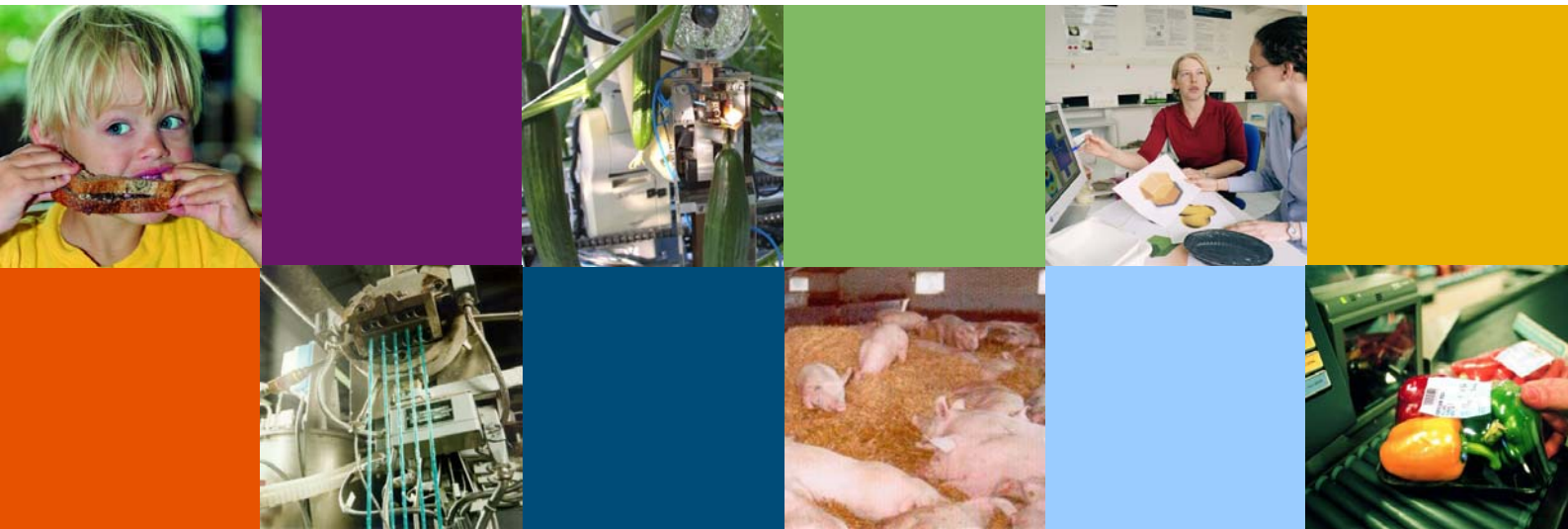
AGROTECHNOLOGY & FOOD INNOVATIONS
WAGENINGEN UR

Spuittechnieken en spuitvloeistofverdeling in een hoog maïsgewas ter bestrijding van de maïswortelkever Diabrotica

J.M.G.P. Michielsen
J.C. van de Zande
H. Stallinga
P. van Velde

Report 471



Spuittechnieken en spuitvloeistofverdeling in een hoog maïsgewas ter bestrijding van de maïswortelkever Diabrotica

J.M.G.P. Michielsen
J.C. van de Zande
H. Stallinga
P. van Velde

Rapport 471

Colofon

Titel	Spuittechnieken en spuitvloeistofverdeling in een hoog maïsgewas ter bestrijding van de maïswortelkever Diabrotica
Auteur(s)	J.M.G.P. Michielsen, J.C. van de Zande, H. Stallinga, P. van Velde
A&F nummer	471
ISBN-nummer	90-6754-937-1
Publicatiedatum	Juni 2005
Vertrouwelijk	-
Project code.	630.51823.01

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.
All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

Dit rapport is goedgekeurd door: J.F.M. Huijsmans

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Abstract

Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) is a quarantine pest in the Netherlands. An inventory is made of potential field spray techniques usable in high maize (>1.75m). Spray techniques identified potentially usable in high maize crop spraying were: air-assisted spraying, high volume /coarse spray quality spraying, drop hose spraying, and drop hose spraying combined with conventional over the top of the canopy spraying. Spray deposition measurements were done for the selected spray techniques in a 2.5m high maize crop using a fluorescent tracer. Spray distribution in the maize crop is shown to be different for the spray techniques used. Drop hose spraying in combination with over the top conventional spraying showed to have the most even spray distribution over crop height. Conventional spraying, air-assisted spraying and high volume and coarse spraying had a steep decline in spray deposition over height of the maize crop, with 40-50% of spray deposit in the top 0.50m of canopy. Spray deposit on soil surface underneath the crop canopy with these spray techniques was 6-17%. With the air-assisted spray technique spray deposit on the lowest parts of crop canopy (<0.50m) was higher. Air-assisted spraying and high volume / coarse spraying increased spray deposit on soil surface. Depending on the minimal effective amount of pesticide (10%, 20%, or 40% of spray volume rate) potential effective areas are shown in the maize crop for the evaluated spray techniques. The combination of adrop hose spray technique in combination with conventional on top spraying looks most perspective to control Diabrotica in a high maize crop.

