

Driftbeperkende spuittechnieken voor de bloembollen.

Drift bij een luchtondersteunde veldspuit, een spuit met afgeschermdde spuitboom en een tunnelspuit voor bedden

*Emission-reducing pesticide application in flowerbulb growing.
Drift deposition of an air-assisted field sprayer, a sprayer with a shielded sprayer boom and a tunnel sprayer.*

H.A.J. Porskamp
J.M.G.P. Michielsen
J.C. van de Zande

IMAG-DLO Wageningen
Rapport 97-08

Abstract

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen and J.C. van de Zande, 1997.

Emission-reducing pesticide application in flowerbulb growing. The drift deposition of an air-assisted field sprayer, a sprayer with a shielded sprayer boom and a tunnel sprayer.

IMAG-DLO Report 97-08, Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, 37pp.

The spraying of crop protection chemicals should be improved to achieve a more direct application to the crop providing a better spray coverage and the prevention of drift to soil and air.

Research on methods to drift outside a sprayed field was carried out when spraying a flowerbulb crop. The effects of air assistance and a shielded sprayer boom on a field sprayer and a prototype tunnel sprayer for bed-grown crops were evaluated over a period of three years. They were evaluated on the drift to the soil surface outside the field, the deposition on the soil surface in the sprayed field, and the drift to the air. Varying reductions in drift next to the field were reached.

Keywords: crop protection, pesticide application, deposition, spray drift, emission, air assistance, shielded sprayer, tunnel sprayer, field sprayer, flowerbulbs

Voorwoord

In 1991 heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG, 1991) opgesteld, waarin een van de doelstellingen de reductie van de emissie naar het oppervlaktewater met 90% is.

IMAG-DLO voert in het kader hiervan onderzoek uit naar bepalingmethoden voor het meten van depositie en drift bij de verschillende toedieningstechnieken voor gewasbeschermingsmiddelen. Dit wordt zowel bij bestaande als bij nieuwe spuittechnieken gedaan.

Het voorliggende rapport geeft een overzicht van de resultaten van het veldonderzoek in bloembollen, dat in de periode 1993-1996 heeft plaatsgevonden. Het veldonderzoek is uitgevoerd op het IMAG-DLO proefbedrijf "Oostwaardhoeve" te Slootdorp en op het proefbedrijf "De Noord" te Sint Maartensbrug. Een woord van dank aan de medewerkers van de beide proefbedrijven voor de medewerking bij deze proeven is zeker op zijn plaats.

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door het additioneel MJPG-Programma "Emissiebeperkende Toedieningstechnieken" van LNV, het Landbouwschap en het Produktschap voor Siergewassen.

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	8
2 Literatuurstudie	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Afschermingen op veldspuiten	9
2.2.1 Dichte volledige afscherming	10
2.2.2 Geperforeerde volledige afscherming	12
2.2.3 Combinatie van geperforeerde en dichte afscherming	12
2.2.4 Dicht scherm achter de spuitboom	13
2.2.5 Geperforeerd scherm achter de spuitboom	14
2.2.6 Hulzen om de spuitdoppen	14
2.3 Afschermingen op rijen- en strokenspuiten	15
2.4 Discussie	15
3 Driftmetingen	16
3.1 Materiaal en methode	16
3.1.1 Experimenten	16
3.1.2 Beschrijving en afstelling van de spuitmachines	16
3.1.3 Metingen drift	20
3.2 Resultaten	22
3.2.1 Drift naar grond naast het perceel	22
3.2.2 Drift naar lucht naast het perceel (druppeldrift)	24
3.2.3 Depositie naar grond in het perceel	25
3.2.4 Driftreductie ten opzichte van een conventionele standaard bespuiting	26
3.3 Discussie	27
4 Conclusies en aanbevelingen	29
Summary	30
Literatuur	31
Bijlagen	35

Samenvatting

Bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen in de open teelten heeft de spuittechniek een grote invloed op de depositie van de middelen op de planten, op de drift naar de grond binnen en buiten het perceel en op de drift naar de lucht.

Om vast te leggen welke bijdrage spuittechnieken kunnen leveren aan de vermindering van drift is naast een literatuurstudie in een serie veldexperimenten, in 1993, 1995 en 1996, het effect van luchtondersteuning, afscherming van de spuitboom en overkapping van de spuitboom (tunnelspuit voor bedden) op de drift buiten het perceel bepaald in de bollenteelt.

Literatuur

Via een literatuurstudie zijn de perspectieven van afscherming voor driftreductie in kaart gebracht. Het onderzoek is beperkt tot veldspuiten en bedden-, stroken- en rijenspuiten.

De conclusie uit het literatuuronderzoek is dat bij veldspuiten door afscherming van de spuitboom de drift aanzienlijk kan worden beperkt. De afschermingen bestonden uit gaas- of plaatmateriaal dat aan de voor- en/of achterkant van de spuitboom op een veldspuit werd gemonteerd. Het afschermen van spuitbomen en het effect ervan op drift werd vaak in combinatie met fijne spuitdoppen onderzocht. Bij vergelijking van deze systemen met dezelfde spuitdop zonder afscherming bleek dat het percentage driftreductie van de afgeschermden systemen veelal in de orde van grootte van 60 tot 85% lag. Doorgaans werd deze reductie op het hele meettraject (van 0 m tot 32 m) naast het perceel (gespoten zwad) waargenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat soms melding gemaakt werd van sterk wisselende resultaten door effecten van rijnsnelheid en -richting in combinatie met windsnelheid en -richting. Met een lage rijnsnelheid voor de wind rijden kon bij gebruik van afschermingen resulteren in een aanzienlijke toename van drift (tot 80%) in vergelijking met een niet afgeschermd spuit onder dezelfde omstandigheden.

De beschreven systemen werden veelal in grote graangebieden toegepast (USA, Canada, Noord-Duitsland). Hoe deze systemen inzetbaar zijn in de Nederlandse situatie is onduidelijk. Voor de Nederlandse situatie gelden andere voorwaarden die aan afgeschermd spuitsystemen gesteld worden. Hiertoe behoren: het gewas mag niet geraakt worden (bollen), een beperkte rijnsnelheid, eisen ten aanzien van de wendbaarheid, de transporteerbaarheid en de toegepaste dopkeuze.

Driftmetingen bij bloembollen

In veldproeven is aan de benedenwindse zijde naast het perceel de drift naar de grond gemeten op diverse afstanden vanaf de laatste spuitdop. Tevens is op één afstand op diverse hoogtes de drift naar de lucht bepaald (druppeldrift).

In 1993 zijn oriënterende metingen verricht met een veldspuit met en zonder luchtondersteuning en met een prototype tunnelspuit(93) met in- en uitgeschakelde luchtrecirculatie voor de beddenteelt. De bespuitingen vonden plaats in tulpen en lelies.

In 1995 zijn metingen verricht aan een veldspuit met een afgeschermd spuitboom en een veldspuit met wel en niet ingeschakelde luchtondersteuning. De proeven werden uitgevoerd in tulpen en gele mosterd.

In 1996 is een nieuw type tunnelspuit(96) met luchtgeleiding ontwikkeld voor de beddenteelt. Samen met deze spuit werden ook driftmetingen uitgevoerd aan een veldspuit met in- en uitgeschakelde luchtondersteuning. De proeven vonden plaats in lelies en gele mosterd.

Drift naar de grond naast het perceel

Bij de bespuiting van een gewas bollen neemt bij veldspuiten door het toepassen van luchtondersteuning de drift naar de grond af aan de benedenwindse zijde buiten het perceel. Voor de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop was dit bij een spuitboomhoogte van 50 cm boven het gewas gemiddeld 60-70%.

Door de spuitboom af te schermen met insectengaas aan de voorzijde en plastic folie aan de achterzijde werd, afhankelijk van de omstandigheden, de drift op 2-3 m afstand met 54(45-62)% verminderd.

Door afscherming van de doppen met een tunnel, die juist over een bed paste, werd ten opzichte van een veldspuit een driftreductie bereikt van meer dan 90% over de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop (rand van het buitenste bed).

Drift naar de lucht naast het perceel

De bespuitingen met luchtondersteuning gaven een vermindering van de drift naar de lucht met gemiddeld 45-79%. De percentages waren sterk afhankelijk van de omstandigheden. Bij de afscherming van de spuitboom was de reductie 0 tot 42% en bij de tunnelspuit(93) zonder luchtcirculatie bedroeg de reductie 76%.

Door het toepassen van luchtondersteuning, het afschermen van de spuitboom of het overkappen van de spuit (tunnelspuit) kan in de beddenteelt een grote bijdrage worden geleverd aan de MJP-G doelstelling van 90% driftreductie naar het oppervlaktewater. Vooral het effect van de overkapping van de beddenspuit was groot. De toegepaste tunnelspuit voor bedden en afgeschermdde spuitboom waren prototypen. Voor gebruik in de praktijk dienen nog de nodige verbeteringen te worden aangebracht.

1 Inleiding

In het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, 1991) zijn gefaseerd de doelstellingen aangegeven voor de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de beperking van emissie naar water, bodem en lucht.

Druppeldrift bij veldspuiten is een belangrijke route voor de belasting van het oppervlaktewater dat naast het behandelde perceel ligt. De optredende drift is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals dooptype, gewashoogte, spuitboomhoogte, windsnelheid, rijrichting ten opzichte van de sloot, etc.

Een volledige overkapping van een spuitboom (tunnel), een afscherming van de boom aan een veldspuit en het toepassen van luchtondersteuning zullen naar verwachting samen met de juiste dopkeuze bijdragen aan de driftreductie.

In de fruitteelt wordt op beperkte schaal gebruik gemaakt van tunnelspuiten. Bij deze spuittechniek wordt de vloeistof die niet op de bladeren wordt afgezet, teruggevangen via schermen. Als ook de lucht voor de luchtondersteuning uit de tunnel wordt aangezogen wordt dit CLS (Closed Loop System) genoemd. Met deze systemen werd een driftreductie naar de grond naast het perceel bereikt van 77-93% ten opzichte van de gebruikelijke dwarsstroomspuit (Porskamp e.a. 1994 a en b)

Onderzoek van Porskamp e.a (1995) in aardappelen toonde aan dat met luchtondersteuning op een veldspuit de drift naar de grond buiten het perceel met 50% werd verminderd op de stroken

1,5-6 m en 2-3 m vanaf de laatste spuitdop.

Over de optredende drift bij bespuitingen in bollen zijn nog weinig gegevens voorhanden. In deze teelt zullen afscherming van de spuitnevel en het gebruik van luchtondersteuning op een veldspuit bij kunnen dragen aan de reductie van de drift.

In het voorliggende onderzoek wordt ingegaan op de optredende drift bij bespuitingen in de bollenteelt en de driftreductie bij toepassing van driftbeperkende technieken.

In eerste instantie is een literatuuronderzoek uitgevoerd om de perspectieven van afschermingen van veldspuiten voor de driftreductie in kaart te brengen. Het literatuuronderzoek is in hoofdstuk 2 beschreven en heeft zich beperkt tot volveldsspuiten en bedden-, stroken- en rijenspuiten.

In hoofdstuk 3 wordt het uitgevoerde onderzoek beschreven waarin het effect is bepaald op de drift naast het perceel bij een bespuiting van bolgewassen met verschillende technieken. Zo is het effect bepaald van luchtondersteuning, van een prototype van een afgeschermd spuitboom, van een prototype tunnelspuit(93) voor bedden (al dan niet met luchtondersteuning) en van een prototype tunnelspuit(96) voor bedden met luchtgeleiding.

In hoofdstuk 4 worden de conclusies gegeven en enkele aanbevelingen gedaan.

2 Literatuurstudie

2.1 Inleiding

In standaardwerken over toedieningstechnieken voor gewasbeschermingsmiddelen (Matthews & Hislop, 1993) en literatuurstudies over dit onderwerp (Pompe et al., 1992) is weinig geschreven over de mogelijkheden van het gebruik van schermen, doeken en overkappingen voor de beperking van drift bij veldspuiten. Om specifieke informatie over dit onderwerp te verkrijgen is deze literatuurstudie uitgevoerd. Hiertoe is een literatuurzoekopdracht geformuleerd uitgaande van de volgende sleutelwoorden:

- shielded sprayer,
- shrouded sprayer,
- spray drift.

De zoekopdracht (literatuur recherche) is in samenwerking met het DLO-Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie (PUDOC-DLO) uitgevoerd binnen de internationale literatuurbestanden zoals CAB, Agricola en Agris.

Voorts is gebruik gemaakt van diverse netwerken, persoonlijke contacten en een oproep binnen de ASAE-PM41 "special interest group: crop protection application technique", een wereldwijd netwerk van geïnteresseerden in toedieningstechnieken van gewasbeschermingsmiddelen.

Op deze wijze zijn 200 referenties beschikbaar gekomen, hieruit zijn 40 bruikbare stukken geselecteerd en in deze rapportage verwerkt.

