



Maskiner og planteavl | nr. 84 | 2007

# FarmTest

## Sprøjteteknik i kartofler



# Sprøjteteknik i kartofler

Af Niels Enggaard Klausen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion

Titel: Sprøjteteknik i kartofler  
Forfatter: Konsulent Niels Enggaard Klausen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion,  
Konsulent Hans Henrik Pedersen, Jordbrugsteknologi, AgroTech  
Review: Landskonsulent Kjeld Vodder Nielsen, AgroTech  
Layout: Lone E. Haargaard, AgroTech  
Tryk: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret  
Udgave: 1. udgave 2007  
Oplag: 25 stk.  
Udgiver: Dansk Landbrugsrådgivning  
Landscentret  
Udkærsvej 15, Skejby  
8200 Århus N  
Telefon 87 40 50 00 | Fax 87 40 50 10  
E-mail: farmtest@landscentret.dk  
www.farmtest.dk  
iSSN: 1601-6777

# Indhold

1. Konklusion og sammendrag .....	5
2. Baggrund .....	6
2.1 Tidligere forsøg .....	6
3. Formål .....	8
4. Undersøgelsens gennemførelse.....	9
4.1 Fremgangsmåde - Måling af sporstof.....	10
4.2 Fremgangsmåde – Vandfølsomt papir .....	11
4.3 Sprøjtet demonstrationer med optisk hvidt og ultraviolet lys.....	11
5. Resultater .....	12
5.1 Måling af sporstof .....	12
5.1.1 Sprøjtning under ugunstige vindforhold.....	13
5.2 Vandfølsomt papir .....	14
5.2.1 Traditionel marksprøjte .....	14
5.2.2 Hardi TWIN og Danfoil.....	14
5.3 Opsummering af resultater .....	15
6. Konklusioner .....	16
7. Kilder .....	17

# 1. Konklusion og sammendrag

Der sprøjtes intensivt i kartofler for at holde dem fri for skimmel. Der er kun begrænset viden om, hvorledes forskellige sprøjteteknikker påvirker afsætningen i kartoffelplanten. Ved denne undersøgelse er forskellige sprøjtetyper og dysetyper undersøgt. Tre sprøjtetyper indgik i undersøgelsen: En traditionel marksprøjte, en marksprøjte med Hardi TWIN luftassistance og en Danfoil luftsprøjte. Sprøjterne blev afprøvet med forskellige dyser samt med varierende vandmængde og ved varierende kørehastighed.

Sprøjteteknikkerne blev vurderet på baggrund af

- Afvaskning og måling af sporstof.
- Registrering af dråbernes placering med vandfølsomt papir.
- Visuel bedømmelse af sprøjtevæskens placering med fluorescerende væske og ultraviolet lys.

En ensartet dækning af alle blade er væsentlig for at beskytte mod kartoffelskimmel, da der altovervejende benyttes midler med kontaktvirkning. Med ultraviolet lys og optisk hvidt kan man visuelt se fordelingen af sprøjtevæske i afgrøden. Det er ikke lykkedes at fotografere dette eller på anden vis dokumentere ensartetheden af de forskellige behandlinger. Dette vil kræve yderligere undersøgelser enten i form af forbedret fototeknik eller ved sprøjtning med sporstoffer med efterfølgende analyse af mindre bladarealer end der blev benyttet under denne test.

Der er stor variation på de udførte målinger. Det er derfor ikke muligt med statistisk sikkerhed at adskille de forskellige teknikker. Resultaterne peger dog på følgende:

- Ved sprøjtning med den luftassisterede Hardi TWIN sprøjte og med luftsprøjten fra Danfoil var der større afsætning af sprøjtevæske i øverste del af kartoffelafgrøden.
- Danfoil sprøjten gav den største afsætning midt i kartoffelplanten.
- Med en traditionel sprøjte blev der målt størst afsætning øverst i kartoffeltoppen med kompakte luftinjektionsdyser. Det gælder både under gunstige og ugunstige vindforhold. Under ugunstige vindforhold blev der målt 40 % større afsætning på de øverste blade end efter almindelige fladsprededyser.
- Under ugunstige vindforhold blev der opnået en markant bedre afsætning med Hardi TWIN luftassistance i forhold til sprøjtning med almindelige fladsprededyser uden luftassistance. Danfoil sprøjten blev ikke afprøvet under ugunstige vindforhold.
- Da vindforholdene var forskellige ved de tre hastigheder, kan det ikke konkluderes om hastigheden påvirker afsætningen.