Keywords: *maize, Diabrotica virgifera virgifera, western corn rootworm, pesticide application, spray distribution, spray deposition, spray technique, nozzle type, crop protection*

Inhoudsopgave

Abstract **3**

1 Inleiding **5**

2 Materiaal en methoden **6**

2.1 Technieken 6
2.2 Proefveld 7
2.3 Spuitvloeistof 9
2.4 Bemonstering maïs 9
2.5 Verticale verdeling in het gewas 10
2.6 Depositie op grond onder gewas 10
2.7 Analyse 10
2.8 Verwerking analyses 10
2.9 Presentatie resultaten 11

3 Resultaten **12**

3.1 Depositie op blad 12
3.2 Depositie op stengel 18
3.3 Depositie op verticale collectoren 20
3.4 Depositie onder gewas 21

4 Discussie **23**

4.1 Spuittechniek 23
4.2 Meetmethodiek 24
4.3 Vloeistofverdeling gecorrigeerd op bladmassa per planthoogte 24
4.4 Depositie op blad, stengel en verticale doek 26
4.5 Effectiviteit van de bespuiting 28

5 Conclusies **30**

Literatuur **31**

Samenvatting **33**

Summary **35**

Dankbetuiging **37**

Bijlage(n) **38**

1 Inleiding

In 2003 is de maïswortelkever, Diabrotica virgifera virgifera aangetroffen in Nederland. Komt de kever in grote aantallen in een maïsgewas voor dan is het gewas verloren (Figuur 1). De Plantenziektekundige Dienst (PD) heeft een draaiboek opgesteld, waarin maatregelen beschreven staan die worden uitgevoerd als Diabrotica wordt aangetroffen (LNV, 2003 & 2004). Een eerste screening is gemaakt van mogelijke spuitapparatuur die ingezet zou kunnen worden bij de chemische bestrijding in een hoog (> 1.75 m) maïsgewas. Hierover is tussen PD en het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG) overleg gevoerd. Een eerste toepassing van praktijkmachines ten tijde van de uitroeiactie gaf problemen bij de uitvoering van de bespuitingen (Meijer & Oomen, 2003). Vliegtuigbespuitingen (incl. helikopter) zijn in Nederland geen passende oplossing voor dit probleem. Gezocht is naar (aangepaste) spuitapparatuur en aangepaste spuittechnieken die een effectieve verdeling van het middel in het gewas mogelijk maken. De homogeniteit van de verdeling is een maat voor het inschatten van de effectiviteit van de bespuiting. Bij een gelijkmatige verdeling over de te onderscheiden bladniveau's en stengeldelen kan een hoge effectiviteit van een bespuiting bereikt kan worden. Een proef is opgezet met als doel het meten van de spuitvloeistof-depositie in maïs bij een bespuiting met verschillende technieken in het kader van de Diabrotica-problematiek.

De keuze van geschikte spuitapparatuur is afgestemd met CUMELA die daartoe een inventarisatie heeft uitgevoerd (Steinbusch, 2003). Daarnaast werden de beperkte ervaringen opgedaan in 2003 met een portaaltrekker en gegevens uit eerder depositieonderzoek in verschillende gewasstadia in het onderzoek betrokken (Van de Zande et al., 2003).

Met een aantal potentieel goede machines zijn in een hoog maïsgewas depositiemetingen uitgevoerd om de verdeling van het middel op onderscheiden bladniveau's en stengeldelen in het gewas te bepalen. De resultaten van de metingen worden weergegeven in deze rapportage. Op grond van de gepresenteerde resultaten worden aanbevelingen gedaan voor de keuze van een spuittechniek om tot de meest effectieve bestrijding van Diabrotica in maïs te komen.

Figuur 1. Diabrotica kever en potentiële schade aan een maïsgewas door de kever (EPPO, 2005)

2 Materiaal en methoden

Een proef is opgezet om, in het kader van de Diabrotica-problematiek, bij bespuitingen met verschillende technieken de spuitvloeistofdepositie in maïs te kwantificeren. Het is mogelijk om de depositie direct op het maïsblad te meten (recovery ~90%, achtergrond< 10%). Om een indruk te krijgen over de depositie aan boven- en onderzijde van het blad wordt watergevoelig papier gebruikt.
De metingen zijn op twee tijdstippen en twee locaties uitgevoerd. Op 2 september bij loonbedrijf Peters te Kessel en op 9 september bij loonbedrijf Kramer te Middenbeemster. Op beide locaties was de maïs uitgegroeid en circa 2,5 m hoog. De Leaf Area Index (LAI) te Kessel was 2,9 en te Middenbeemster 3,6.

2.1 Technieken

De standaard-techniek in dit experiment is een bespuiting met een XR 110.04 dop bij 3 bar spuitdruk en een rijsnelheid van 6 km/h. Dit geeft een spuitvolume van 300 l/ha.
Hierbij hangt de spuitdop zo hoog mogelijk boven het gewas; op beide locaties (Kessel en Middenbeemster) was dit een hoogte van 2,50 m. Hierdoor bewoog de spuitboom zich door de pluimen van het gewas.
In Kessel werd de standaard techniek vergeleken met een bespuiting met zakpijpen en een combinatie van bovenover spuiten en met zakpijpen (Bijlage 1). In Middenbeemster werd de standaard techniek vergeleken met een bespuiting met luchtondersteuning en een hoog volume bespuiting met grove druppel (Tabel 1).
De afgiftes van de objecten te Kessel zijn berekend bij een werkbreedte van 17 maïsrijen (= 12,75 m; zie Bijlage 2) en een rijsnelheid van 6 km/h. Bij de berekening van de afgifte van de objecten in Middenbeemster maakt de werkbreedte niet uit, de rijsnelheid was ook hier 6 km/h.