2.2 Afschermingen op veldspuiten

Göhlich & Westphal (1991) noemen afschermen van een spuitboom als een van de mogelijkheden om tot driftbeperking te komen bij het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouwmatige teelten. Deze mogelijkheid wordt genoemd naast spuitdoppen met grovere druppelgroottespectra, vermindering van de spuitboomhoogte en luchtondersteuning. Eventueel kan in graangewassen naast afscherming een zogenaamde 'crop-tilter' gebruikt worden met een extra driftreductie van 20%. Hiermee wordt het graangewas opgeduwd waardoor de spuitboom dichterbij het gewas geplaatst kan worden, en dus dieper in het gewas gespoten kan worden. Ganzelmeier (1990a, 1990b) en H. Miller (1991) refereren aan systemen voor afschermingen op veldspuiten zoals deze in de USA en Canada gebruikt worden en in Duitsland in de praktijk vergeleken zijn. Met deze niet nader omschreven systemen kan tot een windsnelheid van 11 m/s gespoten worden zonder 'noemenswaardige' drifthoeveelheden. Zij maken ook melding van een soortgelijk systeem van spuitboomafscherming dat in 1989 op de Duitse markt geïntroduceerd werd (Holder System Lehner). Wolf et al. (1993) maken melding van het feit dat Edwards en Ripper in 1953 de eersten zijn die afschermingen op spuitbomen noemen ter beperking van de drift. Hun "Nodrif" spuitboom zou drift met 40% tot bijna 100% beperken in vergelijking met een niet afgeschermd spuit.

Göhlich & Jegatheeswaran (1977) maken melding van een verbeterde depositie in een kunstgewas door een simpele plaat voor de spuitdoppen. Omdat het hier over een laboratoriumopstelling gaat wordt geen oordeel gegeven over een mogelijke driftreductie van deze constructie in praktijk.

Nordby & Skuterud (1975) geven aan dat afgeschermd spuitbomen in de praktijk geen opgang vinden omdat ze lastig in het gebruik zijn, en duur. Bovendien verhinderen ze een goed zicht op de werking van de spuitdoppen. Een hoger gewicht van de spuitboom en een ingewikkelde constructie, om het inklappen van de spuitboom bij gedragen spuiten goed te laten verlopen, is volgens Miller (1988) de reden dat afschermingen in Europa weinig opgang vinden. P.C.H. Miller (1991) vermeldt tevens twee andere belangrijke redenen. Ten eerste wordt de spuitvloeistof vaak door de afscherming opgevangen, waardoor het scherm gaat druppen. Dit geeft pleksgewijze overdosering van spuitvloeistof. Ten tweede is de werking van de afschermingen sterk afhankelijk van de rijsnelheid en windsnelheid, beide zowel in grootte als in richting. Als de rijsnelheid en de windsnelheid in dezelfde orde van grootte liggen en bovendien de windrichting gelijk is aan de rijrichting dan is driftbeperking door schermen veelal minimaal of zelfs negatief. Wolf et al. (1993) maken melding van een grotere variatie in de verdeling in het gespoten zwad bij dichte afschermsystemen. Bij geperforeerde afschermsystemen zou dit

niet optreden. Ook kunnen sommige afschermingen gemakkelijk schade aan het gewas veroorzaken wanneer de afschermkap het gewas raakt. Ook kan schade optreden wanneer na een herbicidebehandeling restvloeistof die nog aan het scherm vastzit, vrijkomt bij een volgende bespuiting in een hiervoor gevoelig gewas.

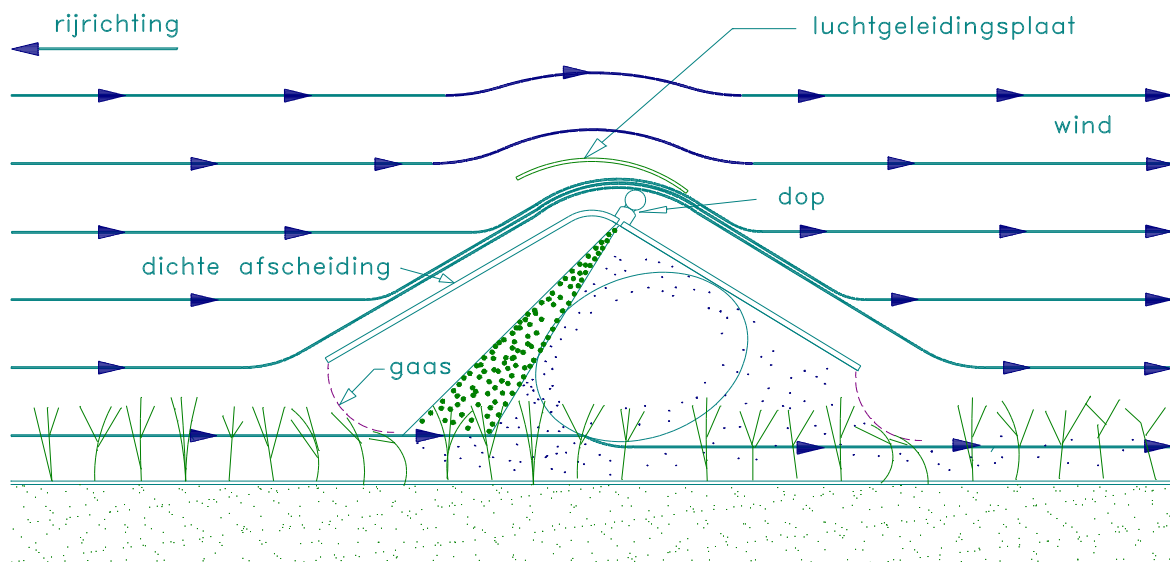
Op grond van het overzicht aan literatuurreferenties en de daarin genoemde mogelijkheden van verschillende afschermingsvormen op veldspuiten kan de volgende indeling gemaakt worden:

- dichte volledige afscherming;
- geperforeerde volledige afscherming;
- combinatie van geperforeerde en dichte afscherming aan de spuitboom;
- dicht scherm achter de spuitboom;
- geperforeerd scherm achter de spuitboom;
- hulzen om de spuitdoppen.

Uit de literatuur blijkt dat er veel geëxperimenteerd is met allerlei vormen van schermen en kappen. Bovenstaande indeling is ontstaan naar aanleiding van systemen die operationeel zijn, op de markt zijn, of waaraan onderzoek is verricht en waarvan driftreducties gekwantificeerd zijn.

2.2.1 Dichte volledige afscherming

Een dichte volledige afscherming met een kunststof of metalen kap, eventueel aan de onderzijde voorzien van 'flappen', kan de spuitboom compleet afschermen. De flappen raken het gewas zodat er een 'hoed' ontstaat. De spuitdoppen zijn soms gekanteld (30-45° voor- of achterwaarts) en staan op 40 cm hoogte boven het gewas. Boven de nok van de overkapping zit een geleideplaat waardoor een geforceerde luchtstroom richting gewas ontstaat. De overwaaiende rijwind kan dan achter de kap minder of geen vacuüm meer trekken. Een vorm van dit type afgeschermd spuit wordt veelbelovend onder de merknaam Windproof Sprayer op de markt gebracht (Fig. 1) (Rogers & Ford, 1984, Rogers, 1985). Andere merknamen zijn o.a. Agshield (Manitoba) en Ren-Vertec Shroud.



Figuur 1 Dichte, volledig afgeschermd spuitboom met een luchtgeleidingsplaat ('redirectional air foil') boven de nok van de overkapping, spuitdop 40° voorwaarts (Rogers & Ford, 1984).

Figure 1 Shrouded (hooded) sprayer boom with a 'redirectional air foil' on top of the hood; nozzle angled 40° forward (Rogers & Ford, 1984).

Ripke & Warnecke-Busch (1991) vinden bij een toediening van 120 l/ha met de Windproof Sprayer een driftreductie van 85% op de eerste 5 m naast het gespoten zwad (Tabel 1). Wolf et al. (1993) vinden eenzelfde reductie maar dan voor een fijnere 8001 spuitdop bij 50 l/ha. Grote driftreducties worden ook door Fehring & Cavaletto (1990) gevonden (Tabel 1). Hun uitvoering is verbeterd met een ander type luchtgeleidingsplaat boven de nok van de overkapping. Echter gemeten bij een windrichting dwars (+/- 15°) op de rijrichting is het effect van de luchtgeleidingsplaat op de driftreductie nihil. Deze laatste auteurs toonden ook aan dat er een effect van rijsnelheid op drift was, en dat bij een fijner druppelgroottespectrum aanpassingen aan de afschermingen nodig zijn.

Rogers & Ford (1984), Rogers (1985) en Fehring & Cavaletto (1990) maken melding van een groot gebied van windsnelheden waarvoor de driftreductiepercentages gelden (resp. tot 5 m/s en tot 7,5 m/s) (Tabel 1).

Tabel 1 Overzicht driftreductie bij volledig dichte schermssystemen.
Table 1 Reduction in spray drift with a shrouded (hooded) boom sprayer with solid shields placed in front of and back behind the spray nozzles.

dooptype spuitdruk	rijsnelheid	spuitvolume	spuitboomhoogte	windsnelheid	driftreductie
(kPa)	(km/u)	(l/ha)	(m)	(m/s)	%
XR11002 ^a	180	9,5	120	0,40	2,6 85
11001 ^b			50	0,40	4 - 8 80
8002 ^c	276	9,7	100	0,40	4 - 8 180 - 275 ¹⁾
8001 ^d	275	8,0	50	0,40	5,5 63 - 84
650067 ^e	275	6,0	50	1,00	4 - 8 - 56 - 63
8001 ^f	280		50	0,40	5 - 10 50 - 80
8001 ^g	300			0,50	0 - 9,7 - 8 - +45
8003 ^g	250			0,50	0 - 9,7 - 45 - +21
8006 ^g	200			0,50	0 - 9,7 -78 - +16

^a Ripke & Warnecke-Busch (1991); ^b Rogers & Ford (1984); ^c Fehring & Cavaletto (1990); ^d Wolf et al. (1993); ^e Ford (1984); ^f Maybank & Grover (1988); ^g French et al. (1993)

¹⁾ berekening ervan is onduidelijk: volgens eigen berekening van de gepresenteerde getallen is de driftreductie 25-55% bij resp. 2 en 5 m/s windsnelheid

French et al. (1993) geven voor metingen in een windtunnel bij drie dooptypen en windsnelheden van 0 tot 9,7 m/s de reducties in driftpotentiaal (Young, 1991) voor een spuitboom met en zonder Windproof afscherming. Ford (1984) geeft aan dat met simpele dichte polyethyleen plaatafschermingen voor en achter de spuitboom een drifttoename kan optreden tot 60% ten opzichte van dezelfde spuituitvoering zonder deze schermen. Deze toename werd vooral veroorzaakt doordat de twee schermen aan de bovenkant niet aansloten, waardoor een "kachelpijp" werking voor de fijnere druppels optrad.

Een ander voorbeeld van een volledig dichte afscherming, die in Nederland op de markt is, is het System Lehner van Holder. Dit systeem is in 1989 in Duitsland geïntroduceerd (Ganzelmeier, 1990a, 1990b). Ook Ripke (1995b) en H. Miller (1991) maken melding van dit systeem. Aan de achterzijde is de afscherming dicht tot boven de doppen. Aan de voorzijde is de afscherming ook dicht, met uitzondering van de luchtspleet ter hoogte van de doppen. Schmidtke (1994) geeft aan dat bij dit systeem tot 5 m/s windsnelheid de drifthoeveelheid bij 100 l/ha spuitvolume 'voldoende' gereduceerd wordt.

Wordt het spuitvolume verhoogd tot 200 l/ha, dan kan het systeem tot een windsnelheid van 8 m/s met een 'beperkte' drifthoeveelheid ingezet worden. Ripke (1995a, 1995b) meldt dat het systeem in veldmetingen in graangewassen vergelijkbare resultaten geeft als de huidige luchtondersteunde spuitsystemen. Uit vergelijkend windtunnel onderzoek is gebleken dat dit systeem een van de betere is voor wat betreft beheersing van de druppelstroom onder de kap (Ozkan et al, 1996).

2.2.2 Geperforeerde volledige afscherming

Een geperforeerde volledige afscherming wordt veelal gemaakt van een kunststof of metalen kap, die het gewas bijna raakt. Soms kan deze kap bij de spuitboom open zijn. Handelsnamen voor dit type afschermingen zijn Flexi-coil en Mc Crea Agshield.

Ford (1984) geeft aan dat met simpele gaas afschermingen voor en achter de spuitboom tot 80% driftreductie behaald kan worden (Tabel 2).

Tabel 2 Overzicht driftreductie met geperforeerde kapsystemen.
Table 2 Reduction in spray drift with a shrouded (hooded) boom sprayer with porous shields placed in front of and behind the spray nozzles.

dooptype	spuitdruk (kPa)	rijnsnelheid (km/u)	spuitvolume (l/ha)	spuitboomhoogte (m)	windsnelheid (m/s)	driftreductie %
650067 ^a	275	6,0	50	1,00	4 - 8	80
8001 ^b	275	8,0	50	0,40	5,5	63
11001 ^b	275	8,0	50	0,40	5,5	48
8001 ^c	300			0,35	0 - 9,7	+23 - +72
8003 ^c	250			0,35	0 - 9,7	-5 - +59
8006 ^c	200			0,35	0 - 9,7	-5 - +62

^a Ford (1984); ^b Wolf et al. (1993); ^c French et al. (1993)

Dit is 35% meer driftreductie dan dezelfde constructie met dichte afschermkappen geeft (Tabel 1). Wolf et al. (1993) vermelden een driftreductie van 63% met de Flexi-coil ten opzichte van spuiten zonder geperforeerde schermen.

French et al. (1993) geven voor metingen in een windtunnel bij drie dooptypen en windsnelheden tot 9,7 m/s de reducties in driftpotentiaal (Young, 1991) voor een spuitboom met en zonder Flexi-coil afscherming.