## 2. Baggrund

Kartofler behandles i sæsonen mod kartoffelskimmel ca. hver 10. dag eller oftere afhængig af vejrforholdene. Midlerne er overvejende kontaktmidler. Det diskuteres meget blandt fagfolk, om det er tilstrækkeligt at beskytte den øverste tredjedel af kartoffeltoppen, eller om det også er vigtigt at få sprøjtemiddel afsat på de nederste blade. Kartoffeltoppens nederste del kan være beskyttet af de foregående sprøjtninger. Koncentrationen af midlerne kan dog være reduceret på grund af afvaskning og lysnedbrydning. En vis nedtrængning i bladmassen vil umiddelbart være at foretrække.

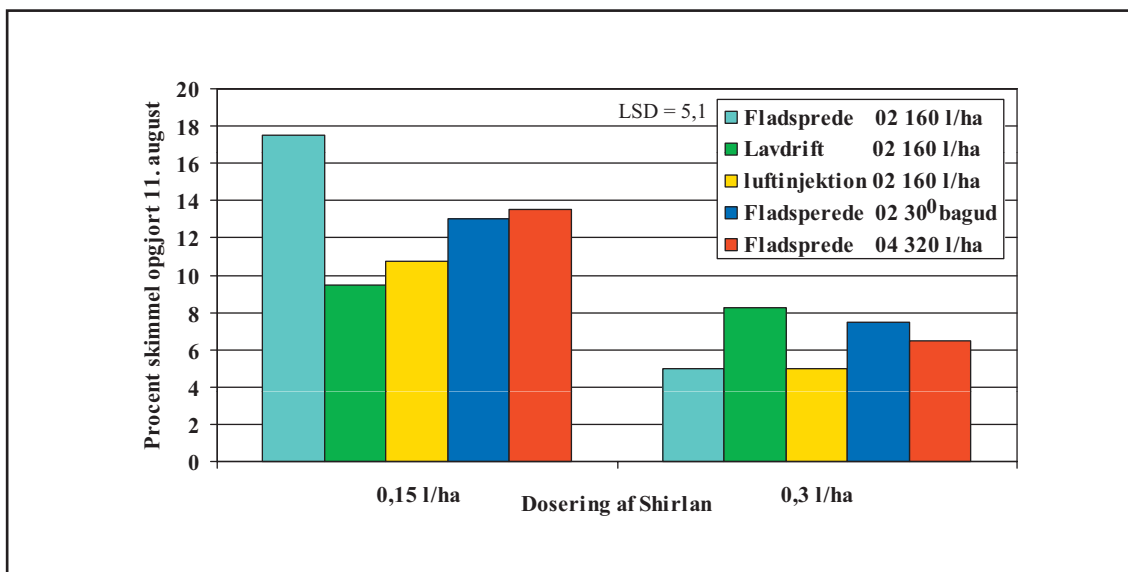
Kartoffelavlten koncentrerer sig på færre producenter, så den enkelte avler har et stadig større areal, som skal behandles. I sæsonen 2007 har det regnet meget, hvilket har medført et stort smittetryk og samtidig kun få dage, hvor der var gode forhold til at sprøjte. For kartoffelavleren er kapacitet ved sprøjtning derfor væsentlig. Kapaciteten kan primært øges gennem større arbejdsbredde, højere hastighed men også ved større tankvolumen eller ved lave vandmængder pr. ha. Det er dog en udfordring at opnå en effektiv nedtrængning af sprøjtevæsken, hvis hastigheden øges.

For at undgå belastning af det omgivende miljø er der stigende fokus på afdriftsreducerende teknikker. Hardi TWIN luftassistance og luftinjektionsdyser kan bruges, når det blæser, herved kan antallet af sprøjtetimer øges. Sprøjtning med almindelige fladsprededyser kan ikke anbefales. Med Danfoil luftsprøjten reduceres afdriften i forhold til sprøjtning med traditionel marksprøjte med fladsprededyser. I øjeblikket foretages nye afdriftsforsøg med Danfoil luftsprøjten.