Een zakpijp is een verticale buis aan de spuitboom met daaraan bevestigd doppen die horizontaal (opzij) spuiten. Deze spuit wordt normaal gebruikt in de bespuiting van asperges. Het is een portaal-trekker met een opgebouwde spuit (Coenders - Lottum). Aan de spuitboom zitten twee gescheiden leidingen, één voor de normale bovenover bespuiting en één voor de zakpijpen. De zakpijpen kunnen via een snelkoppeling aan de spuitleiding worden bevestigd. Ten behoeve van deze proef is de plaatsing van de zakpijpen aangepast aan de rijen en rij-afstand van de maïs. Er werd om de andere rij gespoten (tussen twee zakpijpen zitten twee maïsrijen; zie Bijlage 2).
In de proef werden twee soorten zakpijpen gebruikt: 1) een 'fungicide zakpijp' met doppen op twee hoogtes en 2) een 'onkruid zakpijp' met doppen onderin. De fungicide zakpijp had aan weerszijden doppen op 50 en 125 cm onder de spuitboom (4 doppen per zakpijp). De doppen waren onder een hoek van 45° naar beneden gericht. De onkruid zakpijp had 3 doppen op 135 cm onder de boom, waarbij de middelste recht omlaag spoot en de twee aan weerszijden onder een hoek van 45° naar beneden gericht.

Tabel 1 Overzicht gebruikte technieken in Kessel en Middenbeemster (rijsnelheid 6 km/h).

techniek - Kessel	standaard	zakpijp	zakpijp – 3 dop + bovenover	
		4 dop	zakpijp	boven
dop	XR 110.04	ID 120.04	ID 120.04	ID 120.04
spuitdruk	3 bar	3 bar	3 bar	3 bar
n dop / 12,75 m	26	32	24	26
dopafgifte $l.min^{-1}$	1,43	1,46	1,56	1,40
l/ha	292	366	293	284
			totaal =	578

techniek – Middenbeemster	standaard	luchtondersteuning	hoog spuitvolume/grove dop
dop	XR 110.04	XR 110.04	F-10-110
spuitdruk	3 bar	3 bar	3 bar
dopafgifte $l.min^{-1}$	1,5	1,5	3,5
l/ha	300	300	700

In de proef werd met de onkruid-zakpijp in combinatie met de standaard techniek (bovenover) gespoten. Op beide typen zakpijp werden ID 120.04 doppen gemonteerd en werd bij een spuitdruk van 3 bar gespoten. Vóór de bespuitingen werd de afgifte van de doppen bij de gebruikte instelling gemeten (Tabel 1). In de verdere tekst wordt de bespuiting met de fungicide zakpijp '4-dops-zakpijp' genoemd en de bespuiting met de onkruid zakpijp met bovenover spuiten wordt '3-dops + bovenover' genoemd.

Op de spuit te Middenbeemster werd het effect van bespuiting met luchtondersteuning en van een bespuiting met een hoog-volume-bespuiting met grove doppen onderzocht.
De spuit, een Hardi Alphaplus 3500 met hoge bodemvrijheid, had de mogelijkheid van luchtondersteuning. Als grove dop werd een Hardi ISO F-10-110 gemonteerd. Vóór de bespuitingen werd de afgifte van de doppen bij de gebruikte instelling gemeten (Tabel 1). In de verdere tekst wordt de bespuiting met hoog volume en grove dop de bespuiting met 'grove dop' genoemd.

2.2 Proefveld

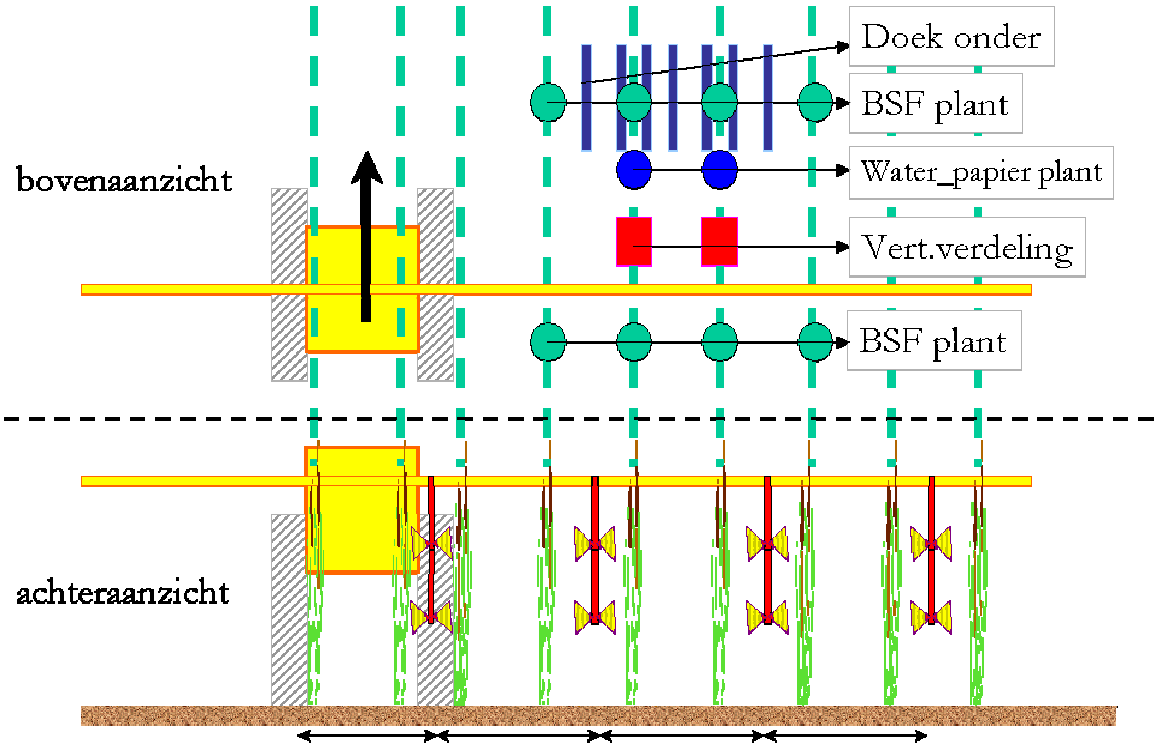
De LAI (het aantal malen dat de grond met groen blad kan worden bedekt, aantal m^2 blad per m^2 grond) werd bepaald door planten over 1 m lengte af te snijden. Per plant werd van elk blad de oppervlakte bepaald met een Li-Cor 3100 bladoppervlaktemeter. Bovendien werd van elk blad de hoogte aan de stengel en de lengte opgemeten. De meetwaarden staan in Bijlage 3.
Voor het beeld van de verdeling van de bladhoeveelheid over de stengelhoogte werden de bladeren verdeeld in hoogte vakken (zie § 2.9).

