



FÖRDELNING AV SPRUTVÄTSKA I SPANNMÅLS- OCH POTATISBESTÅND MED FYRA OLIKA APPLICERINGSTEKNIKER

**SPRAY DEPOSITS IN CEREAL AND POTATO CANOPY WITH
FOUR DIFFERENT APPLICATION TECHNIQUES**

Per Wretblad

Examensarbete

Institutionen för lantbruksteknik

**Rapport 223
Report**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering**

**Uppsala 1997
ISSN 0283-0086
ISRN SLU-LT-R--223--SE**

FÖRORD

Detta examensarbete, den avslutande delen i min agronomexamen med teknisk inriktning, har utförts under 1996 vid Sveriges lantbruksuniversitet i Ultuna, Uppsala. Min förhoppning har varit att arbetet skall föra utvecklingen mot minskad användning av bekämpningsmedel ytterligare ett steg framåt. Målet var att utröna hur olika appliceringstekniker påverkar fördelningen av sprutvätska i bestånd. Försöken har utförts i Uppsalas omnejd. Arbetet är en del i ett större projekt som även innefattar studier av biologisk effekt till följd av olika vätskefördelning.

Många tack till Solvieg Geidnert, Institutionen för mikrobiologi för goda råd och lån av spektrofotometer, samt Ulf Johnsson vid Sala lantbruksskola och Börje Assarsson vid Växtskyddsteknik Maryd AB för lån av sprutor.

Till sist vill jag ta tillfället i akt och tacka min handledare Patrik Enfält och hans kollegor vid Institutionen för lantbruksteknik, enheten för mätmetoder i biologiska system, för handledning och gott kamratskap. Arbete går alltid lättare när det utförs i goda vänners lag.

Uppsala den 18 juli 1997

Per Wretblad

Ett tack riktas även till Statens Jordbruksverk vilka har finansierat denna undersökning inom ramen för projekten: Förbättrad spridningsjämnhet och Optimal avsättning i potatis.

Patrik Enfält
Handledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	1
LITTERATURÖVERSIKT	2
Avsättningsstudier	2
Avsättningsstudier och biologisk effekt	4
Dosrespons	5
MATERIAL OCH METODER	6
Appliceringstekniker	6
Fältförsök	7
Avsättningsanalys	8
Statistisk analys	11
RESULTAT	11
DISKUSSION	13
SAMMANFATTNING	15
SUMMARY	16
LITTERATURFÖRTECKNING	17
PERSONLIGA MEDDELANDEN	20

INLEDNING

För att försörja världens befolkning nu och i framtiden krävs effektiv produktion av livsmedel. Kraven på kvalitet och kvantitet (skördenivå) för vegetabiliska livsmedel är stora, samtidigt som kostnaderna i växtodlingen måste hållas låga för att upprätthålla lönsamheten. Dessutom ställs krav på att produktionen skall ske på ett miljövänligt sätt, inte minst för att säkerställa fortsatt livsmedelsproduktion och god livsmiljö för kommande generationer.

Effektiv bekämpning av ogräs och skadegörare är en förutsättning för att klara de kvalitativa och kvantitativa krav som ställs. Kemisk bekämpning är den metod som används mest idag och alternativen är få när det gäller svampbekämpning. Kemisk ogräsbekämpning ger god effekt med liten arbetsinsats och lågt dragkraftsbehov i förhållande till mekanisk bekämpning. Samtidigt utgör bekämpningsmedlen en miljöbelastning. För att påskynda utvecklingen mot minskad användning av kemiska bekämpningsmedel beslutade den svenska regeringen om en målsättning att halvera användningen av bekämpningsmedel. Två sådana halveringsmål har uppnåtts under 80- och 90-talet.

Ett mindre behov av aktiv substans för att uppnå önskad effekt minskar miljöbelastningen, samtidigt som det förbättrar lönsamheten för lantbrukaren. För att uppnå detta krävs en mer optimal applicering av bekämpningsmedel, dvs. att de avsätts där de gör nytta. Den optimala fördelningen varierar beroende på vad som bekämpas och omständigheterna vid bekämpningstillfället. För att lantbrukaren skall kunna välja rätt teknik vid olika bekämpningssituationer krävs kunskap om hur olika appliceringstekniker påverkar avsättningen i beståndet, så att den biologiska effekten av bekämpningen maximeras.

Målet med detta arbete var att jämföra olika appliceringstekniker genom att mäta avsättning av sprutvätska på olika nivåer och på marken i levande bestånd. Mätningarna utfördes i potatis och höstvetete efter axgång. De fyra tekniker som ingick i undersökningen var: konventionell teknik, luftassisterad applicering (Hardi Twin), innesluten sprutdusch med förbom (Lehnerbom) och släpduk (konstruerad vid Institutionen för lantbruksteknik, SLU).

LITTERATURÖVERSIKT

Vid avsättningsmätningar används ofta ett fluorescerande spårämne (t.ex. Lagerfelt, 1988; Last & Parkin, 1987; Hislop & Western, 1993). Spårämnet blandas i sprutvätskan som appliceras i beståndet. Avsättningen mäts antingen direkt på bladen (Last & Parkin, 1987) eller på någon typ av uppsamlingsobjekt (May & Stevens, 1993). Uppsamlingsobjekten kan bestå av filterpapper, piprensare, plastobjekt, eller liknande beroende på vad och var i beståndet man vill mäta. Ett problem med fluorescerande spårämnen är att de bryts ner av ultraviolett ljus, dvs. även av vanligt solljus. Detta medför att analyser måste utföras ganska snart efter att spårämnet applicerats i beståndet.

Avsättningen kan bestämmas efter applicering av sprutvätskan, sedan spårämnet sköljts av bladen eller uppsamlingsobjekten. Mängden spårämne i sköljvätskan bestäms med hjälp av en fluorimeter (May & Stevens, 1993; Hislop & Western, 1993). Avsättningen redovisas i storheter som till exempel μg spårämne per uppsamlingsobjekt, per cm^2 uppsamlingsyta, eller per gram torkat växtmaterial. När analyserna görs på grödan delas denna upp i olika fraktioner. Om beståndshöjden tillåter delas materialet upp i olika höjdnivåer och dessutom skiljs ofta mellan stammar och blad.

Ett alternativ till ovan beskrivna metod är att bestämma avsättningen med hjälp av bildanalys (Last & Parkin, 1987; Carlton et al., 1981). Med bildanalys kan man detektera de ljusa punkter som uppstår när en yta belyses med UV-ljus, där droppar innehållande fluorescerande spårämne avsatts. Detta medger att man kan bestämma både kvantitativ avsättning (mängd avsatt spårämne) på ytan och kvalitativ, dvs. dropparnas storlek och antal (täckning). När bildanalys används kan ytan med avsatt spårämne dokumenteras genom fotografering och själva analyserna genomföras vid ett senare tillfälle, vilket är en stor fördel då fältförsök ofta begränsas av tillgänglig tid (Eriksson, 1988).

Olika typer av färgpigment kan också användas till avsättningsmätningar i bestånd. Analyserna görs då antingen på någon typ av pappersobjekt med bildanalys (Hutchins & Pitre, 1984) eller genom att skölja av pigmentet från blad och mäta hur mycket pigment man får i sköljvätskan med hjälp av spektrofotometer (Miller et al., 1989; Grayson & McCarthy, 1987). Ytterligare en metod för att mäta avsättningen är att använda vattenkänsligt papper (Hutchins & Pitre, 1984). Papperet ändrar färg när det kommer i kontakt med vatten och avsättningen kan sedan bedömas visuellt eller med bildanalys.