2.2.3 Combinatie van geperforeerde en dichte afscherming

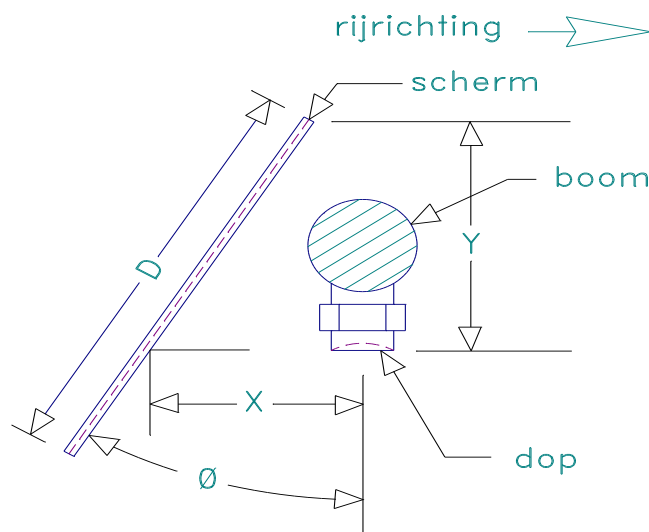
Forbes et al. (1991) en Cenkowski et al. (1994) hebben het effect van materiaal keuze (open/ half-open/ dicht), hoek van de schermstukken en plaatsing ervan ten opzichte van de spuitboom op de luchtsnelheden in en rond overkappingen onderzocht in een windtunnel. Zij veronderstelden dat een verlaging van de luchtsnelheid onder de overkapping overeen kwam met een reductie in drifthoeveelheid. Hiervan gaven zij echter geen resultaten. Bij windsnelheden van 2,6 tot 5,5 m/s kwamen zij tot de volgende conclusies omtrent effecten op de luchtsnelheden in en rond de overkappingen:

- 1 Bij toenemende windsnelheid veranderd het effect van geperforeerde afschermmaterialen. Bij een fijn gaas is de relatieve afname van de windsnelheid achter het scherm bij 2,6 m/s 10% groter dan bij 6,5 m/s.
- 2 De windsnelheidsafname onder de schermkap is afhankelijk van de hoek tussen het voor en achterscherm (60° of 80°). Wanneer de schermkap een tophoek heeft van 80° en bedekt is met een fijn gaas wordt de luchtsnelheid in de kap verlaagd tot 56% van de oorspronkelijke windsnelheid (4,4 m/s). Bij een tophoek van 60° is de luchtdoorstroomsnelheid in de afschermkap afgenomen tot 74% van de oorspronkelijke windsnelheid.
- 3 Het gebruik van dichte afschermplaten op de bovenste of onderste helft van het scherm aan de voorzijde geeft geen reductie van de windsnelheid onder de gehele afschermkap. Wel ontstaan windsnelheidsreducties direct achter de dichte plaat. De luchtsnelheid in de andere gedeelten onder de schermkap neemt dan in hoge mate toe.
- 4 Plaatsing van luchtgeleideplaten aan de bovenzijde van de afschermkap of dichte schermplaten over de gehele voorkant van de schermkap lijken het meest effectief om de drift te reduceren. De verlaging van de luchtstroomsnelheid onder de schermkap is dan groot (meer dan 50%) en de richting van de luchtstroom wordt dan naar beneden naar het gewas gericht.

2.2.4 Dicht scherm achter de spuitboom

Een volgende categorie afschermingen wordt gekarakteriseerd door een enkelvoudig dicht kunststof of metalen scherm achter de spuitboom.

Smith et al. (1981, 1982) rapporteren over het drifteffect van de plaats van een enkel scherm achter de spuitdoppen (Fig. 2) voor zowel windtunnel- als veldomstandigheden (Tabel 3). In de windtunnel kwam de wind ten opzichte van de spuitboom loodrecht van voren. Met een scherm achter de spuitdoppen werd de drift met 35% tot 70% verlaagd, afhankelijk van de bevestigingswijze van het scherm op de spuitboom en de lengte van het scherm. De hoogste driftreductie vond plaats bij een plaatlengte (D) van 32,4 cm, een horizontale afstand van onderkant dop tot scherm (X) van 5,4 cm, een verticale afstand van onderkant spuitdop tot bovenzijde scherm (Y) van 14,3 cm en een hoek van het scherm (θ) van 20° . Duidelijk was dat plaatsing van de bovenrand van het scherm tegen de spuitboom een slechter resultaat gaf. Verlaging van de afstand onderkant spuitdop tot bovenrand schermplaat ($Y = 1,9$ cm t.o.v. $Y = 15,5$ cm) gaf ook minder driftreductie.



Figuur 2 Dicht scherm achter de spuitboom (Smith et al., 1982).
 D = lengte plaat; Y = afstand bovenkant plaat tot onderkant spuitdop;
 X = afstand plaat tot hart van de spuitdop ter hoogte van onderkant spuitdop;
 θ = hoek plaat met vertikale as door hart van spuitdop.

Figure 2 Solid shield behind the spray boom (Smith et al., 1982).
 D = shield depth; Y = shield height; X = shield distance; θ = shield angle with vertical.

Uit veldmetingen bleek dat de effectiviteit van het scherm sterk beïnvloed werd door de rijsnelheid en de windsnelheid (Tabel 3). Zo werd een driftreductie van maximaal 65% gemeten bij een rijsnelheid van 3,7 m/s en een windsnelheid van 5 m/s (spuitboomhoogte 0,51 m). Een rijsnelheid van 1,6 m/s en een windsnelheid van 2,5 m/s, en een verhoging van de spuitboom tot 1,14 m, gaf gemiddeld een drifttoename van 80% ten opzichte van een niet afgeschermd veldspuit onder dezelfde omstandigheden. De andere metingen verschilden niet significant van elkaar.

Tabel 3 Overzicht driftreductie met enkelvoudige dichte afschermsystemen (Smith et al.1982).
Table 3 Reduction in spray drift with a solid shield along the sprayer boom (Smith et al.1982).

doptype	spuitdruk (kPa)	rijsnelheid (km/u)	spuitvolume (l/ha)	spuitboomhoogte (m)	windsnelheid (m/s)	driftreductie (%)
8003	276	3,2	420	0,51	4,6	-42
8003	276	8,3	160	0,51	6,0	+14
8003	276	13,5	100	0,51	4,8	+65
8003	276	8,3	160	1,14	4,5	+11
8003	276	8,3	160	1,14	5,9	-1
8003	276	7,9	170	1,14	5,5	+16
8003	276	5,8	230	1,14	2,4	-81
8003	276	9,0	150	1,14	2,6	+9
8003	276	14,0	95	1,14	3,0	+29
8003	276	18,4	75	1,14	3,7	+19

Uit windtunnelonderzoek van Ozkan et al. (1996) bleek dat twee gebogen schermen achter de spuitdop (vergelijk figuur 1 zonder voorkant) op een spuitbord de minste vloeistofverplaatsing gaf bij kopse wind (2,75 en 4,8 m/s).

2.2.5 Geperforeerd scherm achter de spuitboom

De afscherming achter de spuitboom kan ook bestaan uit een net of een geperforeerde plaat. Ford (1986) geeft aan dat met een dergelijk scherm (50% doorlatendheid) 50 mm achter de spuitdop de drift met 70% tot 95% gereduceerd kan worden (Tabel 4). Over de gehele meetstrook van 32 m naast het gespoten zwad treedt deze driftreductie gelijkmatig op. Het onderzochte geperforeerde scherm is gebogen met de bolle kant naar de spuitdop toe (in de rijrichting dus) en dekt de afstand tussen spuitdop en bovenkant gewas af (slepde plaat). Wegwaaiende druppels worden door het scherm opgevangen. Omdat de hoeveelheid drift die tegen het scherm aankomt niet meer is dan 10% van het totale verspoten volume concludeert Ford (1986) dat opvangen, zuiveren en recirculeren van deze spuitvloeistof niet rendabel is. Druppelen vanaf het scherm zal volgens Ford het effect van de bespuiting niet beïnvloeden, maar moet wel als verlies aan middel beschouwd worden.

Tabel 4 Overzicht driftreductie met enkelvoudige geperforeerde afschermsystemen (Ford, 1986).
Table 4 Reduction in spray drift with a porous shield along the sprayer boom (Ford, 1986).

doptype	spuitdruk (kPa)	rijsnelheid (km/u)	spuitvolume (l/ha)	spuitboomhoogte (m)	windsnelheid (m/s)	driftreductie (%)
650067	275	6,5	45	0,72	4 - 5	70 - 95

2.2.6 Hulzen om de spuitdoppen

Een heel andere mogelijkheid van afscherming is niet de volledige werkbreedte van de spuitboom afschermen maar alleen kegelvormige hulzen rond de individuele spuitdoppen aanbrengen. De spuitkegel wordt hiermee over de eerste 10 cm afgeschermd. De spuitboom wordt daarbij doorgaans op 45 cm boven het gewas ingesteld. Een handelsnaam van dit systeem is Windcone.

Maybank et al.(1990) melden van dit systeem driftreducties van 50% tot 70% in vergelijking met een veldspuit

zonder afschermingen. Wolf et al. (1993) melden dat een spuitboom met spuitdophulzen de drift bij 5,5 m/s windsnelheid met 33% kan reduceren ten opzichte van dezelfde spuitdop zonder omhulling (Tabel 5). French et al. (1993) geven voor metingen in een windtunnel bij drie doptypen en windsnelheden tot 9,7 m/s de reducties in driftpotentiala voor een spuitboom met en zonder Brandt Windcone schermhulzen rond de spuitdoppen.

Tabel 5 Overzicht driftreductie met spuitdophuls (Windcone) systemen.
Table 5 Reduction in spray drift with shielded individual nozzles along the spray boom (Windcone).

dooptype	spuitdruk (kPa)	rijnsnelheid (km/u)	spuitvolume (l/ha)	spuitboomhoogte (m)	windsnelheid (m/s)	driftreductie (%)
8002 ^a	280	9	100	0,40	4 - 8	50
11002 ^a	280	9	100	0,40	4 - 6	70
8001 ^b	275	8	50	0,40	5,5	33
8001 ^c	300			0,50	0 - 9,7	-10 - +16
8003 ^c	250			0,50	0 - 9,7	-4 - +18
8006 ^c	200			0,50	0 - 9,7	-30 - +15

^a Maybank et al.(1990); ^b Wolf et al.(1993); ^c French et al. (1993)

2.3 Afschermingen op rijen- en strokenspuiten

Ringel (1991) en H.Miller (1991) melden naast het mogelijke gebruik van afschermingen op veldspuiten ook het gebruik van geperforeerde metalen kappen op rijenspuiten. Ook Wevers en Hartsema (1990) noemen de mogelijkheid van afschermingen op rijenspuiten in suikerbieten. Echter deze referenties maken geen melding van driftmetingen aan rijenspuiten. Een afgeschermd strokenspuit met tunnelkappen over de gewasrijen voor de volveldstoediening van glyfosaat wordt beschreven door Van de Zande en Rops (1994). Ook zij beschrijven alleen behandelingseffecten op onkruid en gewas en presenteren geen driftmetingen.

2.4 Discussie

Het afschermen van spuitbomen en het effect ervan op drift is vaak in combinatie met fijne spuitdoppen onderzocht. Worden deze systemen vergeleken met dezelfde spuitdop zonder afscherming dan ligt het percentage driftreductie van de afgeschermd systemen veelal in de orde van grootte van 60 tot 85%. Doorgaans wordt deze reductie op het hele meettraject (van 0 m tot 32 m) naast het perceel (gespoten zwad) waargenomen. Deze driftreducties zijn vergelijkbaar met waarnemingen gedaan aan de hedendaagse luchtondersteunde systemen (Ganzelmeier et al., 1995; Porskamp et al., 1995). Hierbij dient opgemerkt te worden dat soms melding gemaakt wordt van sterk wisselende resultaten door effecten van rijnsnelheid en -richting in combinatie met windsnelheid en -richting. Met een lage rijnsnelheid voor de wind rijden kan bij gebruik van afschermingen resulteren in een aanzienlijk toename van drift (tot 80%) in vergelijking met een niet afgeschermd spuit (Smith et al., 1982; Ford, 1984) onder dezelfde omstandigheden.

In de literatuur zijn geen referenties gevonden over driftmetingen bij rijen- en strokenspuiten.

De beschreven systemen werden veelal in grote graangebieden toegepast (USA, Canada, Noord-Duitsland). Hoe deze systemen inzetbaar zijn in de Nederlandse situatie is onduidelijk. Voor de Nederlandse situatie gelden andere voorwaarden die aan afgeschermd sproeisystemen gesteld worden. Hiertoe behoren: het gewas mag niet geraakt worden (bollen), een beperkte rijnsnelheid, eisen ten aanzien van de wendbaarheid, de transporteerbaarheid en de toegepaste dopkeuze.

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat het afschermen van de spuitnevel de drift kan beperken. Dit gebeurt door het aanbrengen van overkappingen en/of gaas- of plaatmateriaal aan de voor en/of aan de achterzijde van de spuitboom op een veldspuit. Vooral door de veelzijdigheid aan mogelijkheden van afschermingen en de specifieke gewassen en omstandigheden in Nederland, is verder onderzoek aan de verschillende afschermsystemen gewenst.

3 Driftmetingen

3.1 Materiaal en methode

3.1.1 Experimenten

In de periode 1993-1996 is de optredende drift onderzocht bij bespuitingen in de bollenteelt met verschillende spuittechnieken.