At kunne sprøjte rettidigt er vigtigt, især overfor kartoffelskimmel. Flere sprøjtedage giver også mulighed for at sprøjte større arealer.

### 2.1 Tidligere forsøg

I effektforsøg udført ved Forskningscenter Flakkebjerg har man opnået samme eller bedre effekt ved sprøjtning med luftinjektionsdyser, der danner store dråber i forhold til sprøjtning med almindelige fladsprededyser. I figur 2.1 ses resultaterne af et forsøg fra 2005.



Figur 2.1 Effekt af skimmelbekæmpelse på baggrund af sprøjeteknik og dosis. Ved lav dosis (0,15 l Shirlan/ha) er skimmelbekæmpelsen med 02 fladsprededyse mindre effektiv end med de andre dyser. Ved høj dosis (0,3 l Shirlan/ha) er effekten lige så god med 02 luftinjektionsdyse som med 02 fladsprededyse. Med fladsprededyse er effekten bedst ved den lave vandmængde, 160 l/ha modsat 320 l/ha.

Af særlig interesse for denne undersøgelse er den turkis og den gule søjle. Med en almindelig fladsprededyse er der ved 0,15 l Shirlan pr. ha ca. 40 % mere skimmel i forhold til brug af luftinjektionsdyse. Ved 0,3 Shirlan pr. ha er bekæmpelsen ens.

Der er foretaget flere effektforsøg, hvor en almindelig marksprøjte og Hardi TWIN er sammenlignet. Resultater fra ni forsøg med skimmelbekæmpelse i kartofler er samlet i en planteavlsoversigt fra 2002. Forsøgene viste ingen eller kun lille forskel mellem sprøjterne. Tre ud af ni forsøg viste bedre effekt på skimmelbekæmpelse med Hardi TWIN. Resultaterne var dog ikke statistisk signifikante. Med Hardi TWIN sprøjtes væsken generelt længere ned i afgrøden, men kun i få tilfælde har det øget effekten af skimmelbekæmpelsen. Dette er målt ved afsætningsforsøg sammen med effektforsøgene. Forskelle i sprøjtetypernes effekt viste sig specielt ved reducerede doseringer. I de tilfælde hvor effekten var god med halv dosis, var der sprøjtet med Hardi TWIN. Tendensen i forsøgene har været, at effekten var størst ved de største vandmængder. Vandmængden i forsøgene varierede mellem 100 og 400 l/ha. I forsøget fra Forskningscenter Flakkebjerg ses dog ingen øget effekt ved 320 l/ha set i forhold til 160 l/ha.

### **3. Formål**

Undersøgelsens formål har været at belyse afsætning af sprøjtevæske ved brug af forskellige sprøjteteknikker. Især at belyse sprøjteteknikker, der sikrer god dækning og ensartet afsætning øverst og i midten af kartoffeltoppene.



## 4. Undersøgelsens gennemførelse

Undersøgelsen blev gennemført i midten af juli 2007 på en kartoffelmark nær Holstebro.

Sprøjterne der blev benyttet til testen var:

1. Luftassisteret sprøjte. Hardi TWIN New Commander 4400.
2. Traditionel marksprøjte. Dette blev udført med den samme Hardi sprøjte uden luft assistance.
3. Danfoil ConCorde luftsprøjte.



Figur 4.1 Hardi sprøjte med TWIN luftassistance.



Figur 4.2 Danfoil luftsprøjte.

Adskillige dyser blev forsøgt. Af hensyn til overskueligheden vil der kun blive fokuseret på udvalgte dyser. Hastigheden var 6, 9 og 12 km/t. Med traditionel sprøjte og med TWIN luftassistance blev sprøjtet med ca. 100, 200 og 325 l/ha. Danfoil luftsprøjten blev undersøgt ved 6 og 9 km/t og ved hhv. 50 og 95 l/ha.

To metoder blev brugt til at vurdere sprøjteteknikken:

- Måling af sporstof.
- Vandfølsomt papir blev hæftet på bladene, så afsætning på over- og underside af bladet kunne registreres.

Vejret var overskyet men tørt, temperaturen var ca. 20 °C. Vinden ved de første kørsler var 4-5 m/s. Ved de resterende kørsler var vindhastigheden kun 2-3 m/s. Kørslen foregik i vindretningen.