Avsättningsstudier

Vid konventionell applicering av sprutvätska har man relativt små möjligheter att påverka vätskefördelningen i beståndet. Vid bekämpning i täta bestånd används ofta större vätskemängder för att öka avsättningen på lägre nivåer. Bryant & Courshee (1985) och Taylor & Andersen (1987) har dock visat att vätskemängd och droppstorlek obetydligt

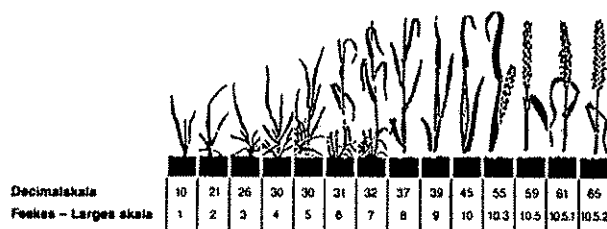
påverkar vätskefördelningen i höstvetebestånd. Olika utvecklingsstadium däremot gav väsentligt större skillnad i fördelning än vad som kunde mätas till följd av olika vätskemängder och droppstorlekar.

Brandt (1987) undersökte hur droppstorlek, vätsketryck, munstyckets monteringsvinkel och användandet av förbom påverkade fördelningen av sprutvätska på djupet i ett tätt konstgjort växtbestånd. Avsättningen bestämdes med hjälp av fluorescerande spårämne och bildanalys. Resultaten visade att de droppar som avsatts på lägre nivåer var mindre än de droppar som avsatts på nivåer längre upp i beståndet. Nedträngningen i beståndet förbättrades när vätsketrycket ökades och om munstyckena vinklades framåt. När förbommen användes avsattes huvuddelen av sprutvätskan på de mellersta nivåerna i beståndet, jämfört med när förbommen inte användes då huvuddelen avsattes på beståndets övre nivå.

Bekämpning i uppvuxna potatisbestånd är ett exempel på en situation där grödan är tät, vilket försvårar sprutvätskans nedträngning i beståndet. Wigre (1989) jämförde täckning på potatisblad efter bekämpning med konventionell teknik och tre olika typer av förbommar: plaströr, rulle och duk. Täckningen bestämdes med bildanalys och fluorescerande spårämne. Resultaten visade att samtliga förbommar gav jämnare fördelning av sprutvätskan över de tre nivåer beståndet delats upp i, jämfört med konventionell teknik. När duken användes placerades större andel av sprutvätskan på övre bladets undersida än när de andra teknikerna användes. En viktig iakttagelse var att ingen av förbommarna gav upphov till skador på potatisplantorna i form av vissnade blad eller brutna stjälkar.

Hislop & Western (1993) jämförde luftassisterad teknik med konventionell vad gällde avsättning på plantorna och på marken i ett vårsädesbestånd. Olika luftmängder och vinklar på sprutduschen användes. Som referens användes medium duschkvalitet (Doble et al., 1985) och vertikal sprutdusch utan luftassistans. Jämförelser gjordes vid utvecklingsstadium 22 och 39 enligt Zadoks et al. (1974) decimalskala för utvecklingsstadier (figur 1). Försöken utfördes inomhus och avsättningen analyserades med fluorometri. Växtmaterialet delades upp i blad respektive stammar, samt vid det senare utvecklingsstadiet också i två nivåfraktioner. Avsättningen på grödan relaterades till provets torrsubstansvikt. Avsättningen på marken mättes på runda plastobjekt med diameter 5,5 cm och bestämdes som avsättning per areaenhet.

Resultaten visade att om sprutduschen vinklades 45°, framåt eller bakåt, ökade avsättningen på plantorna speciellt på beståndets övre nivå, samtidigt som avsättningen på marken minskade. Användandet av luftassistans medförde att totala avsättningen på plantorna ökade och då särskilt i kombination med fin duschkvalitet och vinklad sprutdusch. Vid utvecklingsstadium 39 erhöles bäst avsättning på beståndets lägre nivå när luftassistans med stort luftflöde riktad rakt nedåt användes tillsammans med fin duschkvalitet. Avsättningen på marken minskade även med denna inställning i jämförelse med konventionell teknik.



Figur 1. Decimalskala för utvecklingsstadier, (Reuterhäll, 1989).

Avsättningsstudier och biologisk effekt

Hutchins & Pitre (1984) kombinerade avsättningsmätningar med mätningar av biologisk effekt. Insecticider applicerades i ett bestånd med soyabönor och effekten bestämdes genom att räkna antalet larver före samt två, fem och tio dagar efter bekämpning. Avsättningen bestämdes genom att med bildanalys detektera avsatt spårämne på filterpapper och sprutvätska på vattenkänsligt papper. Det visade sig att den biologiska effekten var signifikant korrelerad med antal droppar per ytenhet och att nedträngningen försämrades av tätare radavstånd.

May & Stevens (1993) undersökte hur luftassistans påverkade fördelningen av sprutvätska och effekten av propikonazol mot svartpricksjuka (*Septoria tritici*) i ett höstvetebestånd av sorten Beaver. I försöket ingick två olika typer av luftassisterade sprutor, Hardi Twin och Degania. Avsättningen bestämdes på piprensare och filterpapper med fluorometri. Resultaten från avsättningsmätningarna visade att när luftassistans användes blev den totala avsättningen större, men mindre mängd sprutvätska avsattes på beståndets övre nivå jämfört med när luftassistans inte användes. När luftassistans användes med vätskemängden 80 l/ha avsattes mer på vertikala piprensare, men mindre på marken än när luftassistans användes med vätskemängden 240 l/ha.

I de biologiska försöken användes två olika doser av propikonazol, 125 g/ha och 62,5 g/ha. De fann inga signifikanta skillnader varken vad gällde skördenivå eller behandlingseffekt mot svartpricksjuka och heller inga samband mellan fördelningen av sprutvätskan och den biologiska effekten av behandlingen. Lockley (1993) rapporterar resultat från fyra fältförsök liknande det som May & Stevens genomförde. Användandet av Hardi Twin lufttillsats gav inte heller i det fallet några signifikanta skillnader i effekt. Deganias lufttillsats däremot gav signifikant bättre effekt på andra bladet uppifrån när stor luftmängd (31 m/s) användes jämfört med liten luftmängd (21 m/s).

Wolff et al. (1989) fann efter tre års fältförsök med en luftassisterad spruta att den biologiska effekten av totalbekämpning med paraquat (kontaktverkande preparat) i havre tenderade öka när luftassistans användes i jämförelse med konventionell teknik. Skillnaderna blev större när havrebeståndet var tätt. Wolff et al. drog därför slutsatsen att

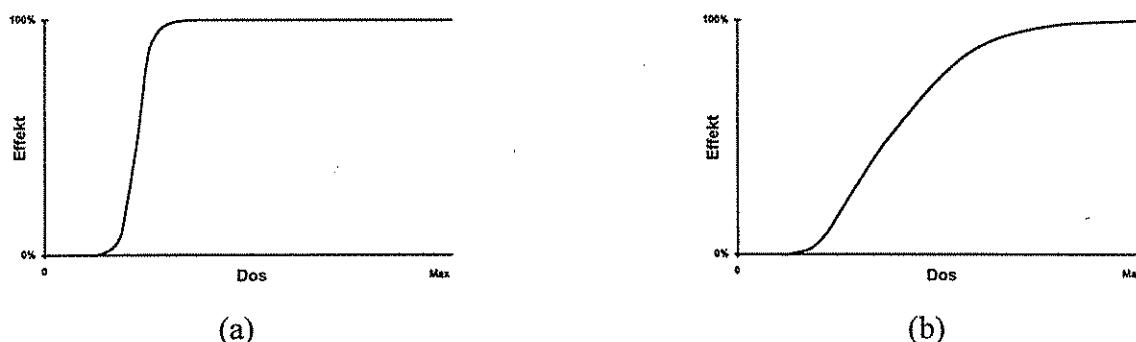
den förbättrade biologiska effekten berodde på att luftassistansen gav förbättrad penetration.

