi med hjälp av den kunskap vi nått genom detta projekt tillsammans med utnyttjande av befintlig teknik inom andra områden skulle kunna finna lösningar som bättre passar för applicering av biologiskt material, än den teknik som utnyttjas idag.

Slutord

Genom att i möjlig mån anpassa befintlig appliceringsapparat alternativt utveckla för biologiska preparat lämpligare appliceringsmetoder bör man i högre grad kunna ta hänsyn till de speciella miljökrav dessa organismer ställer. Detta kommer förhoppningsvis att medföra en effektivare bekämpning vilket bör göra biologiska preparat attraktivare. Detta kommer i sin tur att medverka till minskad användning av kemiska medel vilket medför förbättrad arbetsmiljö och minskad risk för negativ miljöpåverkan. Faktum är att det idag finns få biologiska preparat på marknaden jämfört med hur många effektiva organismer man känner till. Detta kan delvis bero på att användarna förväntat sig kunna applicera biologiska preparat på samma sätt som de applicerar kemikalier. Då inte detta fungerar tillfredsställande svalnar deras intresse för de biologiska preparaten. Slutsatsen blir att användandet av biologiska preparat troligen skulle öka om budskapen om hur man på bästa sätt hanterar dem förmedlades till odlarna.

Trots att system helt utan kemikalier troligen ligger mycket långt i framtiden står det helt klart att biologiska preparat har en framtid. Redan i dagsläget skulle det vara möjligt att använda biologiska alternativ i större utsträckning. Att bekämpa med biologiska medel kräver dock, i vissa avseenden, större kunskap. Odlarna måste ha bättre kontroll på nivåerna av skadegörare eftersom preparaten ofta skall sättas in tidigare än kemiska medel. Det krävs även kunskap för att, med den idag tillgängliga sprututrustningen, klara att applicera de biologiska preparaten utan att dess grobarhet och livsduglighet försämras. Omrörningen kan vara otillräcklig med slammande preparat i botten av tanken vilket ger ojämn applicering. Nyare former av appliceringsutrustning skulle behövas för att kunna ta vara på den potential de biologiska medlen faktiskt har. Det vore synd om appliceringstekniken i framtiden skulle vara den begränsande faktorn vid utvecklandet av användbara biologiska preparat. Fortsatta studier inom området är nödvändiga eftersom det tyvärr inte finns mycket dokumenterad forskning rörande applicering av biologiska preparat. Intressanta aspekter skulle kunna vara: hur preparaten bäst bör vara formulerade för att vara lätta att applicera med goda resultat, om biologiska preparat verkligen bidrar till förbättrad arbetsmiljö, utvecklande av appliceringsmetoder - omrörning, droppalstring och pumpning - som inte skadar nyttoorganismerna och utvärdering av vilka appliceringsmetoder som ger bästa täckningen.

Litteraturförteckning

Skriftliga källor

- AGRIOS, G. N.. 1997. Plant Pathology. 4:th ed. Academic Press. San Diego.
- BATEMAN, R. P., CAREY, M., MOORE, D. AND PRIOR, C.. 1993. The enhanced infectivity of *Metarhizium flavoviride* in oil formulation to desert locusts at low humidities. *Annals of Applied Biology*. 122:145-152.
- BATEMAN, R. P., DOURO-KPINDOU, O. K., KOOYMAN, C., LOMER, C. AND OUAMBAMA, Z.. 1998. Some observations on the dose transfer of mycoinsecticide sprays to desert locusts. *Crop Protection*. 17(2):151-158.
- BIOBEST. År okänt. Technical Use Bulletin. PreFeRal WG.
- BIOBEST. 1999. PreFeRal WG - Biological insecticide. Fax.
- CMI. COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE. *Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. Verticillium lecanii, Paecilomyces fumosoroseus and Beauveria bassiana*. England. (Faktablad om olika svampar och bakterier)
- DANFOIL – DEN DANSKE LUFTSPRØJTE. År okänt. Danfoil production a/s. Løgstør Bogtryck & Offset ApS.
- DRIESCHE, R. G. VAN AND BELLOWS T. S. JR.. 1996. *Biological Control*. Chapman & Hall. New York.
- DRUMMOND, J., HEALE, J. B., AND GILLESPIE A. T.. 1987. Germination of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Annals of Applied Biology*. 111:193-201. London.