De første serier, hvor vejrforhold var ugunstige, blev sprøjtet ved en hastighed på 6 km/t med almindelig sprøjte og ligeledes ved 6 km/t med TWIN luftassistance.

Vindforholdene var sammenlignelige (2-3 m/s) ved sprøjtning med de to sprøjtetyper ved 9 og 12 km/t samt ved sprøjtninger med Danfoil luftsprøjten.

Resultater under ugunstige og gode vindforhold vil ikke blive sammenlignet.

## 4.1 Fremgangsmåde - Måling af sporstof

<p><b>Sporstof tilsættes tanken</b></p> <p>Med sporstoffet natrium fluorescein opblandet i tanken kan det måles hvor meget sprøjtemiddel, der afsættes på kartoffeltoppene ved de forskellige sprøjteknikker. Det blev tilstræbt at dosere 10 g sporstof pr. ha. Efter hver behandling blev hele kartoffelblade indsamlet til analyse af den mængde sporstof, der var blevet afsat.</p>	
<p><b>Udtagning af blade</b></p> <p>Det øverste, fuldt udviklet blad og et blad fra midten i kartoffeltoppen blev udtaget til analyse. For hver behandling blev der udtaget blade fra tre planter. I alt seks prøver pr. behandling. Bladene blev lagt i hver sin pose, der blev opbevaret mørkt for at undgå lysnedbrydning af sporstoffet.</p>	
<p><b>Afvaskning af sporstof</b></p> <p>Hvert blad blev afvasket med 20 ml basisk opløsning (0,1% NaOH). Væsken blev overhældt på glas, der blev opbevaret køligt og mørkt.</p>	
<p><b>Beregning af bladenes areal</b></p> <p>Bladene blev scannet med en bordscanner, og arealet blev derefter beregnet.</p>	 <p>Eksempel på scannet kartoffelblad</p> 
<p><b>Analyse af sporstof</b></p> <p>Natrium fluorescein udsender lys (fluorescerer) når det tilføres energi for eksempel i form af ultraviolet lys. Denne fluorescens kan måles med et fluorimeter. Fluorimeteret blev kalibreret ved at måle på en tankprøve udtaget fra sprøjtetanken.</p>	

### Beregning af analysedata

For at sammenligne teknikkerne er analyseresultaterne omregnet til dosering af et givet stof udbragt i en dosering på en liter pr. ha. Herved kompenseres for at sprøjterne udsprøjtede forskellige væskemængder pr. ha. Afsætningen af sporstof på bladene er omregnet til mikroliter ( $\mu\text{l}$ ) af et fiktivt stof pr.  $\text{m}^2$  bladareal.

### Sikkerhed i måleresultater

Der er kun udført tre gentagelser pr. behandling, det bevirker, at der ikke med statistisk sikkerhed kan konkluderes på resultaterne.

## 4.2 Fremgangsmåde – Vandfølsomt papir

For at få et visuelt indtryk af dråbernes fordeling blev der sat vandfølsomt papir fast på bladene. Det vandfølsomme papir blev foldet på midten og klipset fast langs bladkanten. Derved kunne afsætning registreres på både over- og underside af bladet, se figur 4.1. På vandfølsomt papir ses dråbestørrelsen og fordelingen af dråberne fra de forskellige dysetyper. Det vandfølsomme papir, som vises i FarmTesten, er fra samme sprøjtning som afsætningsmålingerne.



Figur 4.1 Vandfølsomt papir blev fæstnet på bladene, for at registrere dråbernes fordeling.



Figur 4.2 Sprøjtevæsken er tilsat optisk hvidt, som lyser op, når det udsættes for ultraviolet lys.