Dosrespons

Den biologiska effekten av en bekämpning beskrivs av någon form av dosresponsfunktion (figur 2). Vid studier av hur dosresponsfunktionen påverkas när tekniska och biologiska parametrar förändras, är det viktigt att studera hela funktionen (Alness & Hagenvall, 1994), för att man ska kunna dra rätt slutsatser. Detta kan göras med hjälp av linjär förändring av dosen. Bengtsson et al. (1997) beskriver en utrustning med vilken dosen kan förändras linjärt längs rutor i fältförsök.

Olika preparat ger olika dosresponsfunktioner vid identiska förhållanden (figur 2). Olika spridningsteknik och spridningsjämnhet påverkar också kurvans form. Dosresponsfunktionen för ett preparat som vid god spridningsjämnhet ger en brant kurva (figur 2a) kommer vid dålig spridningsjämnhet att förändras och ge en flackare lutning liknande den i figur 2b. När dosresponsfunktionen är av den branta typen är det särskilt svårt att i försök utförda med fasta doser avgöra vilken dos som behövs för att erhålla avsedd effekt (Alness & Hagenvall, 1994).

Simuleringar gjorda av Enfält et al. (1996) visade att jämnare spridningsfördelning medger en dosreduktion med bibehållen behandlingseffekt. Effekten av olika doser beräknades med hjälp av data från ett fältförsök med bladmögelsbekämpning i potatis, utfört med linjär förändring av dosen. Beräkningarna visade att med jämn spridningsfördelning ($VK^1=6\%$) erhöles 98% behandlingseffekt vid dosen 1,4 liter Totto per hektar, medan ojämn spridningsfördelning ($VK=66\%$) medförde att det krävdes 4 liter per hektar för att samma behandlingseffekt skulle uppnås (figur 2). Liknande resultat har visats för ogräsbekämpning i stråsäd (Enfält et al., 1995).



Figur 2. Olika dosresponsfunktioner.

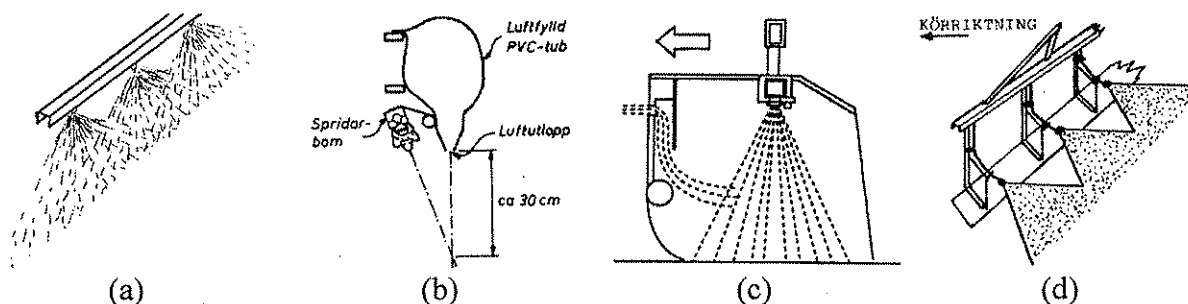
¹ VK = variationskoefficienten, dvs. standardavvikelsen dividerad med medelvärdet multiplicerad med 100 uttryckt i procent.

MATERIAL OCH METODER

I fältförsök jämfördes vätskefördelningen från fyra olika appliceringstekniker i ett spannmåls- och ett potatisbestånd. Färgad sprutvätska applicerades i försöksrutor och blad från olika nivåer samt uppsamlingsobjekt, som placerats ut på marken i förväg, samlades sedan in från rutorna. Avsättningen bestämdes genom att blad och objekt sköljdes i vatten och mängden färgpigment i vattnet analyserades sedan med spektrofotometer.

Appliceringstekniker

De fyra appliceringstekniker som användes i försöket var konventionell teknik, luftassisterad teknik (Hardi Twin), inbyggd sprutdusch med förbom (Lehnerbom) och släpduk (utvecklad vid Institutionen för lantbruksteknik). Samtliga tekniker använder sig av vanliga spaltspridare. Principer för de olika teknikernas funktion beskrivs i figur 3.



Figur 3. Principskisser för de i försöket ingående teknikerna.

- (a) Konventionell teknik innebär att det enbart är den rörelseenergi och lägesenergi dropparna har när de lämnar munstyckena som för dem till sprutmålet.
- (b) (Hagenvall & Arvidsson, 1995) Hardi Twin luftassistans skapar en nedåtriktad luftström som ökar dropparnas hastighet och hjälper till att transportera dem till målet. Luftströmmen orsakar också rörelser i beståndet och lufrörelser som gör att dropparna lättare avsätts på växterna.
- (c) (Hagenvall & Arvidsson, 1995) Lehnerbommen har en duk runt sprutduschen som skyddar dropparna från vindavdrift. En förbom öppnar beståndet och sätter växterna i rörelse för att förbättra nedträngningen och avsättningen.
- (d) (Hagenvall & Arvidsson, 1995) Släpduken fungerar som en förbom som öppnar beståndet och sätter växterna i rörelse. Sprutmunstyckena är vinklade bakåt och avståndet mellan munstyckena och släpdukens nedre kant är endast 20 cm. Vid besprutning i uppvuxen gröda befinner sig munstycket i nivå med beståndets överkant. Sprutduschen skyddas därmed från påverkan av vind.

I försöket användes hydraulburna sprutor. Konventionell applicering och applicering med släpduk utfördes med en försöksspruta utrustad med en 4 meter bred bom på sidan av

traktorn. Den luftassisterade appliceringen gjordes med en Hardi Twin Stream med 12 meter bred bom. För applicering med inbyggd sprutdusch användes en Holderspruta med 12 meter bred Lehnerbom. På sprutornas ordinarie bommar monterades 4 meter breda sektioner vid sidan av traktorn, bestående av munstycken med vätskeledningar. Detta för att vätska bara skulle appliceras i försöksrutorna och för att förhållandena skulle bli lika för samtliga tekniker.

Alla tekniker utom släpduksrampen har 50 cm avstånd mellan munstyckena. På släpduksrampen var avståndet 33 cm varför hastigheten måste ökas för att vätskemängden per hektar skulle bli densamma som för de andra teknikerna. På sprutorna monterades en doseringsutrustning (Bengtsson et al., 1997), vilken under dessa försök enbart användes för registrering av hastigheten.

Fältförsök

Försöken utfördes i två olika grödor under sommaren 1996. Den 2:a och 3:e juli genomfördes försök i ett höstvetefält i Kasby, Uppsala. Beståndet var jämnt med ungefär 600 skott per m² i stadiet efter axgång, dvs. utvecklingsstadium 59 (figur 1). Var och en av de fyra teknikerna kördes med två olika vätskemängder, 100 och 200 l/ha (tabell 1), med tre upprepningar för respektive vätskemängd. Försöksrutorna var 8 meter långa, 4 meter breda och placerade med 5 meters mellanrum i tre rader längs markörspåren.