In april 1993 werden op het IMAG-DLO proefbedrijf 'de Oostwaardhoeve' te Slootdorp driftmetingen uitgevoerd met een veldspuit met en zonder luchtondersteuning en met een prototype tunnelspuit met luchtrecirculatie voor de beddenteelt (tunnel93). De experimenten zijn uitgevoerd in een gewas tulpen dat op bedden was geteeld. De breedte van de bedden bedroeg 1,1 m en de afstand hart op hart was 1,5 m. Het aantal planten per m² bedroeg 180.

In oktober 1993 werden de driftmetingen uitgevoerd op het proefbedrijf 'de Noord' in St. Maartensbrug. De metingen vonden plaats aan hetzelfde prototype tunnelspuit voor de bedden maar nu met en zonder luchtrecirculatie (tunnel93) dit in vergelijking met een veldspuit. De experimenten vonden plaats in op bedden geteelde lelies. De breedte van de bedden bedroeg 1,05 m, terwijl de afstand hart op hart 1,5 m was.

In 1995 zijn driftmetingen uitgevoerd aan een veldspuit met een afgeschermd spuitboom en aan een veldspuit met in- en uitgeschakelde luchtondersteuning. De metingen vonden plaats op het proefbedrijf 'de Noord'; in juni bij een bespuiting van een gewas tulpen en in september bij een bespuiting van gele mosterd. De tulpen waren 20-25 cm hoog. De gele mosterd werd op 35 cm hoogte geklapt, zodat de hoogte vergelijkbaar was met een leliegewas. De geplande metingen in lelies waren door de groeiomstandigheden niet meer mogelijk.

In 1996 is een nieuwe tunnelspuit voor bedden ontwikkeld (tunnel96). Met behulp van metingen op een spuitbord is de dopkeus voor de beddenspuit bepaald. In september en oktober 1996 zijn driftmetingen in het veld uitgevoerd bij een bespuiting van een gewas lelies en van gele mosterd. De metingen in de eerste helft van september zijn uitgevoerd met een tunnelspuit voor één bed, terwijl daarna de metingen aan een drie-beddenspuit zijn verricht. Er zijn steeds ook metingen verricht aan een veldspuit met en zonder luchtondersteuning. De metingen zijn uitgevoerd in 35 cm hoge lelies en in, op 35 cm hoogte, geklapt gele mosterd.

In deze onderzoeken is aan de rand (benedenwindse zijde) naast het perceel de drift naar de grond op verschillende afstanden tot de laatste spuitdop bepaald. Bij de proef in lelies en tulpen op de 'Noord' is ook de depositie naar de grond tussen en in de bedden bepaald. In 1993 en 1995 zijn ook driftmetingen naar de lucht uitgevoerd.

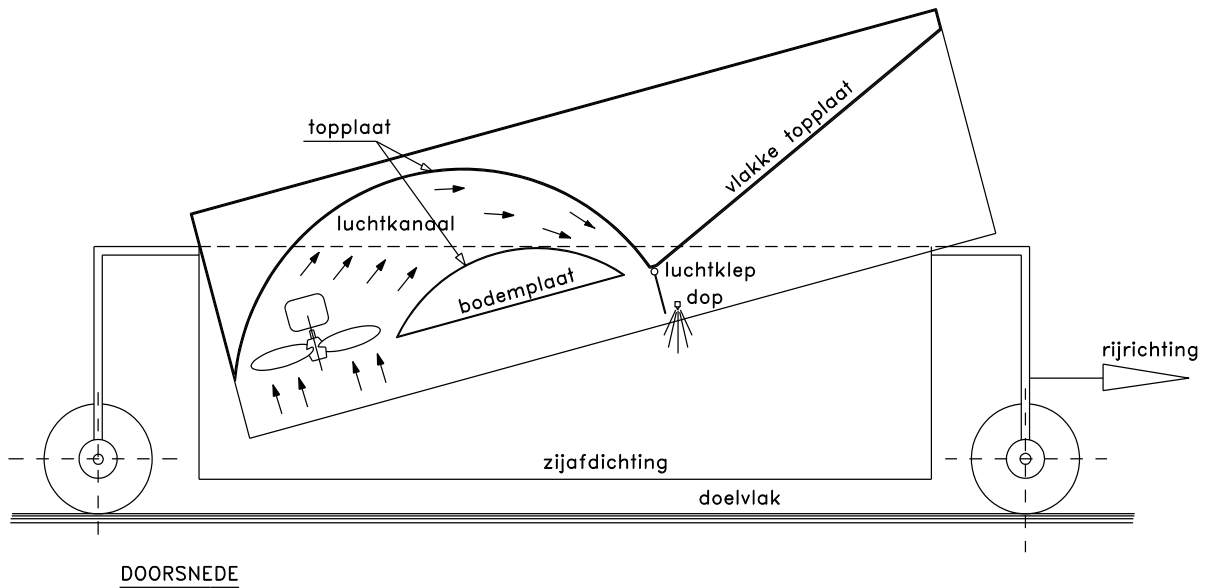
3.1.2 Beschrijving en afstelling van de spuitmachines

De bespuitingen in de tulpenproef '93 zijn uitgevoerd met een prototype tunnelspuit met luchtrecirculatie (tunnel93) en met een Hardi-Twin veldspuit.

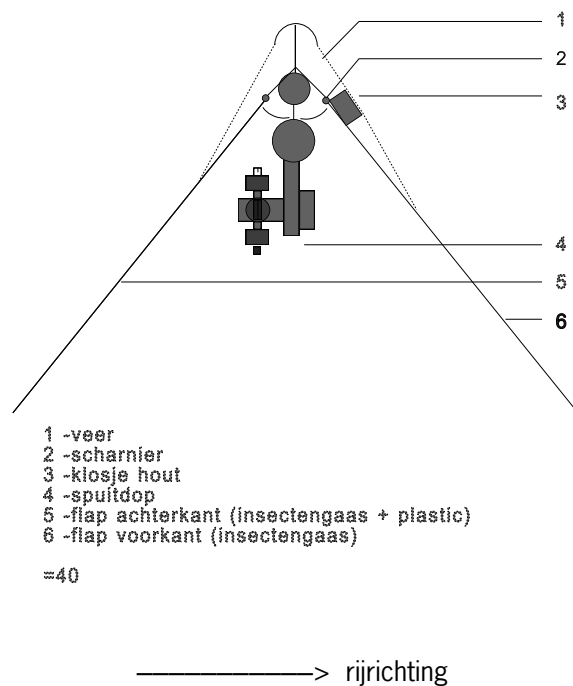
De veldspuit had een werkbreedte van 18 m en was voorzien van een systeem voor luchtondersteuning, dat kon worden in- en uitgeschakeld. Door het afsluiten van een dop aan beide uiteinden van de spuitboom werd een werkbreedte van 17 m verkregen; de luchtuitstroom was hierbij aan beide uiteinden over een lengte van 50 cm afgeplakt. De luchtondersteuning was op maximaal ingesteld (aftakstoerental 540 omw/min) en met een hoek van 20 graden naar voren gericht, waardoor de doppen recht naar beneden spoten.

De afstellingen van machines en de toegepaste druppelgroottes staan in bijlage A.

De tunnelspuit(93) bestond uit een rechthoekige tunnelvormige luchtkast, die juist over een te bespuiten bed paste (figuur 3). De hellingshoek en de hoogte boven het gewas van de afscherming was verstelbaar. De zijkanten van de spuit werden afgeschermd met zeildoek. De lucht werd aan de voorkant van de kast neerwaarts en schuin naar achter het gewas in geblazen. Achter de intredende lucht bevonden zich de spuitdoppen. De afzuiging van de lucht vond plaats aan de boven-achterzijde van de luchtkast. De proeven in lelies '93 zijn met dezelfde tunnelspuit uitgevoerd als in de tulpen.



Figuur 3 Schematische weergave tunnelspuit (93) met luchtcirculatie voor op bedden geteelde gewassen.
 Figure 3 Scheme of tunnel sprayer (93) with air circulation for bed-grown crops.



Figuur 4 Zijaanzicht van de spuitboomafscherming met aan de voorzijde insectengaas en aan de achterzijde plasticfolie.
 Figure 4 Cross section at a shielded sprayer boom with a porous shield in front (insect net) and a solid shield (plastic sheet) back of the nozzle.

Aan de binnenkant van het doek was nu een opvanggoot aangebracht voor het opvangen van de verliezen naar de zijkanten; bovendien werd er met een grove druppelspectrum gespoten. Bovendien werd bij deze metingen gespoten met in- en uitgeschakelde luchtondersteuning. Als vergelijking werd een Sieger veldspuit met een werkbreedte van 17 m gebruikt. De afstellingen staan in bijlage A.

De bespuitingen in tulpen en gele mosterd '95 zijn uitgevoerd met een Sieger veldspuit voorzien van afgeschermd spuitboom en met een Hardi-Twin die met in- en uitgeschakelde luchtondersteuning kon werken. Beide machines waren voorzien van hetzelfde doptype.

De afscherming van de spuitboom op de Sieger spuit was door medewerkers van proefbedrijf 'De Noord' in eigen beheer geconstrueerd. In figuur 4 is een schets van de dwarsdoorsnede gegeven.

De kap was gemaakt van landbouwfolie en insectengaas. Aan de voorkant was alleen insectengaas aangebracht; de achterkant bestond tot recht boven de spuitleiding uit landbouwfolie met daarover een laag insectengaas. Zowel de afscherming aan de voor- als aan de achterkant was 40 cm lang. De afscherming aan de voor- en achterkant werd in de breedterichting strak gehouden door twee spantouwen onder het gaas. De touwen werden op spanning gehouden door elastieken.

De kap bestond evenals de spuitboom uit zeven delen, zodat het geheel opgevouwen kon worden. Doordat de kap vlak boven de spuitleiding zelf ook scharnierde, was opvouwen van de kap mogelijk. De maximale hoek van de kap was 80°. Bij het uitvouwen van de kap zorgden veren ervoor dat het doek volledig werd uitgevouwen.

In 1996 werden driftmetingen verricht aan een nieuw ontwikkeld prototype tunnelspuit voor bedden (tunnel 96) en aan een veldspuit met wel en niet ingeschakelde luchtondersteuning (dezelfde machine als in 1995; spuitboomhoogte 50 cm). De beddenspuit was gebouwd door de firma Wout Hogervorst (Noordwijkerhout) onder begeleiding van IMAG-DLO.

Uitgangspunt bij de dopkeuze was dat op de veldspuit en in de beddenspuit zo mogelijk dezelfde doppen zouden worden gebruikt die bij een rijsnelheid van 6 km/h 300 l/ha zouden verspuiten.

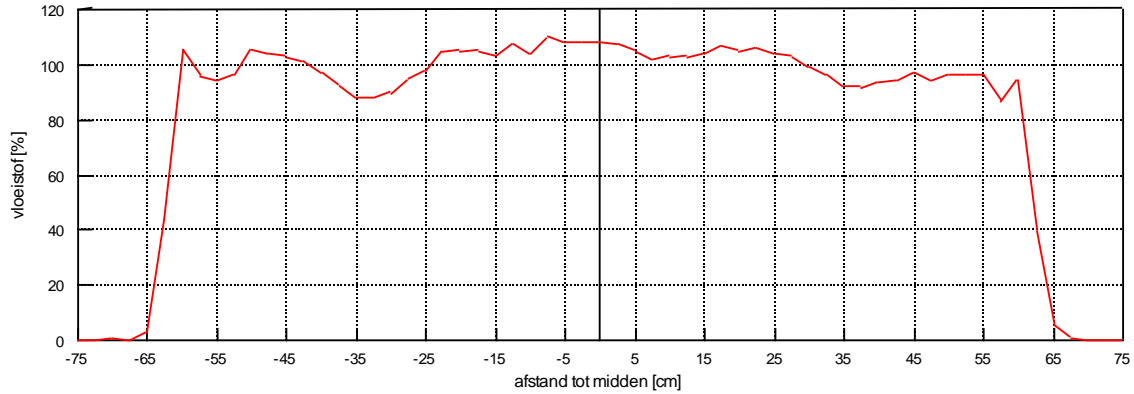
Voor de veldspuit is gekozen voor XR11004 doppen; het druppelgroottespectrum van deze dop ligt bij 2 bar in de klasse midden en bij 5, 4 km/h is de vloeistofafgifte 300 l/ha.

Bij de tunnelspuit werd per bed netto 1,3 m bespoten. Door een XR11004 dop en twee kantdoppen UB 8504 te gebruiken werd, bij een rijsnelheid van 6 km/h, in het bed 300 l/ha verspoten. In totaal werd er dan met de paden meegerekend 260 l/ha verspoten.

Van de doppen voor de tunnelspuit is de vloeistofverdeling op een spuitbord bepaald, waarbij de breedteverdeling van de vloeistof per 2,5 cm werd gemeten. De spleetdop werd in het midden geplaatst en de kantdoppen UB 8504 elk op 60 cm afstand van het midden. De spuihoogte bedroeg 35 cm.

De resultaten van de uitgevoerde verdelingsmetingen staan vermeld in bijlage B. In deze bijlage is naast de vloeistofverdeling op diverse afstanden tot het midden van de spuitboom (de plaats van de spleetdop) tevens de procentuele verdeling weergegeven. In figuur 5 is de procentuele verdeling grafisch weergegeven.

Uit figuur 5 blijkt dat op de middelste 120 cm de verdeling voldoende regelmatig is. De afwijkingen van het gemiddelde zijn minder dan 15%. Buiten de 65 cm uit het midden liggen de meetwaarden onder de 1%, zodat onder een kap naar verwachting niets tegen de op 75 cm uit het midden geplaatste zijkant van de kap zal worden gespoten. Dit laatste heeft bij de ontwikkeling van de tunnelspuit een belangrijke rol gespeeld. Voorkomen moest worden dat de vloeistof van de zijkant van de tunnel zou afdruipe.