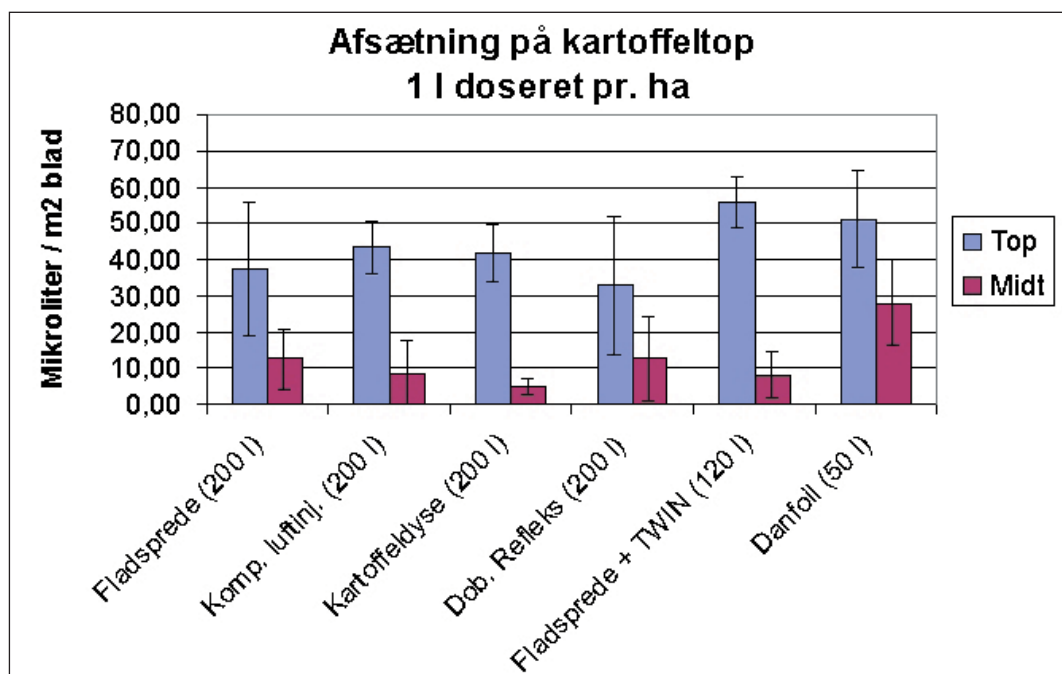
## 4.3 Sprøjtedemonstrationer med optisk hvidt og ultraviolet lys

I forbindelse med undersøgelserne blev der afholdt sprøjtedemonstrationer for avlere og konsulenter. Demonstrationerne foregik om aftenen, og her blev kartoffeltoppene sprøjtet med optisk hvidt og derefter belyst med ultraviolet lys. Optisk hvidt lyser op (fluorescerer), når det belyses med ultraviolet lys. Derved kan dråbernes placering på bladenes forside og bagside ses.

# 5. Resultater

## 5.1 Måling af sporstof

Figuren herunder viser afsætningen af sporstof på henholdsvis øvre blade og blade midt i kartoffeltoppene. Alle målinger er foretaget ved moderate vindforhold (2-3 m/s). Hver søjle er et gennemsnit af to hastigheder, hver med måling på tre planter. Det vil sige et gennemsnit af seks målinger i alt. Med traditionel sprøjte og Hardi TWIN er der kørt 9 og 12 km/t. Med Danfoil sprøjten er der kørt 6 og 9 km/t. Der kunne med traditionel sprøjte måske være opnået bedre afsætning, hvis også målinger ved 6 km/t indgik. Disse målinger blev dog udført ved større vindhastighed og kan derfor ikke indgå i beregning af gennemsnit. Se næste afsnit.



Figur 5.1 Afsætning af sporstof ved forskellige sprøjteteknikker. Afsat sporstof er omregnet til sprøjtning med en liter stof pr. ha.