Den 15:e och 16:e augusti genomfördes försök i ett potatisbestånd (Bintje) med radavståndet 75 cm i Linnés Hammarby, Uppsala. Beståndet var jämnt, raderna hade slutit sig och blasten var ungefär 70 cm hög. De fyra teknikerna kördes med vätskemängderna 200 och 400 l/ha (tabell 1) med tre upprepningar. Försöksrutorna var 5 meter långa, 4 meter breda och placerade med tre meters mellanrum i två rader.

Tabell 1. Tekniska data för olika appliceringar

Gröda	Munstycke TeeJet XR	Delning ¹ [cm]	Tryck ² [Bar]	Duschkvalitet ³	Hastighet [km/h]	Vätskemängd [l/ha]
Höstvete	110 01	50	1,75	Fin	3,6	100
		33	1,50	Fin	5,1	100
H.vete/potatis	110 02	50	1,75	Medium	3,6	200
		33	1,50	Medium	5,1	200
Potatis	110 04	50	1,75	Medium	3,6	400
		33	1,50	Medium	5,1	400

¹ Avståndet mellan munstyckena längs bommen.

² Vätsketrycket precis före munstycket

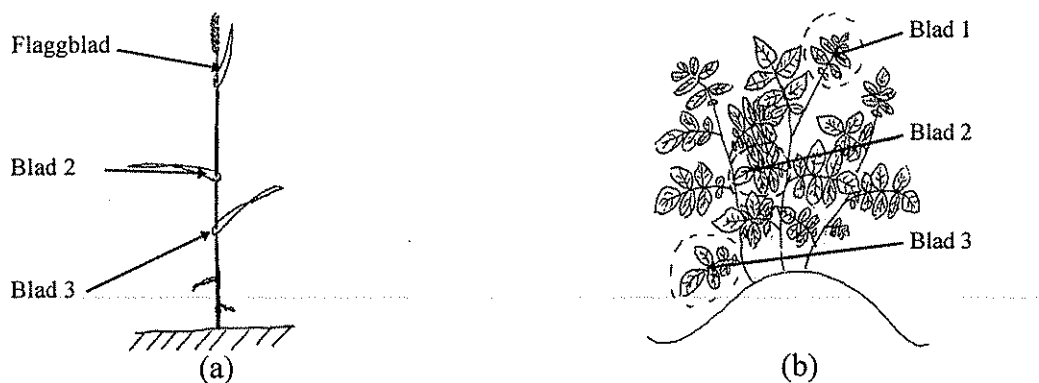
³ (Spraying Systems Co., 1995)

Avsättningsanalys

För att möjliggöra avsättningsmätningar färgades sprutvätskan svart med ett vattenlösligt färgpigment, Nigrosin WLF (Bayer). Avsättningen på marken mättes på uppsamlingsobjekt som placerats ut i bestånden före applicering. Efter applicering samlades markobjekten och blad från tre olika nivåer i bestånden in för analys. Alla prov togs en bit in i rutorna, då det längs kanterna på försöksrutor finns risk för ofullständig överlappning av sprutduscharna och andra felkällor.

I spannmålsförsöket plockades flaggbladet, samt andra och tredje bladet uppifrån (figur 4a), från tio huvudskott i varje ruta. Stråna plockades slumpmässigt längs en sträcka på 5 meter, 1,0 till 1,5 meter in i rutorna, där också uppsamlingsobjekten var utplacerade. Uppsamlingsobjekten bestod av 2,5 x 25 cm stora plastrektanglar fästade på träpinnar, vilka lades ut i beståndet tvärs såraderna, 10 stycken i varje ruta. Koncentrationen Nigrosin i sprutvätskan var i detta försök 40 g per liter vatten.

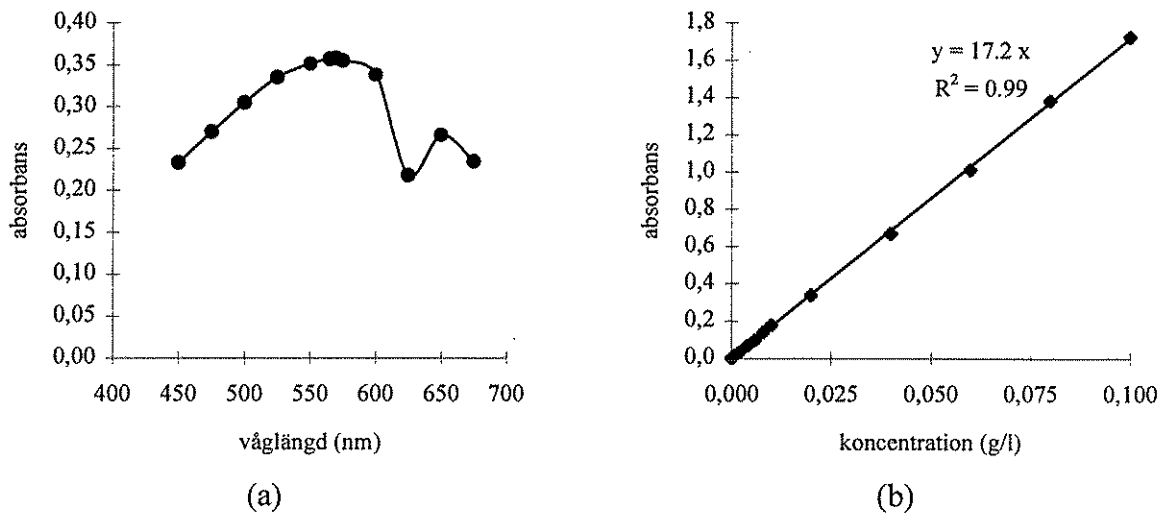
I potatisförsöket plockades ett blad från plantans topp, ett som satt ungefär tio cm från marken och ett som var placerat mittemellan de två andra (figur 4b). Blad plockades från tio plantor, dvs. totalt 30 blad i varje ruta. Potatisplantorna valdes slumpmässigt ut i en zon med måtten 1,5 x 3,5 meter mitt i rutorna. Runda uppsamlingsobjekt i plast, med diametern 9 cm, var också utplacerade i denna zon. Objekten var fästade på kartongunderlägg och placerades ut både i och mellan potatisraderna, totalt 20 stycken i varje ruta. Sprutvätskan innehöll i detta försök 30 g Nigrosin per liter vatten.



Figur 4. Skisser över hur bladen plockades från (a) spannmålsplantorna och (b) potatisplantorna.

För att bestämma avsättningen sköljdes insamlade blad och markobjekt i en känd mängd vatten. Mellan 5 och 60 ml vatten tillsattes beroende på bladets/objektets area och applicerad vätskemängd. Nigrosinlösningen som erhöles vid sköljningen kallas i fortsättningen för sköljvätskan. Som referens togs tankprover ur sprutornas tankar vid appliceringstillfället.

Efter att Nigrosinet sköljts av bestämdes varje blads area med hjälp av en bladytemätare, LI-3100 (LI-COR LIMITED). Sköljvätskans och tankprovernas koncentration bestämdes genom att mäta lösningens absorbans med en spektrofotometer, Ultrospec III (Pharmacia LKB Biochrom Ltd). För att kontrollera hur Nigrosin påverkar lösningens ljusabsorberande förmåga genomfördes kalibreringsmätningar med spektrofotometer innan försöket påbörjades (figur 5). Absorbansmätningarna gjordes sedan vid våglängden 570 nm där Nigrosin har sin absorbanstopp (figur 5a).