- FERRON, P.. 1977. Influence of relative humidity on the development of fungal infection caused by *Beauveria bassiana* (Fungi imperfecti, Moniliales) in imagines of *acanthoscelides obtectus* (col.: *Bruchidae*). *Entomophaga*, 22 (4), 393-396
- FIFE, J.P. DERKSEN, R.C., OZKAN, E. & GREWAL, P.S.. 2003. Effect of pressure differentials on the viability and infectivity of entomopathogenic nematodes, *Biological control* 27, 65-72.
- GIFFITHS, J. AND BATEMAN, R.. 1997. Evaluation of the Francome MkII Exhaust Nozzle Sprayer to Apply Oil-Based Formulations of *Metarhizium flavoviride* for Locust Control. *Pesticide Science*. 51:176-184.
- HAJEK, A. E.. 1993. New Options For Insect Control Using Fungi. In: Ed. Lumsden, D. and Vaughn, J. L. *Pest Management: Biologically Based Technologies*. American Chemical Society Conference Proceedings Series. pp. 54-62. Washington.
- HAMMAR, O. (Red.). 1998. BEKÄMPNINGSMEDEL – ANVÄNDNING, SÄKERHET OCH RISKER. 1998. Natur och Kultur. LT's förlag.
- HART, M.P. & MCLEOD, D.M.. 1955. An apparatus for determining the effects of temperature and humidity on germination of fungous spores. *Can. J. Bot.*, 33, 289-292.
- KOCH, H., KNEWITZ, H. AND LEHN, F.. 1999. Ready to use – pesticide application with boom sprayers in greenhouses. *Horticultural Industri. The European Business Magazine*. 3, 32-35.
- KOPPERT. 1992. *Users manual Mycotal*. Nederländerna.
- LEFEBVRE, A. H.. 1993. Droplet Production. In: *Application Technology for Crop Protection*. Ed: Matthews, G. A. and Hislop, E. C.. pp. 35-54. CAB International. UK.
- LINDQUIST, R. K., POWELL, C. C. AND HALL, F. R.. 1993. Glasshouse Treatment. In: *Application Technology for Crop Protection*. Ed: Matthews, G. A. and Hislop, E. C.. pp. 35-54. CAB International. UK.

- LOMER, C. J., BATEMAN, R. P., GODONOU, I., KPINDOU, D., SHAH, P. A., PARAISO A. AND PRIOR, C..1993. Field Infection of *Zonocerus variegatus* following Application of an Oil-based Formulation of *Metarhizium flavoviride* Conidia. *Biocontrol Science and Technology*. 3:337-346.
- MALAIS, M. AND RAVENSBERG, W. J.. 1992. *Knowing and recognizing. The biology of glasshouse pests and their natural enemies*. Koppert B. V.. Berkel en Rodenrijs. Nederlanderna.
- MASON, J. M., MATTHEWS, G. A. AND WRIGHT, D. J.. 1998. Appraisal of spinning disc technology for the application of entomopathogenic nematodes. *Crop Protection*. 17(5):453-461.
- MATTHEWS, G. A.. 1993. Application to Field Crops: Manually Carried Equipment. In: *Application Technology for Crop Protection*. Ed: Matthews, G. A. and Hislop, E. C.. pp. 35-54. CAB International. UK.
- MATTHEWS, G. A.. 1997. Pesticide application in plasticulture. *Pesticide Outlook*. June 1997:16-20.
- MATTHEWS, G. A.. 2000. Applying biological agents: needs and new developments for controlling foliar pests. *The BCPC Conference – Pests & Diseases 2000*. pp: 681-686.
- MOORE, D. AND PRIOR, C.. 1993. The potential of mycoinsecticides. *Biocontrol News and Information*. 14(2): 31N-40N
- NILSSON, U.. 1998. *Application of Pesticides in Greenhouses – Techniques and Working Environment*. Diss. Alnarp. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- NILSSON, U. AND GRIPWALL, E.. 1999. Influence of application technique on the viability of the biological control agents *Verticillium lecanii* and *Steinernema feltiae*. *Crop Protection*. 18:53-59.
- OSBORNE, L., S. AND LANDA, Z.. 1992. Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. *Florida Entomologist*. 75:4:456-471.