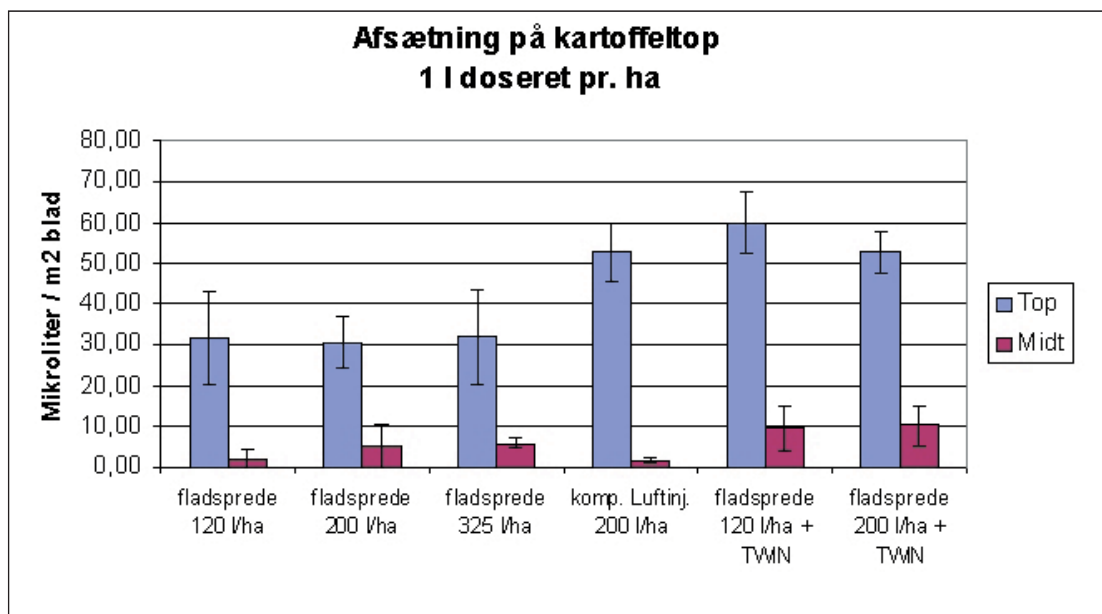
Den blå søjle viser afsætning øverst og den bordeaux søjle viser afsætning i midten af kartoffeltoppen. Spredningen for hver behandling er vist med de sorte lodrette streger. Jo mindre stregerne er, jo mere ens var mængden af sporstof på bladene inden for hver behandling. De første fire behandlinger er forskellige dyser på en traditionel marksprøjte, de to sidste behandlinger er med Hardi TWIN og Danfoil. Den traditionelle marksprøjte udsprøjtede 200 l/ha, Hardi TWIN 120 l/ha og Danfoil 50 l/ha.

Den største forskel mellem teknikkerne ses mellem brug af traditionel marksprøjte og så luftassistance eller luftsprøjte. Der bliver tydeligvis afsat mest i toppen af afgrøden ved disse. Yderligere giver Danfoil sprøjten en bedre afsætning midt i afgrøden.

Ved sprøjtning med traditionel marksprøjte opnås størst afsætning øverst i kartoffeltoppen med kompakt luftinjektionsdyse samt kartoffeldyden, spredningen er ligeledes mindst ved disse to dyser.



### 5.1.1 Sprøjtning under ugunstige vindforhold



Figur 5.2 Afsætningen er målt ved sprøjtning ved 4-5 m/s. Det ses, at afsætning øverst i kartoffeltoppen ikke ændres uanset vandmængde, når der sprøjtes med almindelig fladsprededyse. Ved brug af kompakt luftinjektionsdyse eller luftassistance med Hardi TWIN, øges afsætningen på de øverste blade. De relativ små dråber fra almindelig fladsprededyse er udsat for afdrift, hvorimod de grovere dråber fra kompakt luftinjektionsdyse bedre modstår vinden. Luftassistance reducerer ligeledes afdriften og øger afsætningen.

Figur 5.2 viser afsætning af sporstof ved kørsel med 6 km/t. Det blæste 4 - 5 m/s ved denne sprøjtning. Først vises tre forskellige vandmængde med almindelig fladsprededyse. Derefter vises hvordan kompakte luftinjektionsdysere og Hardi TWIN øger afsætningen (Danfoil sprøjten kørte ikke under ugunstige forhold, og er derfor ikke med i denne figur). Uanset om vandmængden øges, giver den almindelige fladsprededyse ikke en øget afsætning på de øverste blade, afsætningen i midten af kartoffeltoppen stiger lidt. Generelt blæser de fine dråber væk fra det egentlige mål. Ved brug af store dråber fra kompakte luftinjektionsdysere eller ved brug af luftassistance reduceres afdriften og afsætningen øges, især på de øverste blade. Med Hardi TWIN ses, at afsætningen ikke øges ved at øge vandmængden.



Figur 5.3 Afdrift uden TWIN luftassistance slået til. Det svarer til afdrift ved en traditionel marksprøjte.