Figur 5. Absorbansen som funktion av (a) våglängden vid koncentrationen 0,02 g Nigrosin per liter vatten och (b) koncentrationen Nigrosin per liter vatten vid våglängden 570 nm.

Sambandet mellan koncentrationen Nigrosin per liter vatten och absorbansen är linjärt och funktionen skär x-axeln i origo (figur 5). Med hjälp av proportionalitetskonstanten kan koncentrationen beräknas utifrån uppmätta absorbansvärden (ekvation 1). På grund av att tankprovets absorbans låg långt utanför spektrofotometerens mätområde, måste tankprovet spädas innan mätning kunde ske. Detta gällde även för sköljvätskan om absorbansen var för stor. Därför tas hänsyn spädningsförhållandet i ekvation 1.

$$C = \frac{ABS}{K} \cdot S \quad (1)$$

där:

- C = koncentration av Nigrosin [g/l]
- ABS = uppmätt absorbans
- K = proportionalitetskonstant [(g/l)⁻¹]
- S = spädningsförhållande

Med vetskap om bladets eller uppsamlingsobjektets area och sköljvätskans volym kan avsättningen beräknas utifrån förhållandet mellan koncentrationen Nigrosin i sköljvätskan och koncentrationen i tankprovet enligt ekvation 2.

$$AVS = \frac{C_s \cdot V_s}{C_T \cdot A} \quad (2)$$

där: AVS = avsättning [ml/cm^2]
 C_s = koncentration av Nigrosin i sköljvätskan [g/l]
 C_T = koncentration av Nigrosin i tankprovet [g/l]
 V_s = sköljvätskans volym [ml]
 A = bladets/upsamlingsobjektets area [cm^2]

Sätter man in ekvationen (1) för koncentrationerna i ekvation (2) kommer proportionalitetskonstanterna att ta ut varandra och man får den slutgiltiga ekvationen för avsättningen (ekvation 3).

$$AVS = \frac{ABS_s \cdot S_s \cdot V_s}{ABS_T \cdot S_T \cdot A} \quad (3)$$

där: ABS_s = uppmätt absorbans för sköljvätskan
 ABS_T = uppmätt absorbans för tankprovet
 S_s = spädningsförhållandet för sköljvätskan
 S_T = spädningsförhållandet för tankprovet

För jämförelser mellan avsättningar vid olika vätskemängder, behövs ett sätt att uttrycka avsättningen, så att den blir oberoende av applicerad vätskemängd. Till exempel kan avsättning uttryckas som procent av den i beståndet applicerade vätskemängden (ekvation 4). Den tänkta vätskemängden korrigerades i försöket för hastighetsfel med hjälp av uppmätt hastighet.

$$AV_{\%} = \frac{AVS}{VM_k} \cdot 100 \quad (4)$$

där: $AV_{\%}$ = avsättning i procent av applicerad vätskemängd [%]
 VM_k = applicerad vätskemängd korrigerad för hastighetsfel [ml/cm^2]

Ett annat sätt att uttrycka avsättningen så att den blir oberoende av vätskemängden är i form av ett normaliserat värde (ekvation 5). Genom att dividera varje enskilt avsättningsvärde med summan av medelvärdet för avsättningen (\overline{AVS}_j) på var och en av de fyra nivåerna (j) inklusive marken i respektive ruta, får man ett jämförbart värde.

$$AV_N = \frac{AVS}{\sum_{j=1}^4 AVS_j} \quad (5)$$

där: AV_N = normaliserad avsättning

Fördelen med att normalisera värdena är att korrigeringen för skillnader mellan verkliga och tänkta vätskemängder sker utan att man behöver känna till den verkliga vätskemängden. Detta gör resultatet okänsligt för eventuella fel vid appliceringen. Den normaliserade avsättningen har använts vid beräkning av avsättning på bladen. Nackdelen är att resultatet inte ger ett absolut värde, utan enbart kan användas vid jämförande studier. Vid beräkning av avsättning på marken har ekvationen för procentuell avsättning använts för att resultatet skall visa hur stor del av bekämpningsmedlen som hamnar på marken.

Statistisk analys

Insamlade data analyserades med hjälp av statistikprogrammet SAS. Som beroende variabel användes den normaliserade avsättningen. Hypotestest genomfördes för att avgöra om det fanns signifikanta skillnader i avsättning för de olika teknikerna på olika beståndsnivåer och på marken. Olika vätskemängder och grödor analyserades separat. I resultatavsnittet redovisas 95% konfidensintervall i figurerna. Det som i texten benämns signifikant skillnad innebär att signifikansnivån är <5%.

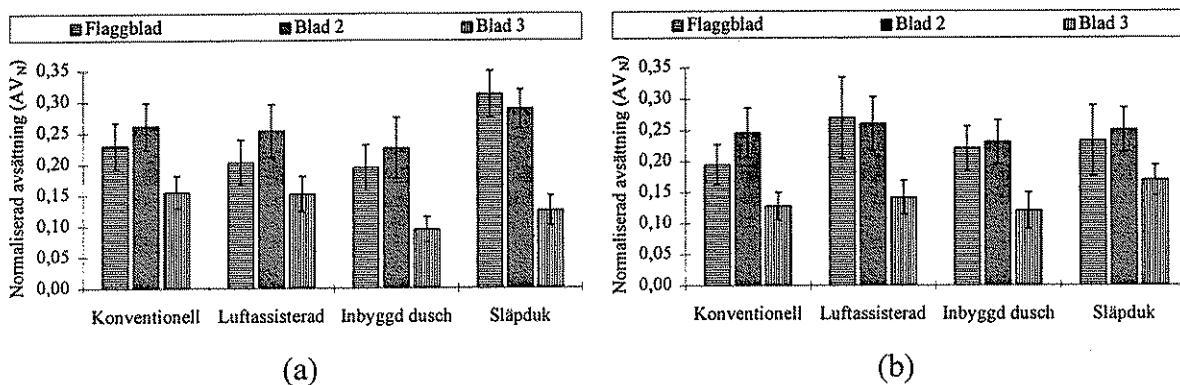
RESULTAT

Alla blad som plockades i försöket mättes med avseende på den plana arean. Arean användes sedan till att bestämma avsättningen per ytenhet. Bladen som plockades i spannmålsförsöket var relativt jämna i storlek och betydligt mindre än potatisbladen, som var större men samtidigt varierade mer i storlek (tabell 2).