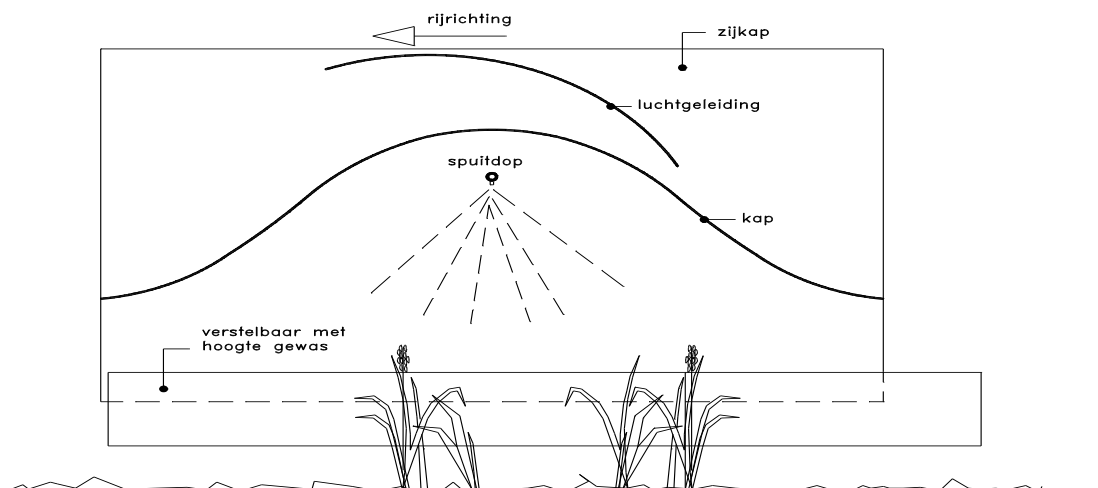
Figuur 5 De breedteverdeling van de spuitvloeistof van de tunnelspuit(96) met een spleetdop (XR11004) en twee kantdoppen (UB8504) uitgedrukt in procenten van het gemiddelde.

Figure 5 The distribution of the spray liquid with a flat fan (XR11004) and two edge nozzles (UB8504) as a percentage of the mean.

De ontwikkelde tunnelspuit voor bedden(96) was voor aan de trekker gemonteerd en had een breedte van 1,5 m en een lengte van 1,0 m. De spuitkap was hoedvormig en had een hoogte van 50 cm (figuur 6). Boven de spuitkap was een extra luchtgeleiding aangebracht om achter de spuit door de rijnsnelheid een neerwaartse luchtstroom te bewerkstelligen. Aan de zijkant van de spuitkap bevonden zich verstelbare afschermingsplaten. In de kap waren drie spuitdoppen aangebracht; in het midden een spleetdop en op 60 cm afstand aan weerszijden een kantdop. Door de voorkant van de spuitkap 10 cm boven het gewas te plaatsen werd een spuitboomhoogte van 35 cm bereikt.

Later in het seizoen is de beddenspuit uitgebreid met twee elementen zodat per spuitgang drie bedden tegelijk konden worden bespoten.

In Bijlage A worden de tijdens de metingen gebruikte instellingen weergegeven



Figuur 6 Schematische weergave zij aanzicht tunnelspuit (96) voor op bedden geteelde gewassen.

Figure 6 Scheme of tunnel sprayer (96) for bed-grown crops.

3.1.3 Metingen drift

Bij de metingen in 1993 werd een baan van 50 m lengte ter breedte van 3 bedden (4,5 m) aan de buitenzijde van een perceel bespoten. Bij de proeven in 1995 werd een volledige werkbreedte van de machine bespoten (17 m), terwijl in 1996 6 bedden met een totale breedte van 9 m werden bespoten. De metingen vonden plaats aan de benedenwindse zijde van het perceel. Bij de beddenteelt bevond de laatste dop van de veldspuit zich net op de rand van het laatste bed (theoretisch op 75 cm van het midden van het laatste bed).

De metingen aan de verschillende objecten (spuitmethodieken) binnen een proef werden op dezelfde plaats in het perceel uitgevoerd; een herhaling van de metingen werd zo mogelijk op een andere plaats langs de perceelsrand uitgevoerd.

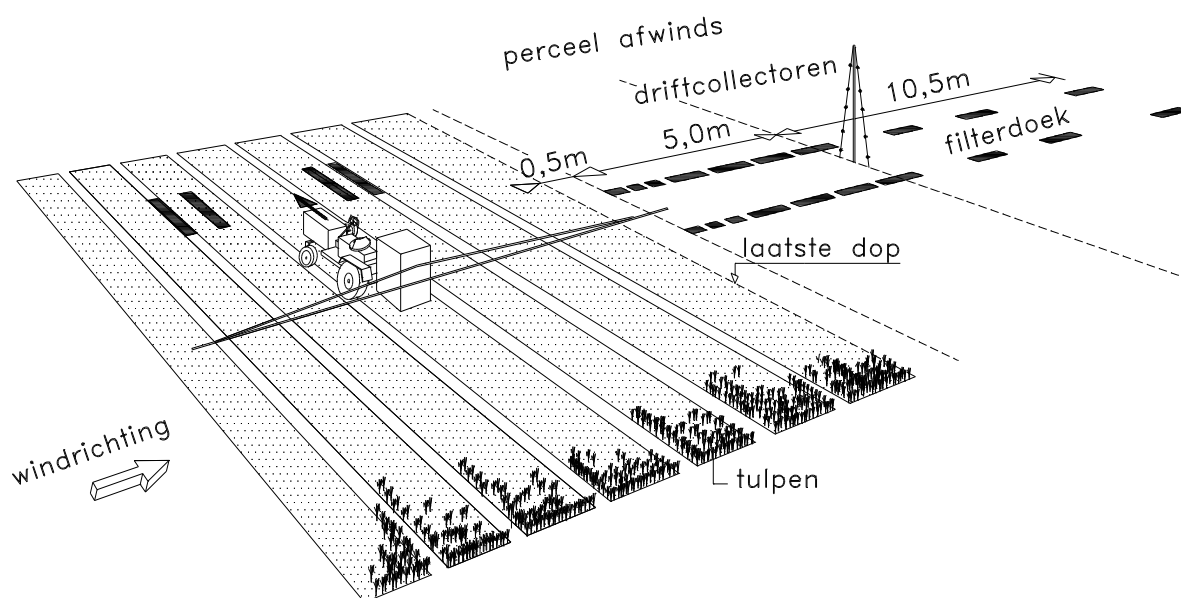
De bespuitingen werden uitgevoerd met water waaraan Brilliant Sulfo Flavine (BSF 3 g/l) en een uitvloeier (Agral 1 g/l) was toegevoegd. De drift werd door middel van collectoren op verschillende posities naast het bespoten gedeelte bepaald (figuur 7).

Voor de bepaling van de drift op de grond naast het perceel werden twee rijen collectoren (latten met filterdoek van 50*8 cm en 100*8 cm) haaks op de rijrichting naast het perceel neergelegd. In 1993 op 1,5-2,5, 2,5-3,5, 3,5-4,5 en 5,5-6,5 m vanaf de laatste dop van de veldspuit. In 1995 en 1996 werd gemeten op 0,5-1, 1-1,5, 1,5-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 7,5-8,5, 10-11 en 15-16 m vanaf de laatste dop. Om de depositie naar de grond in het perceel te meten werden onder het gewas en in het pad tussen de bedden 4 collectoren neergelegd van 100*8 cm (1993 en 1995).

Voor de bepaling van de drift naar de lucht (druppeldrift) werd buiten het perceel op 5,5 m afstand van de laatste dop een driftmast opgesteld met aan 2 lijnen driftcollectoren op 0, 1, 2, 3 en 4 m hoogte. De driftcollectoren bestonden uit bolvormige sponsjes met een diameter van 7,5 cm (Ripke, 1990).

Na een bespuiting werden de collectoren verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op de hoeveelheid BSF (Michielsen en Porskamp, 1993).

Het percentage drift naar de grond en naar de lucht werd berekend door de depositie per oppervlakte-eenheid uit te drukken in procenten van de door de doppen in het perceel verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid. De depositie op de grond werd op dezelfde manier berekend.



Figuur 7 Schema van de driftmetingen in en naast het bespoten veld.

Figure 7 Scheme of the experimental set-up of the drift measurements in and next to the sprayed field.

Weersomstandigheden

Tijdens de uitvoering van een bespuiting werd de temperatuur, luchtvochtigheid, windrichting en windsnelheid vastgelegd. De windsnelheid werd op 2 m hoogte gemeten en de temperatuur en de luchtvochtigheid op 1 m hoogte. Bij de windrichting is de hoek gemeten t.o.v. de richting haaks op de perceelsrand. De resultaten van de waarnemingen zijn vermeld in bijlage B. De gemiddelde windsnelheid tijdens de proef tulpen'93 bedroeg 3,2 (1,5-4,3) m/s; tijdens de proef in lelies'93 3,8(2,5-5,0) m/s; tijdens de proef in '95 6,3(4,7-8,5) m/s. In 1996 was de gemiddelde windsnelheid tijdens de proeven 3,6(1,5-6) m/s.

Statistische verwerking

Voor de statistische analyse van de resultaten werd een variantie-analyse uitgevoerd met behulp van Genstat (Payne, 1993). Voor de analyse zijn de emissiepercentages logaritmisches getransformeerd, omdat de effecten eerder multiplicatief dan additief zijn en omdat op logschaal de restvariantie vrijwel constant bleek te zijn. Verschillen tussen effecten zijn getoetst bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%.

3.2 Resultaten

De gemeten driftwaarden in de navolgende tabellen zijn uitgedrukt als percentage van de door de doppen in het perceel verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid. In de tabellen zijn de gemiddelden van de herhalingen weergegeven.

3.2.1 Drift naar de grond naast het perceel

Veldspuit met luchtondersteuning

De resultaten van de driftmetingen naar de grond naast het perceel zijn weergegeven in tabel 6. De metingen in 1993 hadden een oriënterend karakter en dienden als vergelijking voor de metingen aan de ontwikkelde tunnelspuit voor bedden.

Tabel 6 Drift op de grond naast het perceel op verschillende afstanden van de laatste dop uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid bij gebruik van een veldspuit zonder (standaard) en een veldspuit met luchtondersteuning. Getallen met verschillende letters, binnen een gewas op één rij, duiden op significante verschillen. De analyse heeft plaatsgevonden voor de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop.

Table 6 Drift deposition on the soil surface on the leeward side of the sprayed field at different distances from the last nozzle, as a percentage of the application rate per surface area, using a field sprayer without (standard) and with air assistance. Significant differences are presented by a letter at 2-3 m distance from the last nozzle pairwise for the same crop.

Afstand vanaf laatste dop [m]	1993		1995				1996			
	Tulpen*		Tulpen**		Gele mosterd**		Lelies***		Gele mosterd****	
	zonder lucht	met lucht	zonder lucht	met lucht	zonder lucht	met lucht	zonder lucht	met lucht	zonder lucht	met lucht
0,5-1			38,2	21,9	24,8	17,0	19,2	14,5	15,8	7,4
1-1,5			17,1	7,6	10,8	8,3	8,1	5,4	6,3	1,1
1,5-2			9,7	4,4	5,1	3,2	2,7	1,6	2,0	0,40
0,5-1,5	28,0	14,8								
1-2	13,9	7,1								
2-3	2,5a	2,2a	4,9 a	1,9 b	2,4 a	1,0 b	1,4a	0,4b	1,2a	0,3b
3-4	0,9	1,2	3,3	1,2	1,9	0,7	0,7	0,2	0,8	0,2
4-5	0,8	0,8	2,6	0,8	1,3	0,5	0,6	0,1	0,7	0,2
5-6			2,2	0,6	1,0	0,4	0,5	0,1	0,5	0,1
7,5-8,5			1,5	0,3	0,7	0,3	0,4	0,1	0,3	0,1
10-11			1,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
15-16			0,7	0,1	0,2	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1

* 2 herhalingen

** 4 herhalingen

*** 10 herhalingen

**** 3 herhalingen

Tussen de driftpercentages van '93, '95 en '96 zitten relatief grote verschillen. Dit komt door de verschillen in spuitboomhoogte, windsnelheid en dooptype. In '93 was de spuitboomhoogte boven het gewas 70 cm en de gemiddelde windsnelheid 3,6 m/s; in '95 was de boomhoogte 50 cm en de windsnelheid 6,3 m/s en in '96 was dit 50 cm en 3,6 m/s. De spuitmachine was in '93 uitgerust met doppen die een fijn druppelgroottespectrum gaven en in '95 en '96 met doppen met een middelgroot druppelspectrum. Uit tabel 6 blijkt dat door luchtondersteuning de drift op de grond naast het perceel duidelijk afnam. Uit toetsingen bleek dat op de strook 2-3 m van de laatste dop de drift van de spuit met luchtondersteuning steeds significant lager was dan van de spuit zonder luchtondersteuning.

Veldspuit met afscherming van de spuitboom

De metingen zijn uitgevoerd met een veldspuit met afgeschermd spuitboom (Figuur 4) en met een gewone veldspuit als standaard.

De resultaten van de metingen bij de bespuitingen in tulpen en gele mosterd staan in tabel 7.