Tabel 2 LAI verdeeld over de vakken 1 t/m 5

	vak					
plaats	1	2	3	4	5	totaal
Kessel	0,10	0,20	0,65	0,90	1,05	2,89
Middenbeemster	0,08	0,69	1,06	1,04	0,76	3,63

Volgens De Jong (1986) bedraagt de LAI van maïs rondom de bloei een optimaal getal van 3,5 à 4. De maïs in de experimenten was ruim 2,5 m hoog en stond in bloei. De onderste bladeren waren afgestorven.

Te Kessel werd met de spuit door de maïs gereden en werden aan weerzijden van de spuit per techniek twee proefstroken uitgelegd (zie Figuur 2). Te Middenbeemster werd met de spuit op een pad naast de maïs gereden. Aan de rechterzijde van de spuit werden per techniek twee proefstroken achter elkaar aangelegd. In de maïs is rij 5,6,7 & 8, vanaf het rijpad bemonsterd. De afstand tussen deze twee herhalingen was 10m. Daarbinnen stonden de twee verticale latten met aan weerzijden collectoren (Technofil TF-290) in rij 6 en 7, de codering links was de zijde het dichtst bij het rijpad. Het watergevoelig papier werd in rij 6 en 7 aan de bladeren van de maïsplant bevestigd en vergelijkbaar gecodeerd.



Figuur 2 Proefschema, bovenaanzicht en achteraanzicht met positie van de zakpijpen tov de maïsrij en plaats van de collectoren op de grond onder het gewas (doek onder), planten voor depositie meting (BSF plant), plant met watergevoelig papier aan de bladeren (water_papier plant) en verticale verdeling op collectoren (Vert. verdeling)

2.3 Spuitvloeistof

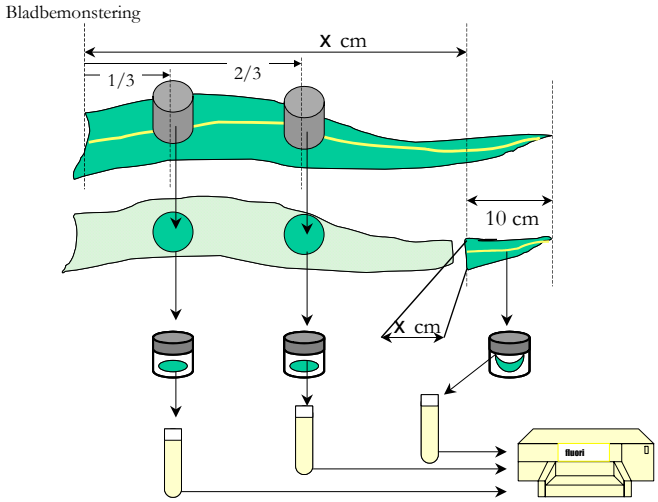
Voor de depositiemeting is spuitvloeistof aangemaakt, door in water de fluorescerende kleurstof Briljant Sulfo Flavine (*BSF*) op te lossen. In Kessel is 100 g BSF opgelost in 300 l leidingwater. Hierna werd 300 ml Agral (uitvloeier) toegevoegd. In Middenbeemster werd 200 g BSF opgelost in 650 l slootwater. Hierna werd 600 ml Agral toegevoegd. Voor, tijdens en na de bespuitingen zijn monsters uit een spuitende dop genomen om de exacte BSF-concentratie van de spuitvloeistof te bepalen. Voorafgaand aan de metingen is de recovery en de achtergrond bepaald (Bijlage 4).

2.4 Bemonstering maïs

Na de bespuiting met één techniek werden op vier plaatsen vier planten (16) gecodeerd en uitgesneden (Figuur 2). Voorafgaand aan de bespuitingen zijn onbehandelde planten verzameld ten behoeve van achtergrond- en recovery-analyse. De planten werden opgeslagen in een koelcel en om te veel uitdrogen te voorkomen in een bak met water gezet.