Tabell 2. Uppmätt area för spannmåls och potatisblad på olika bladnivåer

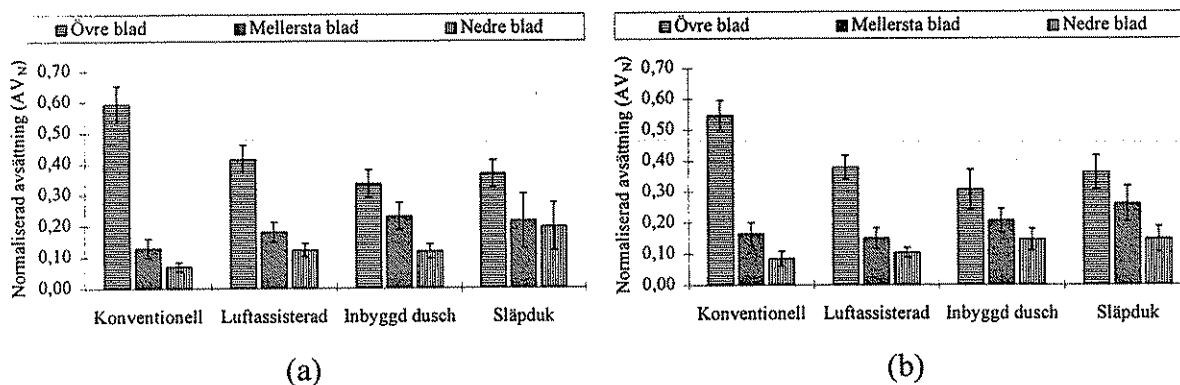
Bladnivå	Övre blad	Blad 2	Blad 3
Medelarea för spannmålsblad [cm ²]	17,5	22,1	19,1
VK	18%	16%	15%
Medelarea för potatisblad [cm ²]	114	152	114
VK	33%	39%	40%

I spannmålsbeståndet satt flaggbladet nästan lodrätt varför avsättningen på flaggbladet i regel var mindre per areaenhet än avsättningen på andra bladet (figur 6). Användandet av släpduk gav en signifikant ökning av avsättningen på flaggbladet jämfört med samtliga andra tekniker vid vätskemängden 100 l/ha. Vid 200 l/ha gav luftassistans signifikant större avsättning på flaggbladet jämfört med konventionell teknik. På andra och tredje bladet fanns inga signifikanta skillnader mellan teknikerna.



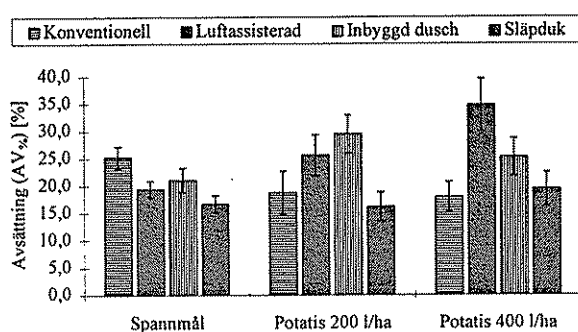
Figur 6. Fördelning av sprutvätska på olika nivåer i spannmål (normaliserade värden) applicerat med olika appliceringstekniker. Felstaplarna representerar ett 95% konfidensintervall. Applicerad vätskemängd var (a) 100 l/ha och (b) 200 l/ha.

Resultaten från potatisförsöket (figur 7) visar att konventionell teknik har svårt att penetrera beståndet. En stor andel av sprutvätskan har avsatts på översta bladnivån. Såväl luftassistans som inbyggd sprutdusch och släpduk förbättrar nedträngningen i beståndet jämfört med konventionell teknik. Allra bäst nedträngning har uppnåtts med släpduken som gett signifikant högre avsättning på de båda lägre bladnivåerna jämfört med konventionell teknik. Skillnaderna mellan de två olika vätskemängderna är marginella.



Figur 7. Fördelning av sprutvätska på olika nivåer i potatis (normaliserade värden) applicerat med olika appliceringstekniker. Felstaplarna representerar ett 95% konfidensintervall. Applicerad vätskemängd var (a) 200 l/ha och (b) 400 l/ha.

Medelvärdet för avsättningen på marken i respektive led varierar mellan teknikerna men också mellan olika grödor och vätskemängder (figur 8). Konventionell teknik placerade i spannmålsbeståndet ungefär 25 % av applicerad sprutvätska på marken, medan i potatisen ungefär 18 % samlades upp på marken. När släpduken användes minskade avsättningen på marken i höstvetebeståndet med 8 procentenheter. På marken i potatisbeståndet fanns inga signifikanta skillnader mellan konventionell teknik och släpduk. Utnyttjandet av luftassistans minskade avsättningen på marken i spannmålsbeståndet, men tvärtom så ökade avsättningen på marken i potatisbeståndet, särskilt vid den större vätskemängden. Även användandet av Lehnerbom ökade avsättningen på marken i potatisen jämfört med konventionell teknik. Avsatt mängd mellan raderna i potatisen var en till åtta procentenheter högre än avsatt mängd i raderna. Skillnaden mellan avsättningen i och mellan raderna var större vid vätskemängden 400 l/ha än vid 200 l/ha för alla tekniker.



Figur 8. Avsättning på marken i % av applicerad vätskemängd. I potatisen utgör avsättningsvärdet ett medel av uppmätta mängder mellan och i raden. Felstaplarna representerar ett 95% konfidensintervall.

DISKUSSION

Metoden att mäta avsättning med Nigrosin WLF (Bayer) fungerade bra. Fördelarna med att använda Nigrosin istället för fluorescerande spårämne är många. Nigrosin bryts inte ner av solljus på samma sätt som ett fluorescerande spårämne, vilket gör att tiden från applicering till analysering inte blir lika kritisk. Risken för kontaminering av proverna minskar eftersom det syns direkt om man får Nigrosin på fingrar, verktyg mm. Nigrosin är dessutom tämligen harmlöst för såväl miljö som hälsa. Sköljningen kan ske i vanligt vatten, varför man slipper använda lösningsmedel som ibland används för att extrahera fluorescerande spårämnen.

Resultaten från spannmålsförsöket gav indikationer på att luftassistans och släpduk ökade avsättningen på vertikala flaggblad i jämförelse med konventionell teknik. Detta kan vara en viktig egenskap vid till exempel axgångsbehandling mot svampsjukdomar. Andra undersökningar (Ringel et al., 1991; Nordbo & Taylor, 1991) har också visat att avsättningen på vertikala ytor ökar när luftassistans används, särskilt i kombination med

små droppar och vinklad sprutdusch. Avsättningen på marken i spannmålsbeståndet var störst när konventionell teknik användes. Med de övriga teknikerna kan alltså avsättningen på marken minskas till förmån för avsättning på plantorna, vilket ger effektivare utnyttjande av preparatet och en minskad miljöbelastning.

Potatisförsöket visade att konventionell teknik gav dålig penetration i täta potatisbestånd, men de övriga appliceringsteknikerna gav större penetration. Användandet av luftassistans ledde till ökad avsättning på marken när stora vätskemängder applicerades, vilket troligtvis är ett resultat av att luftströmmen var vinklad rakt nedåt. Liknande resultat erhöles också av May & Stevens (1993). Lehnerbommen gav också ökad avsättning på marken i potatisbeståndet, medan släpduken visade sig förbättra penetrationen utan att öka avsättningen på marken i jämförelse med konventionell teknik. Lehnerbommen och släpduken fungerar delvis enligt samma princip, förbomseffekt (Hagenvall & Arvidsson, 1995), men släpdukens munstycken är vinklade bakåt medan Lehnerbommens munstycken pekar nästan rakt ner. Förbommarna öppnade potatisbeståndet och medgav att droppar kunde falla rakt igenom, men den vinklade sprutduschen gjorde att dropparna i högre grad avsattes på plantorna. Hislop & Western (1993) visade också i spannmål att vinklad sprutdusch ökade avsättningen på plantorna och minskade avsättningen på marken.

Släpduken har i olika försöksrutor gett olika fördelning. I vissa rutor var avsättningen störst på översta bladnivån och i andra på mellersta nivån, vilket beror på att släpdukens position i grödan varierade mellan de olika försöksrutorna. Detta gör att det ser ut som att släpduken ger stora variationer i avsättning på olika nivåer genom att felstaplarna blir större (se figur 7a), men om släpduken hålls på en konstant nivå är dock inte variationerna större än för andra tekniker. Variationerna är genomgående för alla tekniker relativt stora ($30 < VK < 70\%$), vilket även visats i andra undersökningar (Hislop, 1987).