Uit deze metingen blijkt dat door afscherming van de spuitboom de drift naar de bodem buiten het perceel duidelijk afnam. Op de strook 2-3 m vanaf de laatste dop was de drift van de spuit met afgeschermd boom significant lager dan van de standaard veldspuit.

Tabel 7 Drift op de grond naast het perceel op verschillende afstanden van de laatste dop uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid bij gebruik van een veldspuit zonder (standaard) en een veldspuit met afscherming. Getallen met verschillende letters, binnen een gewas op één rij, duiden op significante verschillen. De analyse heeft plaatsgevonden voor de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop.

Table 7 *Drift deposition on the soil surface on the leeward side of the sprayed field at different distances from the last nozzle, as a percentage of the application rate per surface area, using a field sprayer without (standard) and with a shielded sprayer boom. Significant differences are presented by a letter at 2-3 m distance from the last nozzle pairwise for the same crop.*

Afstand vanaf laatste dop [m]	Tulpen 1995*		Gele mosterd 1995*	
	zonder afscherming	met afscherming	zonder afscherming	met afscherming
0,5-1	38,2	25,6	24,8	18,0
1-1,5	17,1	10,0	10,8	6,3
1,5-2	9,7	3,8	5,1	3,9
2-3	4,9 a	1,9 b	2,4 a	1,3 b
3-4	3,3	1,5	1,9	1,3
4-5	2,6	1,1	1,3	1,0
5-6	2,2	1,0	1,0	0,9
7,5-8,5	1,5	0,9	0,7	0,5
10-11	1,2	0,8	0,5	0,4
15-16	0,7	0,3	0,2	0,2

*4 herhalingen

Tunnelspuit (93) met en zonder luchtcirculatie en tunnelspuit (96)

In 1993 werden in tulpen oriënterende metingen uitgevoerd aan een tunnelspuit voor bedden met luchtcirculatie. In lelies werd dezelfde spuit met en zonder luchtcirculatie gemeten.

Uit de metingen bleek dat de tunnelspuit een duidelijk lagere drift naar de grond buiten het perceel had dan de veldspuit. Bij de proef in lelies was de drift zonder luchtcirculatie op de strook 2-3 m vanaf de laatste dop significant lager dan bij de tunnel met luchtcirculatie.

De metingen in 1996 aan de nieuw ontwikkelde tunnelspuit geven ook een duidelijk lagere drift naar de grond buiten het perceel dan de standaard veldspuit.

Tabel 8 Drift op de grond naast het perceel op verschillende afstanden van de laatste dop uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid bij gebruik van een veldspuit (standaard), een tunnelspuit(93) met en zonder luchtcirculatie en een tunnelspuit(96) met luchtgeleidingsplaat. Getallen met verschillende letters, binnen een gewas op één rij, duiden op significante verschillen. De analyse heeft plaatsgevonden voor de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop.

Table 8 *Drift deposition on the soil surface on the leeward side of the sprayed field at different distances from the last nozzle, as a percentage of the application rate per surface area, using a field sprayer, a tunnel sprayer with and without air recirculation and a tunnel sprayer with a directional air foil. Significant differences are presented by a letter at 2-3 m distance from the last nozzle in the same crop.*

Afstand vanaf laatste dop [m]	Tulpen 1993*		Lelies 1993**			Lelies 1996***		Gele mosterd 1996****	
	veldspuit	tunnel met lucht	veldspuit	tunnelspuit		veldspuit	tunnelspuit	veldspuit	tunnelspuit
				met lucht	zonder lucht				
0,5-1						19,2	0,6	15,8	0,3
1-1,5						8,1	0,4	6,3	0,2
1,5-2						2,7	0,4	2,0	0,2
0,5-1,5	28,0	1,4	56,8	6,1	1,0				
1-2	13,9	0,8	31,3	4,4	0,6				
2-3	2,5a	0,4b	10,8a	2,3b	0,4c	1,4a	0,1b	1,2a	0,2b
3-4	0,8	0,2	4,9	1,3	0,3	0,7	0,1	0,8	0,1
4-5	0,7	0,2	2,6	0,8	0,3	0,6	0,1	0,7	0,1
5-6						0,5	0,1	0,5	0,1
7,5-8,5						0,4	0,1	0,3	0,1
10-11						0,2	0,1	0,2	0,1
15-16						0,1	<0,1	0,1	0,1

* 2 herhalingen

** 4 herhalingen

*** 10 herhalingen

**** 3 herhalingen

3.2.2 Drift naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)

De resultaten van de driftmetingen naar de lucht zijn weergegeven in tabel 9. Van elk spuitsysteem zijn per meetperiode de gemiddelden gegeven over de totale hoogte van de meetmast, die op 5,5 m van de laatste spuitdop stond.

Bij de oriënterende proeven in tulpen in 1993 hadden luchtondersteuning en de tunnelspuit geen duidelijk effect op de drift naar de lucht buiten het perceel ten opzichte van de veldspuit. Bij de

proeven in de lelies was de drift van de tunnelspuit duidelijk lager dan die van de veldspuit.

In de tulpenproef van '95 gaven zowel de luchtondersteuning als de afscherming van de spuitboom een lagere drift naar de lucht; bij de spuit met de luchtondersteuning was de drift lager dan bij de spuit met afscherming van de spuitboom.

Bij de proef in gele mosterd '95 had de luchtondersteuning een lagere drift dan de standaardspuit; hier was geen effect van de afscherming van de spuitboom op de drift naar de lucht.

Tabel 9 Driftpercentage naar de lucht, gemeten op 5,5 m van de laatste dop en gemiddeld over een hoogte van 0-4 m, uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid. Getallen met verschillende letters binnen een rij duiden op significante verschillen.

Table 9 *Mean spray drift into the air at 5,5 m next to the outermost nozzle and averaged over the height 0-4 m, as a percentage of the application rate per surface area. Significant differences in the same crop are presented by a different letter.*

Proef	Veldspuit			Tunnelspuit	
	standaard	met luchtonder- steuning	met afscherming	met luchtcir- culatie	zonder luchtcir- culatie
Tulpen'93	1,3 a	1,1 a	-	1,0 a	-
Lelies'93	1,0 a	-	-	0,4 b	0,3 b
Tulpen'95	5,0 a	1,1 c	2,9 b	-	-
Gele mosterd'95	3,3 a	1,9 b	3,3 a	-	-

3.2.3 Depositie naar de grond in het perceel

Bij de lelieproef in '93 en de tulpenproef in '95 is ook de depositie naar de grond in het perceel op en tussen de bedden gemeten. De resultaten van de metingen staan vermeld in tabel 10.

Tabel 10 Depositie naar de grond in het perceel in en tussen de bedden uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid. Getallen met verschillende letters binnen een rij duiden op significante verschillen.

Table 10 *Mean deposition to the soil in the sprayed field, on top and between the crop beds, as a percentage of the application rate per surface area. Significant differences in the same row are presented by a different letter.*

Gewas	Plaats t.o.v. bed	Veldspuit			Tunnelspuit	
		standaard	met luchtonder- steuning	met afscherming	met luchtonder- steuning	zonder luchtonder- steuning
Lelie 1993*	op	47,4 a			18,8 c	24,3 b
	tussen	115,0 a			4,4 b	2,1 b
Tulpen 1995**	op	40,5 b	47,5 a	46,5 a		
	tussen	69,0 b	96,0 a	85,7 a		

* Twee herhalingen

** Vier herhalingen

De depositie naar de grond tussen de bedden was altijd hoger dan die naar de grond in de bedden. Bij de tunnelspuit was op de bedden de depositie naar de grond lager dan bij de standaardspuit. Ook in de rijpaden tussen de bedden was de depositie van de tunnelspuit duidelijk lager dan van de veldspuit die deze stroken gewoon meespoort.

Bij de tulpenproef'95 was er op de grond, zowel op de bedden als op de paden tussen de bedden, geen verschil tussen de veldspuit met luchtondersteuning en de spuit met afgeschermd boom. De depositie van de veldspuit zonder luchtondersteuning (standaard) was zowel op als tussen de bedden lager dan bij de beide andere systemen.

3.2.4 Driftreductie ten opzichte van een conventionele standaard bespuiting

De driftreductie van de luchtondersteunde spuit, de spuit met afgeschermd boom en de tunnelspuit kan worden uitgedrukt in procenten ten opzichte van een standaard veldspuit. Deze was per proef uitgerust met soortgelijke doppen als de te vergelijken machines.

In tabel 11 staan de reducties aangegeven voor de strook op de grond van 2-3 m vanaf de laatste spuitdop en op 5,5 m vanaf de laatste spuitdop voor de drift naar de lucht. De driftreducties voor de tunnelspuiten zijn berekend uitgaande van de berekende doseringen in het bed (zie bijlage A).

Uit tabel 11 volgt dat de spuit met luchtondersteuning, de spuit met afgeschermd spuitboom en de tunnelspuit (met en zonder luchtcirculatie) een significante driftreductie naar de grond buiten het perceel gaven ten opzichte van de conventionele standaard veldspuit.

Op 2-3 m afstand van de laatste dop gaf luchtondersteuning afhankelijk van de omstandigheden bij een spuitboomhoogte van 50 cm een reductie van 60-70%. Bij de proef in '93 met een spuitboomhoogte van 70 cm was er geen duidelijke driftreductie.

De afgeschermd spuitboom gaf een gemiddelde reductie van 54%.

De tunnelspuit van 1993 gaf een reductie van 79-96% ten opzichte van de standaard met spuitboomhoogte 70 cm. De toegepaste luchtcirculatie had geen gunstig effect op de driftreductie. De tunnelspuit van '96 gaf een gemiddelde reductie van 91% ten opzichte van de standaard spuit met een boomhoogte van 50 cm en een relatief lage drift.

Tabel 11 Driftreductie van de verschillende technieken met als standaard een veldspuit met 300 l/ha uitgerust met spleetdoppen. Getallen met verschillende letters binnen een rij duiden op significante verschillen, de standaard bespuiting heeft steeds de letter a.

Table 11 *Reduction of drift when using different spraying techniques compared to 300 l/ha applied with a boom sprayer using flat fan nozzles. Significant differences in the same crop are presented by a different letter.*

Plaats en afstand vanaf laatste dop	Proef	Veldspuit		Tunnelspuit*	
		met luchtondersteuning	met afscherming	met luchtcirculatie	zonder luchtcirculatie
grond op 2-3 m	Tulpen'93*	12 a		84 c	
	Lelies'93			79 b	96 c
	1995	60 b	54 b		
	1996	70b			91c
lucht op 5,5 m	Tulpen'93**	15 a		39a	
	Lelies'93			56b	76b
	Tulpen'95	79 c	42 b		
	Gele mosterd'95	45 b	0 a		

* Voor het berekenen van de reducties is uitgegaan van de berekende vloeistofdoserings in het bed.

** Oriënterende metingen met 2 herhalingen

De driftreductie naar de lucht was bij de lelieproef in '93 wisselend. Bij de proef in tulpen werd geen duidelijk effect gemeten van luchtondersteuning of tunnelspuit op de drift naar de lucht. Bij de proef in lelies werd met de tunnelspuit een reductie gemeten van 56% met luchtcirculatie en van 76% zonder circulatie. In '95 was het effect van de luchtondersteuning significant en bedroeg de reductie 45-79%. De afgeschermd spuitboom gaf in '95 in de tulpen een reductie van 42%, terwijl in de gele mosterd geen reductie in drift naar de lucht werd gemeten.

3.3 Discussie

Proefopzet

Drift bij een bespuiting hangt sterk af van de weersomstandigheden tijdens de bespuiting. Bij het vergelijken van de spuittechnieken, gemiddeld over de weersomstandigheden, dienen niet alleen de verschillen tussen herhalingen, maar vooral ook de interacties van spuittechnieken met herhalingen als toevalseffecten te worden beschouwd. Deze laatste toevalscomponent blijkt in het algemeen groot ten opzichte van de monstervariatie, zodat de nauwkeurigheid van de vergelijking tussen spuittechnieken het meest gebaat is bij veel herhalingen, terwijl het vergroten van het aantal monsters per herhaling niet veel bijdraagt tot verhoging van deze nauwkeurigheid.

De proefopzet is daarom zo gekozen dat de driftmetingen bij de verschillende spuittechnieken kort na elkaar konden worden uitgevoerd en waarbij de windrichting zoveel mogelijk dwars op de spuitrichting stond. Bij een bespuiting werd niet gekozen voor een groot aantal bemonsteringen op één tijdstip, maar voor een beperkt aantal monsters en meerdere herhalingen van de metingen op verschillende tijdstippen gedurende een dag en op meerdere dagen tijdens een groeiseizoen. De metingen konden relatief snel (binnen 2 uur) worden uitgevoerd, zodat de te vergelijken spuittechnieken zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden (windsnelheid en -richting) konden worden onderzocht.

Driftmetingen met driftcollectoren

De drift naar de lucht buiten het perceel is gemeten met driftcollectoren. Deze collectoren hebben een zekere vangefficiëntie die afhankelijk is van de grootte van de passerende deeltjes en van de windsnelheid. Hoe kleiner de deeltjes en hoe lager de windsnelheid des te meer deeltjes er rond de collector zweven en des te lager de efficiëntie wordt.

De resultaten van deze metingen zijn dus alleen geschikt voor het onderling vergelijken van drift van spuitsystemen met soortgelijke druppelspectra onder soortgelijke omstandigheden. Ze zijn zonder kennis van de vangefficiëntie minder geschikt voor het geven van absolute driftpercentages.