Van elke monsterplant werden de volgende kenmerken vastgelegd:

- stengellengte,
- aantal bladeren
- de oriëntatie van de bladeren in de rij,
- de hoogte van de blad'voet' (bladschede),
- de lengte van het blad.
- de plaats van de kolf



Figuur 3 Bladbemonstering

In Figuur 3 staat schematisch weergegeven hoe het blad van de maïs werd bemonsterd voor de bepaling van de hoeveelheid depositie. Van elk blad werd de tip (10 cm lang) afgesneden en werden op $^{1}/_{3}$ en op $^{2}/_{3}$ van de bladlengte bladdelen gesneden. In eerste instantie werden deze bladdelen uit het blad geponst (Ø 58 mm), later werd het blad door indrogen wat taaier en werd een stuk in de breedte van het blad uitgesneden (58 mm). Van de tip en van de bladdelen werd voor de oppervlaktebepaling de breedte opgemeten en in een pot met 50,0 ml demi gestopt.
Naast de bladmonsters werden ook delen van de stengel geanalyseerd. Hiertoe werd een stuk stengel (50 mm), net boven de bladschede, uit de stengel gesneden en na het opmeten van de dikte in een pot met 50,0 ml demi gestopt. In de middelste twee rijen van een proefstrook (Figuur 2) werd in twee planten watergevoelig papier aangebracht. Elk blad van een plant kreeg een strook watergevoelig papier (Syngenta; 2*50 cm) aan de boven- en onderzijde.

2.5 Verticale verdeling in het gewas

In de proef werd gekeken naar de indringing van spuitvloeistof over de lengte van de maïsplant. Aangezien de planten zeer variabel zijn is een meting opgezet voor een standaard afgifte over een verticaal vlak. Vóór de bespuiting zijn uit de proefstroken planten gesneden voor de recovery en achtergrondmetingen. Deze planten waren zo geselecteerd dat juist op die plaats de meetopstelling voor verticale verdeling kon worden opgezet (Figuur 2); in de middelste twee rijen in de proefstrook.

Op de plaats van de uitgesneden plant werd een lat met een lengte van 2 m neergezet, met aan beide zijden 4 doekcollectoren van 50 cm lang en 10 cm breed (Technofil TF-290). Na de bespuiting werden deze doeken verzameld en gecodeerd.

Bij de meting te Kessel werd een meetopstelling voor de afgiftebepaling van de zakpijptechniek op het erf opgezet. Hierbij werden aan weerszijden van de spuit twee latten opgesteld, zodanig dat dit overeenkwam met de positie in de plantrij. Op deze latten werden de doeken aan weerzijden aangebracht. Na de bespuiting werden deze doeken verzameld en gecodeerd.

2.6 Depositie op grond onder gewas

Om een indruk te krijgen over de indringing van de spuitvloeistof in het gewas, werden op de grond onder het gewas doek-collectoren van 100 cm lang en 10 cm breed (Technofil TF- 290) gelegd. De doeken werden in de rijrichting uitgelegd. Rondom de twee middelste twee plantrijen en midden in de rijen aan weerzijden van de twee middelste planten(Figuur 2).

2.7 Analyse

De blad en stengelmonsters werden afzonderlijk in een pot met 50 ml demiwater gestopt en de doeken in een ton met 1 l demiwater. Hierna werden de monsters gedurende 15 min geschud. Vervolgens werd uit dit monsterwater een reageerbuis gevuld en met de fluorimeter (Perkin Elmer LS 45) geanalyseerd ($\lambda_{excitatie}$=420 nm, $\lambda_{emissie}$=515 nm). Standaard bij deze metingen zijn ook de controles van de ijklijn en de concentratie van de spuitvloeistof.

2.8 Verwerking analyses

De gemeten fluorescentiewaarde werd omgerekend naar µl.cm^{-2} volgens onderstaande formule.

$$D_{monster} = \frac{\left(F_{monster} - F_{demi} - .F_{blanco}\right) \cdot f_{ijk} \cdot V_{spoel}}{C_{tank} \cdot A_{monster}}$$

D = depositie in µl.cm^{-2}.;

F = fluorescentiewaarde; $F_{monster}$ = fluorescentiewaarde van het monster; F_{demi} = fluorescentiewaarde van demiwater; F_{blanco}=bijdrage van de achtergrond door collector;

f = ijkfactor; V = extractievolume in l;

C = concentratie in g.l^{-1}; A = monsteroppervlak in cm^2.

De blanco fluorescentiewaarde van de blad- en stengeldelen werd bepaald aan de hand van het oppervlak van deze delen.