Ett problem med den här typen av undersökningar är just att de naturliga variationerna i till exempel beståndstäthet och därmed bladens exponering för sprutduschen är stora, vilket gör det svårt att hitta signifikanta skillnader i resultaten. Ett sätt att minska problemet är att öka upptagningsytan på varje sampel. I andra undersökningar (t.ex. Hislop & Western, 1993) har bara ett fåtal sampel analyserats med många växtdelar i varje. Avsättningen relateras då till växtdelarnas samlade torrsubstans-vikt i stället för den upptagningsyta samplet representerar. Resultatet blir ett medelvärde med mindre varians som lättare visar signifikanta skillnader, men samtidigt får man inget grepp om de verkliga variationerna. Med andra ord missar man en för appliceringen viktig kvalitetsaspekt. Möjligheten att ta större sampel och därmed få säkrare statistiska underlag utan att arbetsbehovet blir för stort är ändå eftersträfvansvärd.

Dålig spridningsjämnhet leder till att variationerna i avsättning blir ännu större. Det är därför av yttersta vikt att sprutorna är i god kondition när försöket utförs, vilket kan kontrolleras genom att mäta sprutornas dynamiska spridningsbild (Enfält et al., 1997) innan försöket utförs. Genom att registrera parametrar som vätskeflöde och hastighet vid appliceringen kan man korrigera i efterhand för mindre variationer vid appliceringen.

Kraven på vätskefördelningen varierar vid olika situationer, men ofta är nedträngning en viktig faktor. Vid ogräsbekämpning är det viktigt att även ogräs som täcks av gröda eller andra ogräs nås av herbiciden. Systemiska preparat transporteras i allmänhet uppåt i växten (Agrios, 1988), varför effekten ökar om sprutvätskan placeras långt ner i beståndet. Skadeinsekter sitter ibland dolda långt ner i beståndet, särskilt i tidiga utvecklingsstadium (Wikteliuss, 1996). Avsättning i nedre delarna av beståndet är med andra ord i många fall viktigt för behandlingsresultatet, men när nedträngningen i beståndet ökas är risken stor att avsättningen på marken också ökar.

I försök har man haft svårt att påvisa signifikanta skillnader i biologisk effekt till följd av olika fördelning av sprutvätska i bestånd (Hislop, 1987; May & Stevens, 1993). I de studier som gjorts har man använt sig av fasta doser. Det är då stor risk att alla doserna ligger bortom dosrespons-steget (Alness & Hagenvall, 1994). Studier av biologisk effekt med hjälp av linjär dosering begränsas inte av förutbestämda fasta doser. Detta ger bättre förutsättningar för att påvisa skillnader i biologisk effekt till följd av olika fördelning av sprutvätska i beståndet. Genom att jämföra skillnader i dosrespons med resultat från avsättningsstudier, kan sambanden mellan spridningsfördelning och biologisk effekt studeras närmare. Sådana studier utgör en annan del av detta projekt, men tyvärr kunde inget av de biologiska försöken slutföras under 1996 på grund av vädrets makter.

Konventionell teknik är lätt att använda, men har brister i form av vindkänslighet och dålig penetration i täta bestånd. Luftassistans, inbyggd sprutdusch med förbom och släpduk har alla visat att det går att förändra fördelningen av sprutvätska i bestånd. De har också minskat vindavdriften i andra försök (Hagenvall & Arvidsson, 1995). Utnyttjande av effektivare spridningstekniker som kan anpassas till att ge optimal avsättning/fördelning vid olika förhållanden minskar inte bara den totala användningen av bekämpningsmedel utan också riskerna med hanteringen av dessa och miljöpåverkan. Fler inställningsmöjligheter ger bättre möjlighet att anpassa tekniken till de förhållanden som råder i olika situationer. Detta ger fördelar under förutsättning att de används på rätt sätt. Fortfarande saknas dock viktig kunskap om hur olika inställningar av appliceringsteknikerna påverkar avsättningen och framförallt hur det påverkar den biologiska effekten. Det framtida forskningsbehovet på området är stort.

SAMMANFATTNING

Målet med denna undersökning var att undersöka hur olika bekämpningstekniker fördelar sprutvätska i levande bestånd. Fältförsök utfördes i potatis och höstvete. Genom att applicera sprutvätska färgad med ett färgpigment (Nigrosin WLF, Bayer) och skölja blad från tre olika nivåer samt objekt i plast som placerats ut på marken i beståndet, kunde mängden avsatt sprutvätska bestämmas med hjälp av spektrofotometri. Fyra olika appliceringstekniker ingick i undersökningen: konventionell teknik, luftassistans (Hardi Twin), inbyggd sprutdusch med förbom (Lehnerbom) och en släpduk utvecklad vid

Institutionen för lantbruksteknik, SLU. De tre sistnämnda teknikerna förbättrade samtliga nedträngningen i beståndet. I vissa fall ökade dock avsättningen på marken samtidigt.

Vid vätskemängden 100 l/ha i spannmål ökade släpduken avsättningen på flaggbladet jämfört med andra tekniker och vid 200 l/ha gav luftassistans större avsättning på flaggbladet än konventionell teknik. På andra och tredje bladet fanns inga signifikanta skillnader mellan teknikerna. Släpduken placerade mindre andel sprutvätska på marken jämfört med övriga tekniker i samtliga fall utom ett, vid 200 l/ha där släpduk och luftassistans var likvärdiga.

Mätningarna i potatis visade att såväl luftassistans som inbyggd sprutdusch och släpduk förbättrar penetration i beståndet jämfört med konventionell teknik. Allra bäst nedträngning uppnåddes med släpduken. Avsättningen på marken för släpduk och konventionell teknik var mellan 15% och 20% av applicerad vätskemängd. Sprutorna utrustade med lufttillsats och inbyggd sprutdusch ökade avsättningen på marken till mellan 25% och 35% av applicerad vätskemängd.

Försöken har visat att det finns en potential att effektivare utnyttja och därmed minska användningen av bekämpningsmedel genom att använda modern appliceringsteknik. Fortfarande saknas dock viktig kunskap inom området och ytterligare forskning behövs.

SUMMARY

The aim of this study was to compare spray deposition in field crops using different application methods. Field trials were carried out in potato and winter wheat crops. A tracer dye (Nigrosin WLF, Bayer) was added to the spray liquid, and deposition was measured on leaves at three different levels in the crop and plastic objects placed on the ground. The leaves/objects were rinsed in water and deposition was quantified with spectrophotometer measurements. Four different application methods were compared: a conventional sprayer, air-assistance (Hardi Twin), in-built spray with crop opener (Lehnerboom) and last a nozzle-sledge developed at the Swedish University of Agricultural Science, Department of Agricultural Engineering. The last three methods all improved canopy penetration. In some cases the ground deposition increased as a consequence of improved penetration.

At 100 l/ha application rate in winter wheat the nozzle-sledge improved the deposition on the ear-leaf compared to the other application methods, and at 200 l/ha air-assistance improved deposition on the ear-leaf compared to conventional application. On the second and third leaves there were no significant differences between the application methods. The nozzle-sledge decreased ground deposition compared to the other methods in all cases but one. At 200 l/ha application rate the nozzle-sledge and air-assistance gave equal ground deposition.