- PRIDAUX, G.. 1998. Reglering av biologiska bekämpningsmedel - kunskapskrav och riskhantering. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift*. 137:21:61-66.
- BOTANIGARD ES/WP. År okänt. Produktblad. Mycotech. Garta.
- SENGONCA, C. AND LÖCHTE, C.. 1997. Development of a spray and atomizer technique for applying eggs of *Chrysoperla carnea* (Stephens) in the field for biological control of aphids. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 104(3):214-221.
- STEINKE, W. E. AND GILES, D. K.. 1995. Delivery Systems for Biorational Agents. In: *Biorational Pest Control Agents – Formulations and Delivery*. Ed: Hall, F. R. and Barry, J. W.. American Chemical Society (ACS) Symposium Series 595:80-94.
- SÄKER BEKÄMPNING, 2003. Olle Hammar (red.). Natur och kultur / LTs Förlag.
- TICAB AB. År okänt. PreFeRal WG, biologisk insekticid. Produktinformation.
- WALSTAD, J.D., ANDERSON, R.F. & STAMBAUGH, W.J.. 1970. Effects of Environmental conditions on Two Species of Muscardine Fungi (*Beauveria bassiana* and *Metarrhizium anisopliae*). *Journal of Invertebrate pathology*, 16, 221-226.
- WENNEMANN, L. CONE, W.W., WRIGHT, L.C., PEREZ, J. & CONANT, M.M.. 2002. Disbtribution Patterns of Entomopathogenic Nematodes Applied Through Drip Irrigation Systems. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 96 (2), 287-291.
- WUNDERLICH, L. R. AND GILES, D. K.. 1999. Field Assessment of Adhesion and Hatch of *Crysoperla* Eggs Mechanically Applied in Liquid Carriers. *Biological Control*. 14:159-167.

Material från Internet

- ACCU-STALTIC™, 040621. Peristaltic Metering Pumps.
www.accu-staltic.com
- DANFOIL SPRØJTESYSTEMET, 040621. Se under “Om danfoil sprøjtesystemet”.
www.danfoil.dk
- MIDWEST BIOLOGICAL CONTROL NEWS, 040621. Know Your Friends - The entomopathogen *Paecilomyces fumosoroseus*.
www.entomology.wisc.edu/mbcn/kyf403.html
- PROPTec, 040621. Proptec™ Rotary Atomization Spraying Systems
www.proptec.com/fprop.htm
- WANJET, 040621. Wanjet – indoor fogging and spraying system. Sprayers.
www.wanjet.se/sprayers.htm

Personliga meddelanden

- AHLSTRÖM-OLSSON, MONICA. 000405.
TICAB AB, Box 91, 230 53 ALNARP.
- BIOBEST. 001114. Fax rörande kvalitetskontroll av PreFeRal WG.
BIOBEST NV, Lise Velden 18, B-2260 Westerlo BELGIEN. Fax: 0032-14257981
- JOHAN DAHLQUIST MASKIN AB. 010131. Telefonkontakt. Återförsäljare av Danfoil.
Johan Dahlquist Maskin AB, Gillberga Gård, 264 92 Klippan. Tel: 0435-19191
- LEDEBUHR, MARK. 010126. Kontakt via e-post.
Ledebuhr Industries, Inc., 114 29 Upton Rd., Bath, MI 48808.
E-post: mledebuhr@proptec.com

- PIOTROWSKI, HENRY. 010125. Kontakt via e-post.
Micron Sprayers Limited, Bromyard Industrial Estate, Bromyard HR 7 4HS, UK.
E-post: micron@micron.co.uk
- WANNEHAG, STIG. 010131. Telefonkontakt.
Wanjet AB, N. Ellenborgsgatan 2, 233 51 SVEDALA. Tel: 040-404557