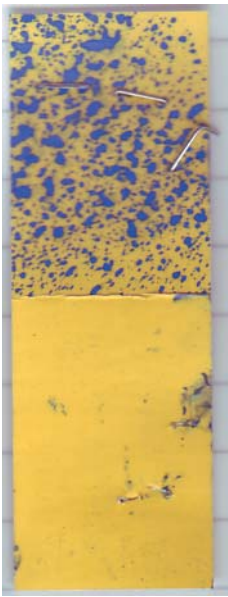
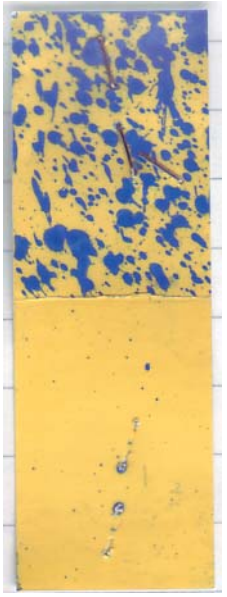
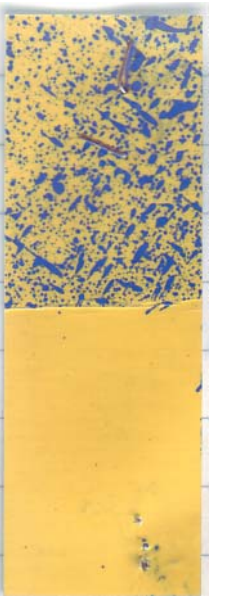
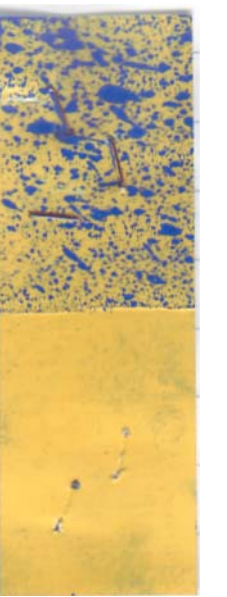
Figur 5.4 Afdrift med TWIN luftassistance slået til. Der ses en tydelig reduktion i afdriften.

## 5.2 Vandfølsomt papir

I det følgende afsnit vises vandfølsomt papir fra de sprøjteteknikker der sammenlignes i figur 5.2. De viste eksempler er udvalgt, så de er repræsentative for dyserne. I eksemplerne ses afsætning på bladoverside på den øverste halvdel og afsætning på underside på den nederste halvdel.

### 5.2.1 Traditionel marksprøjte

Alle fire dyser er ISO størrelse 04. De var monteret forskellige steder på bommen. Der er altså sprøjtet under helt ens forhold. Hastigheden var 9 km/t. Trykket var 2,6 bar hvilket medfører en væskemængde på 200 l/ha.

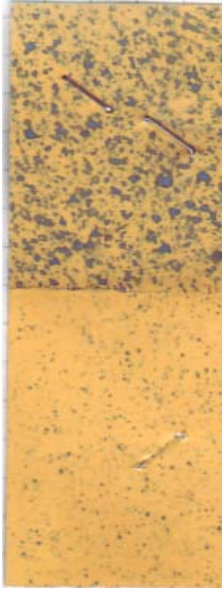

Almindelig fladsprededyse F-04 (Hardi)	Kompakt luftinjektionsdyse MD-04 (Hardi)	Kartoffeldyse (Syngenta)	Dobbelt refleksdyse TTJ60 110-04 (TeeJet)
			
Dråbestørrelse: Middel	Dråbestørrelse: Meget grov	Dråbestørrelse: Middel	Dråbestørrelse: Grov

Alle fire dyser har givet ringe afsætning på bagsiden.

### 5.2.2 Hardi TWIN og Danfoil

På det vandfølsomme papir efter Hardi TWIN sprøjtningen ses god dækning på overside ligesom der også ses dråber på bagsiden.

Med Danfoil luftsprøjten forstøves væsken af luften, der presses gennem forstøverne. Dråbestørrelsen kan justeres ved hjælp af lufttrykket. Jo højere tryk, jo mindre dråber. I forhold til hydrauliske dyser laves meget fine dråber. I eksemplet til højre ses en fin afsætning af små dråber på oversiden.