The measurements in potatoes showed that air-assistance, Lehner-boom and nozzle-sledge all improved canopy penetration compared to conventional application. The nozzle-sledge yielded highest penetration. Using conventional and nozzle-sledge application resulted in ground depositions between 15% and 20% of applied spray. The sprayers equipped with air-assistance and Lehner-boom increased ground deposition to between 25% and 35% of applied spray liquid.

The investigation has shown that there is a potential to more effective and hence reduced doses of agrochemicals by using modern application technology. Still though, there is a lack of important knowledge in this area and further research is needed.

LITTERATURFÖRTECKNING

Agrios, G.N. 1988. San Diego, California. Academic press cop. 1988. Plant pathology. 3:rd ed.

Alness, K. & Hagenvall, H. 1994. Dos-respons i forskning och praktik. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 35:e svenska växtskyddskonferensen. Skadedjur, växtsjukdomar och ogräs. s. 201-212.

Bengtsson, P., Engqvist, A., Enfält, P. & Alness, K. 1997. A method using linearly increased injection rate of pesticides for dose response studies. Wellesbourne. The Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 48, Optimising pesticide applications. s. 33-39.

Brandt, J. 1987. Sprutvätskans inträngning och avsättning vid olika monteringsvinklar med crop opener i ett konstgjort växtbestånd. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik. Institutionsmeddelande 87:05.

Bryant, J.E. & Courshee, R.J. 1985. The effect of volyme of application from hydraulic nozzles on the partitioning of a pesticide spray in a cereal canopy. Croydon. BCPC. Symposium on application and biology, Monograf British Crop Protection Council. v. 28. s. 201-210.

Carlton, J.B., Bouse, L.F., O'Neal, H.P. & Walla, W.J. 1981. Measuring spray coverage on soybean leaves. ASAE. Transactions of the ASAE. vol. 24. no. 5. s. 1108-1110.

Doble, S.J., Matthews, G.A., Rutherford, I. & Southcombe, E.S.E. 1985. A system for classifying hydraulic nozzles and other atomisers into categories of spray quality. BCPC. Proceedings Brighton Crop Protection Conference, III. s. 1125-1133.

Enfält, P., Alness, K. & Andersson, A. 1995. Spridningsjämnhetens betydelse för val av dos - en modell. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 36:e svenska växtskyddskonferensen. Jordbruk - Skadedjur, växtsjukdomar och ogräs. s. 315-324.

- Enfält, P., Alness, K. & Engqvist, A. 1996. A mathematical model of dose response behaviour - depending on the spray liquid distribution. Madrid. European Society of Agricultural Engineers. International Conference on Agricultural Engineering, Madrid 23/26 September, 1996. Paper 96A-132. s. 271-272.
- Enfält, P., Engqvist, A. & Alness, K. 1997. Assessment of the dynamic spray distribution on a flat surface using image analysis. Wellesbourne. The Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 48, Optimising pesticide applications. s. 17-24.
- Eriksson, P. 1988. Image processing for analysing spray deposits. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agricultural Engineering. Report 128.
- Grayson, B.T. & McCarthy, W.V. 1987. Spray deposition studies in field miniplots of wheat at the emerged ear growth stage. Wellesbourne. Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 14, Studies of Pesticide Transfer and Performance. s. 193-216.
- Hagenvall, H. 1987. Besprutningsteknik i lantbruket. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 25. s. 5.
- Hagenvall, H. & Arvidsson, T. 1995. Tekniska möjligheter att minska risken för vindavdrift. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 36:e svenska växtskyddskonferensen. Jordbruk - Skadedjur, växtsjukdomar och ogräs. s. 289-299.
- Hislop, E.C. 1987. Can we define and achieve optimum pesticide deposits? Wellesbourne. Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 14, Studies of Pesticide Transfer and Performance. s. 153-172.
- Hislop, E. & Western, N. 1993. Air-assisted spraying of cereal plants under controlled conditions. Paris. ANPP. International symposium on pesticide application techniques, Strasbourg - 22nd, 23rd, and 24th September 1993. v. 1/2. s. 289-296.
- Hutchins, S.H. & Pitre H.N. 1984. Effects of soybean row spacing on spray penetration and efficacy of insecticides applied with aerial and ground equipment. College Park, Maryland. Entomological society of America. Environmental entomology. v. 13 (4). s. 948-953.
- Lagerfelt, P. 1988. Deposit determinations in horizontal and vertical direction in a dense plant stand with the image analyser and the fluorimeter method. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agricultural Engineering. Report 128.
- Last, A.J. & Parkin, C.S. 1987. The measurement of spray deposits on natural surfaces by image analysis. Wellesbourne. Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 14, Studies of Pesticide Transfer and Performance. s. 85-96.
- Lockley, K.D. 1993. Efficacy of fungicides applied to winter wheat by air-assisted sprayers. Paris. ANPP. International symposium on pesticide application techniques, Strasbourg - 22nd, 23rd, and 24th September 1993. v. 1/2. s. 357-364.

May, M.J. & Stevens, D.B. 1993. Disease control and placement of sprays in winter wheat using sleeve boom and twin fluid nozzle sprayers. Paris. ANPP. International symposium on pesticide application techniques, Strasbourg - 22nd, 23rd, and 24th September 1993. v. 1/2. s. 373-380.

Miller, P.C.H., Walklate, P.J. & Mawer, C.J. 1989. A comparison of spray drift collection techniques. Farnham. BCPC. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, 1989. s. 669-676.

Nordbo, E. & Taylor, W.A. 1991. The effect of air assistance and spray quality (drop size) on the availability, uniformity and deposition of spray on contrasting targets. Farnham. BCPC. Air-assisted spraying in crop protection. Proceedings, Association of Applied Biologists and the British Crop Protection Council, University College of Swansea, UK, 7th - 9th January 1991. Edited by A. Lavers, Pamela Herrington and E.S.E. Southcombe. s. 113-124.

Reuterhäll, H. 1989. Croptilter® - förbom för bättre applicering. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 30:e svenska växtskyddskonferensen. Skadedjur och växtsjukdommar. v. 4. s. 80-88.

Ringel, R., Taylor, W.A. & Andersen, P.G. 1991. Changing spray deposits from horizontal to vertical surfaces at ground level within cereal rows using air assistance. Farnham. BCPC. Air-assisted spraying in crop protection. Proceedings, Association of Applied Biologists and the British Crop Protection Council, University College of Swansea, UK, 7th - 9th January 1991. Edited by A. Lavers, Pamela Herrington and E.S.E. Southcombe. s. 297-298.

Spraying Systems Co. 1995. Fyra sätt att kontrollera vindavdrift under många olika omständigheter. Wheaton, U.S.A. Bulletin 393MA-S.

Taylor, W. & Andersen, P.G. 1987. Effect of application changes and cereal growth stage on spray deposition. Wellesbourne. Association of Applied Biologists. Aspects of Applied Biology 14, Studies of Pesticide Transfer and Performance. s. 71-76.

Wigre, M. 1989. Förbom i potatis - en inledande studie. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. 30:e svenska växtskyddskonferensen. Skadedjur och växtsjukdommar. v. 4. s. 71-79.

Wolff, R.L., Smith, O.R., Ibendahl, G.A. & ur Rahman, M. St. Joseph, Michigan. ASAE. International Winter Meeting, The American Society of Agricultural Engineers, 12-15 December 1989, New Orleans, Louisiana. Paper No. 89-1520.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, XIV, s. 415-421.

PERSONLIGA MEDDELANDEN

Docent S. Wiktelius. 1996. Institutionen för entomologi, Sveriges lantbruksuniversitet.