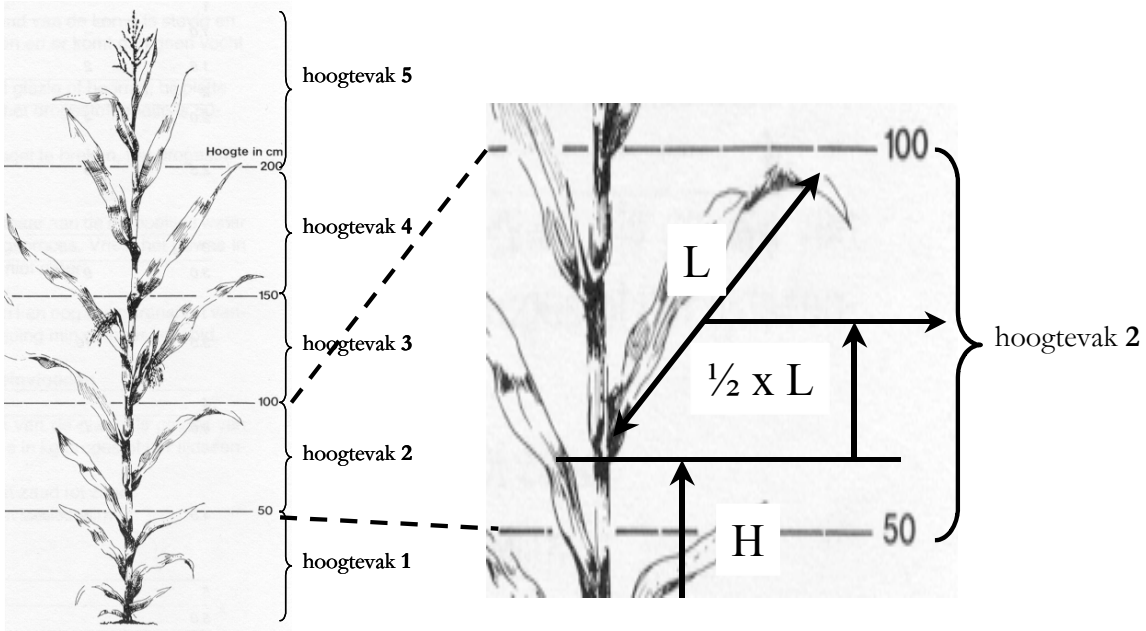
Vervolgens werd per monster de depositie uitgedrukt als percentage van afgifte (=uitgebracht spuitvolume) volgens:

$$P = \frac{D_m}{Q/100} \cdot 100\%$$

P = percentage van afgifte; D_m = depositie in µl.cm^{-2}.; Q = spuitafgifte in l/ha

2.9 Presentatie resultaten

De planten die zijn bemonsterd zijn allen verschillend wat betreft bladhoogte en bladlengte. Het is dus moeilijk om van alle resultaten een gemiddeld beeld te krijgen. Aangezien de doeken bij de verticale verdeling 50 cm lang zijn, is voor de bladmonsters ook een indeling in hoogte van 50 cm gemaakt (Figuur 4). Dit is gebaseerd op de meting van de hoogte (H) waar het blad aan de stengel (bladschede) zit én de lengte van het blad. Deze beide getallen bepalen in welk vak van 50 cm hoogte het blad zit. Omdat de bladeren onderin omhangen en bovenin steil omhoog staan is aangenomen dat het midden van het blad (1/2 x L) opgeteld bij de hoogte van de bladvoet aangeeft wat de hoogte van het blad is. De gemeten depositie is afkomstig van die bladhoogte en van het met die hoogte corresponderend vak. Het kan voorkomen dat er van één plant meerdere bladeren in één vak voorkomen en dus meerdere depositie-waarden in één vak. Door de depositiewaarden per plant te ordenen in deze hoogte-vakken is het mogelijk de verschillende resultaten van de verschillende technieken te vergelijken.



Figuur 4 Schematische weergave van hoogte-vakken in maïsplant

Voor de statistische analyse zijn ook de stengeldelen, net als de bladdelen, opgedeeld in 5 hoogte-vakken. Hierbij horen de stengeldelen 1, 2 & 3 bij hoogte vak 1; 4, 5 & 6 bij 2; 7 & 8 bij 3; 9 & 10 bij 4; 11, 12 & 13 bij 5.

3 Resultaten

Vanwege het verschil tussen beide locaties (Kessel, L en Middenbeemster, NH), met name in karakteristieken van het gewas, is besloten alleen de (statistische) verschillen van technieken die op één locatie zijn toegepast te analyseren.

3.1 Depositie op blad

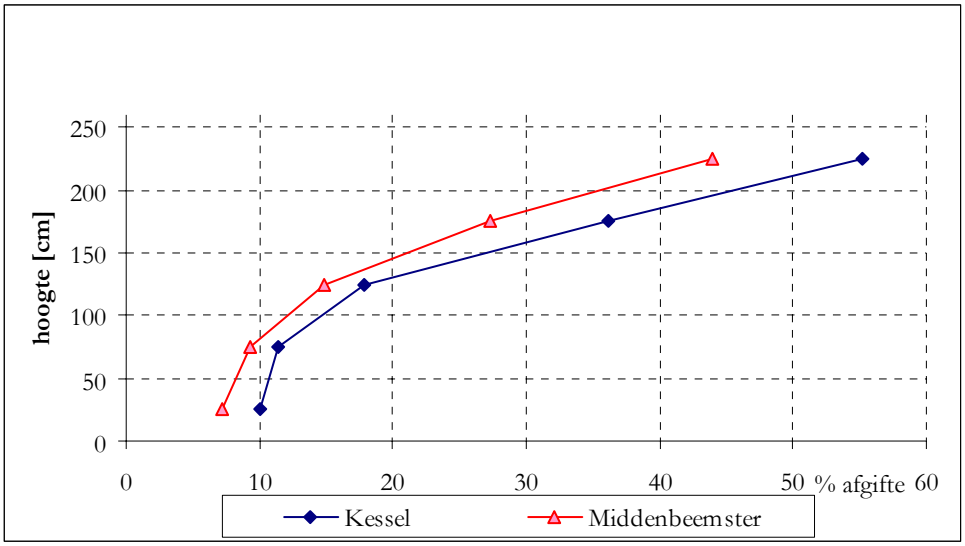
Alle waarnemingen van de depositie op het blad staan in Bijlage 6. De depositie op het blad is samengevat in Tabel 3. De depositie is uitgedrukt als percentage van de afgifte.