Vergelijking met drift-onderzoek uit de literatuur

Door Porskamp et al. (1995) zijn in de periode 1992-1994 driftmetingen naar de grond buiten het perceel uitgevoerd bij bespuitingen van aardappelen. Bij deze bespuitingen was de spuitboomhoogte boven het gewas gemiddeld 70 cm en bedroeg de windsnelheid gemiddeld 3 m/s. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat door het toepassen van luchtondersteuning een gemiddelde driftreductie werd bereikt van 50% op de strook 2-3 m vanaf de buitenste spuitdop. Bij het onderzoek in 1993 in de tulpen (boomhoogte 70 cm) bedroeg de reductie 49%, terwijl in '95 en '96 de reductie 60-70% bedroeg bij een spuitboomhoogte van 50 cm.

Op de strook 2-3 m van de laatste spuitdop werd met de standaardveldspuit in de bollen in 1995 gemiddeld 2,4-4,9% drift naar de grond gemeten (tabel 6, gem. windsnelheid 6,3 m/s) en in 1996 1,2-1,4% (gem. windsnelheid 3,7 m/s). Bij bespuitingen in de aardappelen, met een gemiddeld lagere windsnelheid (3,0 m/s), een grotere spuitboomhoogte (70 cm) boven het gewas en een dosering van 300 l/ha, werd op 2-3 m van de laatste dop 4,7-6,0% drift gemeten (Porskamp et al. 1995).

Peppel-Groen e.a. (1995) voerden driftmetingen uit in tulpen met een braakliggende rand van 1,7 m die ook mede bespoten werd. Bij een boomhoogte van 65 cm boven de grond (45 cm boven het gewas) werd op 2 en 3 m vanaf de laatste dop gemiddeld een drift gemeten van 2,1 en 4,9%.

Depositie naar de grond in het perceel

In enkele metingen werd ook de depositie op de grond in het perceel gemeten. In de bedden nam door het toepassen van luchtondersteuning of afscherming van de spuitboom de depositie naar de grond toe met gemiddeld 16%, terwijl tussen de bedden de gemiddelde depositietoename bij de luchtondersteuning 39% was en bij de afscherming 24%. Door het toepassen van een tunnelspuit(93) werd op de bedden de depositie met 50-60% verlaagd, terwijl tussen de bedden de depositie ten opzichte van een veldspuit met meer dan 95% werd verlaagd.

Opgemerkt dient te worden dat de resultaten sterk afhankelijk zijn van het soort gewas (hoogte en plantdichtheid). De depositie in de rijstroken is erg afhankelijk van de breedte van de strook en het minder of meer overhangen van het gewas.

Afgeschermd spuitboom

In het onderzoek werd gewerkt met een prototype afgeschermd spuitboom. Voor gebruik in de praktijk dienen nog de nodige aanpassingen te worden aangebracht met betrekking tot de duurzaamheid en de vormvastheid van de afscherming en het gemak van het in- en uitklappen van de spuitboom.

De constructie van de afgeschermd spuitboom leek redelijk stabiel bij de heersende (wind) omstandigheden. Bij het in- en uitdraaien van een spuitgang ontstonden als gevolg van versnellings- en vertragingseffecten extra krachten op de spuitboom. Het in- en uitdraaien moest daarom met de nodige voorzichtigheid worden uitgevoerd. Het in- en uitklappen van de spuitbomen verliep ten gevolge van de afscherming niet altijd soepel. De overkapping was niet van star materiaal en bleek naar binnen te buigen, waardoor de spuitkegel soms het doek raakte. Op de plaatsen waar de spuitboom scharnierde zaten openingen in het scherm. In de proeven zijn deze zo goed mogelijk afgeschermd. Direct achter de trekker was dit door het verspringen van de boom niet mogelijk.

Tunnelspuit

De gebruikte tunnelspuit(93) was een prototype met het doel de mogelijkheden van een tunnelprincipe en van Closed Loop System (CLS) in de beddenteelt te onderzoeken. Het prototype had veel instelmogelijkheden. Tijdens de experimenten bleek dat het moeilijk was de lucht in de tunnel goed te recirculeren. De overkapping zonder ingeschakeld CLS-systeem was hierdoor soms effectiever in het beperken van de drift dan met het ingeschakelde CLS-systeem

De in 1996 ontwikkelde tunnelspuit was ook een prototype. Tijdens het onderzoek zijn de zijkanten van de spuit zowel naar achteren als naar beneden verlengd en zijn een aantal zaken gesignaleerd die aanpassing behoeven. Zo is tijdens het spuiten niet te zien of alle doppen werkelijk spuiten, een hulpmiddel voor deze controle is noodzakelijk. Bij montage voor aan de trekker dient de hoogte-instelling van de spuit voldoende bereik te hebben. De gebruikte driebeddenspuit was nog niet voorzien van een opklapmechanisme voor transport over de weg.

4 Conclusies en aanbevelingen

Literatuurstudie

De conclusie uit het uitgevoerde literatuuronderzoek is dat bij veldspuiten door afscherming van de spuitnevel de drift aanzienlijk kan worden beperkt. De afscherming bestond uit gaas- of plaatmateriaal dat aan de voor- en/of achterkant van de spuitboom op een veldspuit werd gemonteerd. Het afschermen van spuitbomen en het effect ervan op drift werd vaak in combinatie met fijne spuitdoppen onderzocht. Bij vergelijking van deze systemen met dezelfde spuitdop zonder afscherming bleek dat het percentage driftreductie van de afgeschermd systemen veelal in de orde van grootte van 60 tot 85% lag. Doorgaans werd deze reductie op het hele meettraject (van 0 m tot 32 m) naast het perceel (gespoten zwad) waargenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat soms melding gemaakt werd van sterk wisselende resultaten door effecten van rijsnelheid en -richting in combinatie met windsnelheid en -richting. Met een lage rijsnelheid voor de wind rijden kon bij gebruik van afscherming resulteren in een aanzienlijke toename van drift (tot 80%) in vergelijking met een niet afgeschermd spuit onder dezelfde omstandigheden.

De beschreven systemen werden veelal in grote graangebieden toegepast (USA, Canada, Noord-Duitsland). Hoe deze systemen inzetbaar zijn in de Nederlandse situatie is onduidelijk. Voor de Nederlandse situatie gelden andere voorwaarden die aan afgeschermd spuitssystemen gesteld worden. Hiertoe behoren: het gewas mag niet geraakt worden (bollen), een beperkte rijsnelheid, eisen ten aanzien van de wendbaarheid, de transporteerbaarheid en de toegepaste dopkeuze en dosering.

Drift naar de grond naast het perceel

Bij de bespuiting van een gewas bollen neemt door het toepassen van luchtondersteuning op veldspuiten de drift naar de grond af aan de benedenwindse zijde buiten het perceel. Op de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop nam de drift afhankelijk van de omstandigheden met gemiddeld 60-70% af. De spuitboomhoogte boven het gewas bedroeg 50 cm. Door de spuitboom af te schermen werd, afhankelijk van de omstandigheden, de drift op 2-3 m afstand vanaf de laatste spuitdop met 54(45-62)% verminderd. Door afscherming van de doppen met een tunnel, die juist over een bed paste, werd een driftreductie bereikt van meer dan 90% over de strook 2-3 m vanaf de laatste spuitdop (rand van het buitenste bed).

Drift naar de lucht naast het perceel

De bespuitingen met luchtondersteuning gaven een gemiddelde vermindering van de drift naar de lucht van 45-79%. De percentages waren sterk afhankelijk van de omstandigheden. Bij de afscherming van de spuitboom was de reductie 0 tot 42% en bij de tunnelspuit(93) zonder luchtcirculatie bedroeg de reductie gemiddeld 76%.

Door het toepassen van luchtondersteuning, het afschermen van de spuitboom of het overkappen van de spuit (tunnelspuit) kan in de bollenteelt een grote bijdrage worden geleverd aan de beheersing van de driftproblematiek. Vooral het effect van de overkapping van een beddenspuit is groot. De toegepaste tunnelspuiten voor bedden en de afgeschermd spuitboom waren prototypen. Voor gebruik in de praktijk dienen nog de nodige verbeteringen te worden aangebracht.

Aanbevelingen

Bespuitingen worden uitgevoerd met het doel een zo groot mogelijk biologisch effect te bereiken, uiteraard met zo weinig mogelijk schadelijke neveneffecten.

- Bespuitingen met druppelgroottes in de BCPC klassen grof en zeer grof geven naar verwachting een verlaging van de drift naar de grond buiten het perceel. Hierbij moet het effect van de veelal geringere bladbedekking op de biologisch effectiviteit niet vergeten worden.

- De spuitboomhoogte is van invloed op de drift buiten het perceel. In dit onderzoek was deze niet als variabele opgenomen. Interessant voor de driftbeperking in de bollenteelt zijn spuitboomhoogtes van 30-50 cm boven het gewas. Onderzoek naar de constructieve mogelijkheden van een verlaagde spuitboomhoogte en het hieruit volgende effect op de verdeling in het gewas is daarom gewenst.

- Het ontwikkelen van volwaardige spuitmachines die de drift beperken; dit geldt zowel voor tunnelspuiten voor op bedden geteelde gewassen als voor afgeschermd spuitbomen.

Summary

The emission of chemicals is a major problem in chemical crop protection. A general reduction in the use of pesticides and a reduction in spray drift to surface water bordering a sprayed field can be achieved by improvements in spray application techniques. The deposition of the drift on the soil next to the field sprayed is mostly decreasing as the distance from the border of the field sprayed becomes larger.

Flowerbulbs and other arable crops are usually sprayed with field boom sprayers. Droplets leaving the nozzle when spraying, are susceptible to drift. Shielding the sprayer boom to overcome drift-producing air currents and turbulence that occur around the nozzle during spraying or forced air flow (air assistance) to convey the droplets to the crop can help reduce the drift. Furthermore, a tunnel sprayer is developed for bed-grown crops (such as flowerbulbs), in which both concepts can be combined.

From literature it becomes clear that shielding a sprayer boom is effective in reducing off-target spray drift. In general, a shielding device on the sprayer boom reduces spray drift by about 60-85%, compared with conventional field spraying with the same nozzle type. However, results vary considerably from one study to another. Different sprayer speed/wind speed configurations could also effect downwind spray drift. The described shielding and shrouding systems are mostly used in cereal crops (USA, Canada, Northern Germany). How they can be used in the Dutch situation with special demands on versatility, transportability, driving speed, nozzle type and crop clearance (flowerbulbs) demands further research.

In a series of experiments (1993, 1995 and 1996) the drift deposition on the soil surface at different distances from the border of the field sprayed, as well as drift into the air, were measured when spraying a bed-grown flowerbulb crop. Over these experimental years the effects on the emission produced by air assistance, shielded sprayer boom and a tunnel sprayer for bed-grown crops on the emission were assessed.

Air assistance resulted in an average reduction in drift deposition by 60-70% for the strip 2-3 m from the border of the sprayed field. This reduction was reached with nozzles applying 300 l/ha using medium-class nozzles (BCPC classification) and a height of the spray boom of 50 cm above the crop.

A shielded sprayer boom, covered with an insect net in front and a plastic sheet at the back of the nozzles, resulted in a drift reduction by 45-62% on the strip 2-3 m from the border of the sprayed field.

Prototype tunnel sprayers, spraying only the flowerbulb crop on top of the beds, resulted in more than 90% drift reduction compared with a field boom sprayer.

The emission into the air outside the field sprayed was with air assistance reduced by on average 45-79%. For the shielded sprayer boom these reductions were 0-42%, and for the tunnel sprayer 60-76%.

The use of air assistance and shields on the sprayer boom are effective contributions to reduce spray drift. Especially the development of tunnel sprayers for bed-grown crops seems promising.