<b>Hardi TWIN</b> <b>Almindelig</b> <b>fladsprededyse</b> <b>F-02 (Hardi)</b>	<b>Danfoil</b> <b>80 l/ha,</b> <b>luft: 18 cm vandsøjle</b>
	
Dråbestørrelse: Fin	Dråbestørrelse: Meget fin

### 5.3 Opsummering af resultater

#### Sprøjtning med traditionel marksprøjte

- Almindelig fladsprededyse: Både afvaskning af sporstof og afsætning på vandfølsomt papir viser en relativ lav afsætning.
- Kompakt luftinjektionsdyse: Ved 6 km/t, der som nævnt er kørt ved ugunstige vindforhold, er afsætningen på de øverste blade ca. 40 % større end efter almindelig fladsprededyse på grund af grovere dråbestørrelse. Afsætning er mindre på bladene i midten af kartoffeltoppen end med almindelige fladsprededyser.
- Kartoffeldyse: Der er målt god afsætning øverst i kartoffeltoppen. Af de undersøgte dyser giver denne dyse den mindste afsætning midt i bladmassen.
- Dobbelt refleksdyse: Afsætning er på linie med eller ringere end ved sprøjtning med almindelige fladsprededyser.

#### Sprøjtning med luftassistance og luftsprøjte

- Hardi TWIN og Danfoil sprøjterne afsatte mere på de øvre blade end efter traditionel marksprøjte.
- Danfoil sprøjten gav markant den største afsætning midt i kartoffeltoppen.
- Efter Hardi TWIN blev der ikke målt større afsætning midt i kartoffeltoppen i forhold til efter traditionel marksprøjte.

## 6. Konklusioner

Spredningen er stor på samtlige målinger, og derfor er der ikke basis for at uddrage sikre konklusioner. Undersøgelsens resultater peger i retning af følgende:

- Der er større afsætning efter kompakt luftinjektionsdyser end efter almindelige fladsprededyser uanset vindforhold.
- Luftassistance og luftsprøjte giver øget afsætning øverst i kartoffeltoppen.
- Den største afsætning midt i kartoffeltoppen blev fundet med Danfoil sprøjten.
- Med luftassistance eller luftsprøjte blev fundet størst afsætning ved brug af mindste vandmængde.
- Der ses ikke øget afsætning ved vandmængder over:
  - 200 l/ha Traditionel marksprøjte
  - 120 l/ha Hardi TWIN
  - 50 l/ha Danfoil

Der har ikke være basis for at konkludere om afsætningen påvirkes af hastigheden på grund af varierende vindforhold. Der blev ikke målt dårligere afsætning ved 12 km/t set i forhold til 9 km/t. Variationen i den mængde som blev afsat, var dog størst ved 12 km/t.

I denne FarmTest er afsætning blevet målt på hele blade. Ved brug af vandfølsomt papir og fluorescerende væske blev fordelingen af dråberne vurderet. Der sås ikke forskel på fordelingen ved brug af grove dråber i forhold til fine dråber. Det lykkedes ikke at skaffe fotos af forskelle mellem de anvendte teknikker.

Efterfølgende er vi blevet bekendt med teknikker til at fotografere eller scanne blade for at vurdere afsætning af fluorescerende væske. Dette kan eventuelt benyttes i en opfølgende undersøgelse.



## 7. Kilder

Dalsgaard, Anders & Olsen, Louise Vedel. 2006. Så er det snart tid for skimmelsprøjtninger. Kartoffelproduktion. Nr. 3. 32. årgang.

Jensen, Peter Kryger. 2007. Sprøjteteknikkens betydning for optimal effekt af plantebe-  
skyttelse. Plantekongres 2007.

Jørgensen, Lars. 2003. Sprøjteteknik – fokus på egnet teknik til forskellige opgaver. Indlæg  
på Seminar om Planteværn 2003.

Møller, Lars. 2002. Bekæmpelse af kartoffelskimmel med luftassisteret Twin-sprøjte. Plante-  
avlsorientering. Landscentret.

Møller, Lars. 2001. Sprøjteteknik ved bekæmpelse af kartoffelskimmel. Planteavlsorientere-  
ring. Landscentret.

**Tak til:**

Forsøgsvært Thyge Thoustrup, Mejrup, 7500 Holstebro  
Skave Maskinstation, Skave, 7500 Holstebro