Tabel 3 Gemiddelde depositie op blad (% van afgifte) per techniek per vak en per hoogte per locatie

		hoogte vak & hoogte in cm				
		1	2	3	4	5
locatie	techniek	0 - 50	50 - 100	100 – 150	150 - 200	> 200
Kessel	standaard	10,02 [a]	11,40 [b]	17,90 [b**]	36,21 [a]	55,27 [a]
	zakpijp 4-dop	12,25 [a]	21,11 [a]	25,62 [a]	24,56 [b]	6,27 [c]
	zakpijp + boven	11,80 [a]	18,83 [a]	22,00 [a**]	16,25 [c]	17,37 [b]
Middenbeemster	standaard	7,13 [b]	9,25 [a]	14,86 [a]	27,27 [a]	43,96 [a]
	luchtondersteuning	16,77 [a]	6,19 [b]	11,01 [b**]	21,74 [b*]	38,75 [b**]
	grove dop	4,37 [b]	8,55 [a,b]	12,84 [a,b]	25,17 [a,b]	34,39 [b]

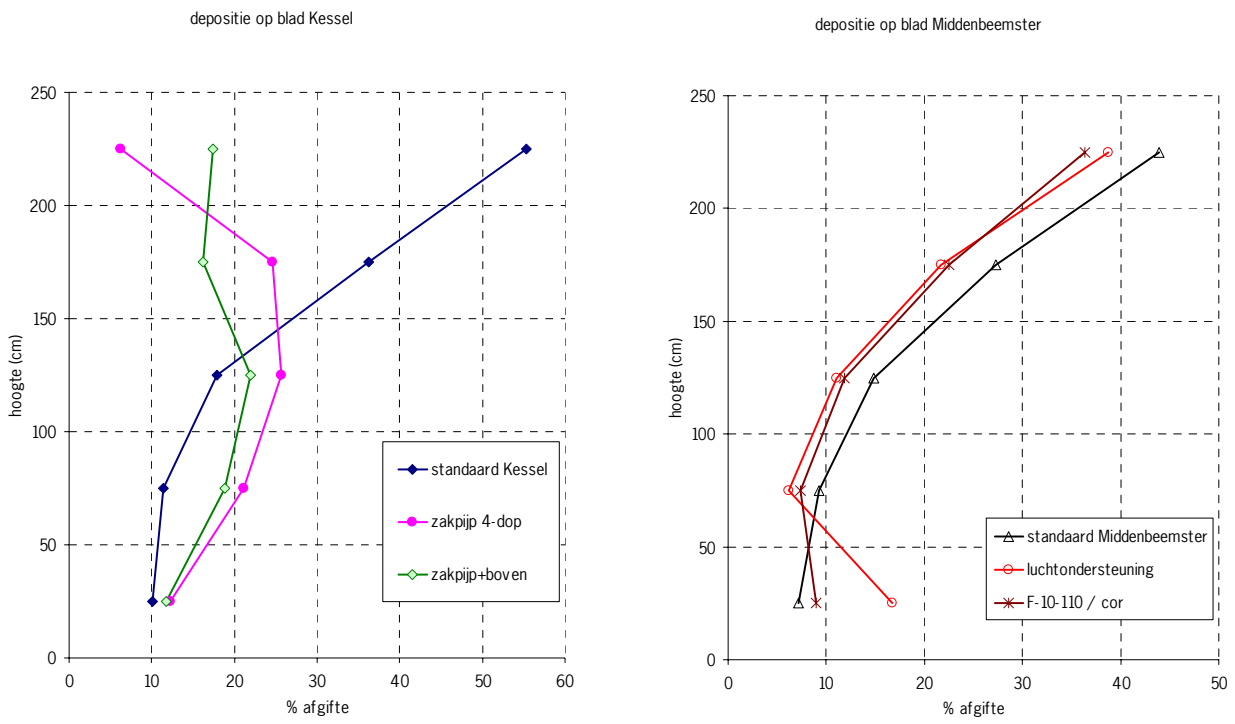
[a*] = 95% verschil per kolom per locatie
a** =90% verschil per kolom per locatie

In Figuur 5 staat een vergelijking van de gemiddelde depositie op maïsblad van de twee standaarden



Figuur 5 Gemiddelde depositie op maïsblad van de twee standaard bespuitingen (Kessel en Middenbeemster) op verschillende hoogten.

De vorm van beide depositie-curves is gelijk. Het niveau verschilt. Met name boven de 1,5m geeft de standaard van Kessel een hogere depositie dan de standaard van Middenbeemster. In de discussie zal hier op terug gekomen worden, aangezien het niveau van de depositie ook bepaald wordt door de hoeveelheid blad (de LAI).



Figuur 6 Gemiddelde depositie van spuitvloeistof (% afgifte) op maïsblad per meethoogte voor de verschillende technieken per locatie (Kessel en Middenbeemster).