Literatuur

- Cenkowski, S., A.M. Forbes en J. Townsend, 1994.
Effectiveness of windscreens on modifying airflow around a sprayer boom.
Applied Engineering in Agriculture; 10; 4; 471-477; 1994; 12 ref.
- Fehring, R.J. en R.A. Cavaletto, 1990.
Spray drift reduction with shrouded boom sprayers.
Paper-American Society of Agricultural Engineers; No. 90-1008; 13 pp.; 1990; 5 ref.
- Forbes, A.M., S. Cenkowski en J.S. Townsend, 1991.
The effectiveness of windscreens in reducing spray drift.
Paper-American Society of Agricultural Engineers; No. 91-1084; 15pp; 1991; 9 ref.
- Ford, R.J., 1984.
Comparative evaluation of three experimental drift control devices.
Canadian Agricultural Engineering; 26; 2; 97-99; 1984; 2 fig., 1 tab.; 13 ref.
- Ford, R.J., 1986.
Field trials of a method for reducing drift from agricultural sprayers.
Canadian Agricultural Engineering; 28; 2; 81-83; 1986; 1 ref.
- French, H.M., P. Alexander en B. Young, 1993.
A wind tunnel comparison of drift from shielded boom sprayers.
Victoria Dept. of Agriculture, IV Food Research Institute, Technical Report Series no. 211, 1993. 11pp.
- Ganzelmeier, H., 1990a.
Neue Geräteentwicklungen zur Abtriftverminderung. New plant protection equipment for the reduction of drift.
Gesunde Pflanzen; 42; 5; 174-181; 1990; 29 ref.
- Ganzelmeier, H., 1990b.
Mit neuer Technik - Abtrift vermeiden. Preventing drift with new technology.
DLG-Mitteilungen; 105; 8; 384-387
- Ganzelmeier, H., D. Rautmann, R. Spangenberg, M. Strelke, M. Herremann, H.J. Wenzelburger, H.F. Walter, 1995.
Untersuchungen zur Abtrift von Pflanzenschutzmitteln.
Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin. 111pp.
- Göhlich, H. en O. Westphal, 1991.
Zur Verminderung von Pflanzenschutzmittelverlusten. Reducing plant protective losses. Landtechnik; 46; 3; 113-116; 1991; 6 ref.
- Göhlich, H. en Peethambaram Jegatheeswaran, 1977.
Voraussetzungen fuer Weiterentwicklung von Pflanzenschutzverfahren.
Grundlagen der Landtechnik, 27(1977)3:114-118

- Matthews, G.A. en E.C. Hislop (eds.), 1993.
Application technology for crop protection.
CAB International, Wallingdorf, UK. 359pp
- Maybank, J. en R. Grover, 1988.
Testing the effectiveness of reduced rate herbicide applicators.
Aspects of Applied Biology; 17; 1; 331-338; 1988; 7 ref.
- Maybank, J., S.R. Shewchuk en K. Wallace, 1990.
The use of shielded nozzles to reduce off-target herbicide spray drift.
Canadian Agricultural Engineering; 32; 2; 235-241; 1990; 7 ref.
- Michielsen, J.M.G.P. en H.A.J. Porskamp, 1993.
Meetmethodek voor depositie en drift bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO nota 93-75, IMAG-DLO, Wageningen, 21 pp.
- Miller, H., 1991.
Spritzkegel kommt unter die Haube.
DLG-Mitteilungen/Agrar; 3; 34-36; 1991
- Miller, P.C.H., 1988.
Engineering aspects of spray drift control.
Aspects of Applied Biology; 17; 1; 377-384; 1988
- Miller, P.C.H., 1991.
Agricultural sprayer design to minimize environmental contamination.
In: Richardson ML. Chemistry, agriculture and the environment; 308-331; 1991; 25 ref.
Royal Society of Chemistry; Cambridge; UK.
- MJP-G, 1991.
Meerjarenplan Gewasbescherming.
Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21677, nrs 3-4, Sdu Uitgeverij, 's-Gravenhage, 298 pp.
- Nordby, A en R. Skuterud, 1975.
Effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift.
Weed Res. 14:385-395
- Ozkan, H.E., A. Miralles, C. Sintfort, H. Zhu, D.R. Reichard en R.D. Fox, 1996.
Shields to reduce spraydrift.
ASAE. Paper, 961077, ASAE, St. Joseph, USA, 20pp.
- Payne, R.W., 1993.
Genstat 5 Release 3 Reference Manual.
Oxford University Press Harpenden, UK. 796 pp.
- Peppel-Groen, A. E. van de, R.A. Smidt en M. Leista, 1995.
Overwaaien van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij bespuiting in de bloemeteelt.
SC-DLO rapport 367, SC-DLO, Wageningen, 37 pp.
- Pompe, J.C.A.M., H.J. Holterman en B.C.P.M. van Straelen, 1992.
Technical aspects of pesticide application, A literature review.
IMAG-DLO Report 92-11, IMAG-DLO, Wageningen, 84 pp.

- Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994a.
Driftbeperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1992). Onderzoek depositie en drift van gewasbeschermingsmiddelen.
IMAG-DLO Rapport 94-19, IMAG-DLO, Wageningen, 45 pp.
- Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen en J.F.M. Huijsmans, 1994b.
Driftbeperkende spuittechnieken voor de fruitteelt (1993). Onderzoek drift van gewasbeschermingsmiddelen.
IMAG-DLO Rapport 94-23, IMAG-DLO, Wageningen, 33 pp.
- Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen, J.F.M Huijsmans en J.C. van de Zande, 1995.
Driftbeperkende spuittechniek in de akkerbouw. De invloed van luchtondersteuning, dopkeuze en teeltvrije zone op de drift buiten het perceel.
IMAG-DLO, Rapport 95-19, IMAG-DLO, Wageningen, 40 pp.
- Ringel,R en P.G. Andersen,1991.
Trägerluftunterstützungan Feldspritzen. Ein Beitrag zum umweltgerechten Applikation von Pflanzenschutzmitteln.
Landtechnik 46; 3; 116-119
- Ripke, F.O., 1990
Abtrift beim Einsatz von Feldspitzgeräten.
Landtechnik 45; 4; 144-148
- Ripke, F.O., 1995a.
Persoonlijke mededeling
- Ripke, F.O., 1995b.
Weniger Pflanzenschutzmittel gezielter applizieren.
Getreide 1(1995)1: 10-14
- Ripke, F.O.en G. Warnecke-Busch, 1991.
Abtrift mit aufwendiger Technik vermindern ? Can drift be reduced with expensive equipment ?
Pflanzenschutz-Praxis; No. 2; 10-13.
- Rogers, R.B., 1985.
The Windproof Sprayer and billion drop technology.
Weeds Today; 16; 3; 9-10
- Rogers, R.B. en B.J.Ford, 1985.
The windproof sprayer: its progress and prospects.
Agricultural Engineering; 66; 11; 11-13; 1985; 5 fig.
- Rogers, R.B. en B.J. Ford, 1984.
The windproof sprayer.
Paper, American Society of Agricultural Engineers; No. 84-1656; 7 pp; 1984; 4 fig.;
- Schmidtke, A., 1994.
Rechnen sich neue Systeme?
Top Agrar (1994)2: 108-111
- Smith, D.B., F.D. Harris en B.J. Butler, 1981.
Ancillary equipment and conditions for drift reduction.
ASAE Paper; No. 81-1504; 20 pp; 1981; 9 fig., 2 tab.; 15 ref.

Smith, D.B, F.D. Harris en B.J. Butler, 1982.
Shielded sprayer boom to reduce drift.
Transactions of the ASAE (American Society of Agricultural Engineers); 25; 5; 1136-1140, 1147; 1982; 9 fig.,
2 tab.; 15 ref.

Wevers, J.A. en O. Hartsema, 1990.
Meer werkbare uren met windkap op rijenspuit.
Dossier Gewasbescherming; 10(1990):41-42

Wolf, T.M., R. Grover, K. Wallace, S.R. Shewchuk en J. Maybank, 1993.
Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of field sprayers
Canadian journal of plant science 1993, Oct 1993; v. 73 (4), p. 1261-1273

Young, B.W., 1991.
A method for assessing the drift potential of hydraulic nozzle spray clouds, and the effect of air assistance.
BCPC Mono no.46 Air-assisted spraying in crop protection; 1991. p.77-86

Zande, J.C. van de en A.H.J. Rops, 1994.
Onkruidbestrijding met glyfosaat.
Landbouwmeechanisatie; 45(1994)6: 42-43

Bijlage A: Afstelling van de machines en toegepaste druppelspectra tijdens de proeven 1993.

	Tulpen 1993			Lelies 1993		
	Veldspuit		Tunnel	Veldspuit		Tunnel
	standaard	met lucht	met lucht	standaard	met lucht	zonder lucht
Dop soort	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop
Doptype	Hardi 4110-12	Hardi 4110-12	Teejet 80015 E	Albus blauw	Teejet 11004	Teejet 11004
Spuitdruk [bar]	2,2	2,2	4	2,9	3	3
BCPC-klasse	F	F	F	M	M	M
Afgifte dop l/min	0,63	0,63	0,73	2,38	1,58	1,58
Spuit- breedte [m]	4,5 1)	4,5 1)	3*1,5 2)	5,0 1)	3*1,5 2)	3*1,5 2)
Aantal doppen	9	9	2	10	3	3
Rijsnelheid km/h	5,9	5,9	6,7	7,5	7,0	7,0
Afgifte l/ha	130	130	95 119 in het bed	380	275 344 in het bed	275 344 in het bed

1) De rest van de doppen was afgesloten.

2) Er werden 3 bedden van 1,20 m bespoten

Afstelling van de machines en toegepaste druppelspectra tijdens de proeven in 1995 en 1996.

	Tulpen en gele mosterd 1995			Lelies en gele mosterd 1996		
	Veldspuit			Veldspuit		Tunnel
	standaard	met lucht	met afscherming	standaard	met lucht	
Dop soort	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop	spleetdop
Doptype	Teejet XR11003	Teejet XR11003	Teejet XR11003	Teejet XR11004	Teejet XR11004	Teejet XR11004 UB8504
Spuitdruk [bar]	3	3	3	2	2	2
BCPC-klasse	M	M	M	M	M	M
Afgifte l/min	1,24	1,24	1,29	1,3	1,3	1,29
Spuit- breedte [m]	17	17	17	9 1)	9 1)	6*1,5 of 2*4,5
Aantal doppen	34	34	34	18	18	per bed 1* XR 2*UB
Rijsnelheid km/h	5,0	5,0	5,1	5,4	5,4	6,0
Afgifte l/ha	298	298	304	290	290	260 300 in het bed

1) De rest van de doppen was afgesloten.

2) Er werden 6 bedden bespoten

Bijlage B: Parameters tijdens de driftmetingen 1993 en 1995

Proef	Gewas hoogte	Soort	Machine		Herha-ling	Wind		Temp. °C	RLV %		
			Uitvoering	Hoogte spuitboom		Snelheid m/s	Richting °*				
tulpen'93	30	veldspuit	standaard	70	1	4,0		21	54		
					2	1,5		20	53		
			met lucht	70	1	4,0		21	54		
					2	3,1		20	53		
		tunnelspuit	met lucht	40	1	4,5		20	62		
					2	2,0		20	63		
lelies'93	30	veldspuit	standaard	70	1	3,0		16	76		
					2	4,5		16	78		
					3	3,5		9	65		
					4	5,0		9	65		
			tunnelspuit	met lucht	40	1	4,5		-	-	
						2	4,5		16	72	
						3	3,5		18	70	
						4	3,0		6	83	
		zonder lucht	40	1	4,5		15	77			
				2	3,5		16	77			
				3	3,0		8	70			
				4	2,5		5	85			
				veldspuit	standaard	50	1	5,6	20	16	74
							2	5,6	35	13	90
tulpen'95	20-25	veldspuit	standaard	50	3	5,6	54	14	75		
					4	6,3	61	14	78		
					met lucht	50	1	7,3	20	16	76
							2	4,9	23	13	88
			met afscherming	40	3	7,3	48	14	72		
					4	6,2	45	15	70		
					1	6,7	20	15	80		
					2	5,2	40	14	89		
		gele mosterd'95	35	veldspuit	standaard	50	3	6,0	48	15	74
							4	7,6	60	15	74
							1	4,7	27	21	83
							2	5,9	15	16	94
3	8,5						29	18	89		
4	6,6						35	21	78		
met lucht	50	1	4,8	34	20	82					
		2	7,3	4	17	94					
		3	6,0	36	17	90					
		4	8,2	45	21	78					
		met afscherming	40	1	4,5	41	20	83			
				2	6,9	39	19	86			
				3	6,9	31	19	85			
				4	8,1	35	21	83			

* Windrichting haaks op rijrichting is 0 °.

Bijlage B: Parameters tijdens de driftmetingen 1996

Proef	Gewas hoogte	Machine		Hoogte spuitboom	Herha-ling	Wind		Temp. °C	RLV %	
		Soort	Uitvoering			Snel-heid m/s	Rich-ting °*			
lelies 11-9	35	veldspuit	standaard	50	1	4,3	0	15	75	
					2	2,8	5	17	69	
					3	2,9	20	16	73	
		met lucht	50	1	5	0	15	75		
				2	1,5	5	17	69		
				3	1,5	5	17	69		
	beddenspuit	één bed	35	1	3,0	5	16	68		
				2	3,2	10	16	68		
				3	3,5	5	16	72		
	lelies 17-9	35	veldspuit	standaard	50	1	4,0	5	19	72
						2	4,0	20	20	57
						3	6,0	20	19	50
met lucht			50	1	4,0	0	20	52		
				2	5,0	5	19	72		
				3	4,0	20	20	57		
beddenspuit		één bed	35	1	5,0	20	19	50		
				2	3,5	0	20	52		
				3	4,3	5	18	71		
lelies 25-9		35	veldspuit	standaard	50	1	4,3	5	18	71
						2	3,9	5	18	71
						3	5,4	17	18	60
	beddenspuit		één bed	35	3	4,8	17	18	60	
					4	3,5	17	18	56	
					5	3,9	17	18	56	
lelies 7-10	35	veldspuit	standaard	50	1	3,0	20	18	70	
					1	2,4	20	18	70	
					1	3,0	15	18	65	
		beddenspuit	drie bedden	35	2	3,3	15	18	65	
					2	3,2	45	16	82	
					3	3,0	30	15	79	
gele mosterd 14-10	35	veldspuit	standaard	50	2	4,0	30	16	82	
					3	2,3	30	15	79	
					3	1,9	0	14	81	
		beddenspuit	drie bedden	35	4	2,0	0	14	81	
					5	3,2	15	14	82	
					6	3,6	15	14	82	
lelies 11-9	35	veldspuit	standaard	50	1	3,8	0	20	73	
					2	3,2	0	20	77	
					3	2,3	0	20	76	
		met lucht	50	1	4,8	0	20	73		
				2	3,8	0	20	77		
				3	3,2	0	20	76		
	beddenspuit	drie bedden	35	1	4,0	0	19	75		
				2	4,3	0	19	75		
				3	4,8	0	19	76		
	beddenspuit	drie bedden	35	4	5,0	0	19	76		
				5	3,4	0	20	79		
				6	2,9	0	19	79		

* Windrichting haaks op rijrichting is 0 °