Bij de bespuitingen in Kessel zijn de vorm van de depositiecurve van de standaard, de zakpijp 4-dops en de zakpijp + bovenover verschillend (Figuur 6). De depositie bij de bespuiting met de zakpijp 4-dops (op twee hoogtes) loopt van onderuit op naar een piek in vak 3 (100-150cm) en neemt vervolgens weer af naar boven toe. De zakpijp + bovenover bespuiting geeft een vlakker patroon. Beide zakpijpbespuitingen geven bovenin minder dan de standaard boven over bespuitingen en juist onderin meer.
Bij de bespuitingen in Middenbeemster zijn de vorm van de depositiecurve van de standaard, luchtondersteuning en grove dop wat vorm betreft gelijk (Figuur 6). Het niveau verschilt. Zo zijn die van luchtondersteuning en grove dop gelijk aan elkaar en het laagst.
Vak 5
Bovenin (vak 5;>200cm) hebben de standaard bespuitingen de hoogste depositie. Wel is er verschil tussen de beide standaarden in die zin dat de Kessel standaard een hogere depositie gaf dan de Middenbeemster standaard. Bij de bespuiting met zakpijp komt bovenin het minst, waarbij de 4 dops zakpijp de laagste depositie gaf. Bij de 3 dops zakpijp waar ook nog bovenover

is gespoten is de depositie hoger dan bij de 4 dops zakpijp maar duidelijk lager dan de andere bovenover bespuitingen. Bij een bespuiting met luchtondersteuning en grove druppel is de depositie lager dan de standaard Middenbeemster.

Vak 4

In hoogte 4 (150-200cm) gaf de standaard Kessel bespuiting de hoogste depositie, hoger dan de standaard Middenbeemster. Op deze hoogte is wel al het effect van de zakpijp merkbaar. Het depositieniveau van de 4 dops zakpijp is in vak 4 hoger dan in hoogte 5. De depositie van de bespuiting met zakpijpen is lager dan de standaard, waarbij de 3-dops+boven de laagste depositie gaf. De bespuiting met luchtondersteuning gaf een lagere depositie dan de standaard Middenbeemster, maar is niet significant lager dan de bespuiting met grove dop. De grove dop gaf een aan de standaard gelijke depositie.

Vak 3

Bij hoogte 3 (110-150cm) is het effect van de zakpijp nog sterker. Loopt bij de andere technieken de depositie af met de hoogte in het gewas, bij de zakpijp is er eerder sprake van een verhoging van de depositie in vergelijking met de twee bovenliggende hoogtes. Op deze hoogte is de depositie van de zakpijp bespuitingen het hoogst. De depositie van de bespuiting met luchtondersteuning en grove dop is gelijk aan de standaard bespuiting.

Vak 2

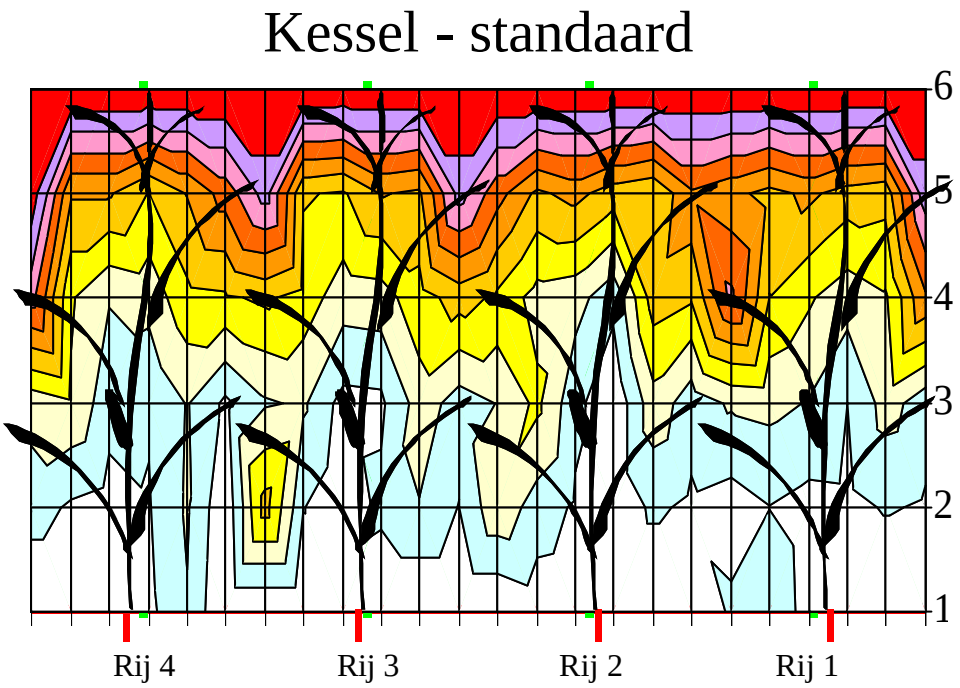
Op de hoogte 2 (50-100cm) geven de zakpijpen nog steeds een hoge depositie, (2x) hoger dan de bespuiting met de standaard. Tussen de depositie van de twee zakpijp technieken is geen significant verschil. De standaard en de grove dop geven de hoogste depositie. Door lucht-ondersteuning is de depositie lager dan van de standaard, maar gelijk aan die van de grove dop.

Vak 1

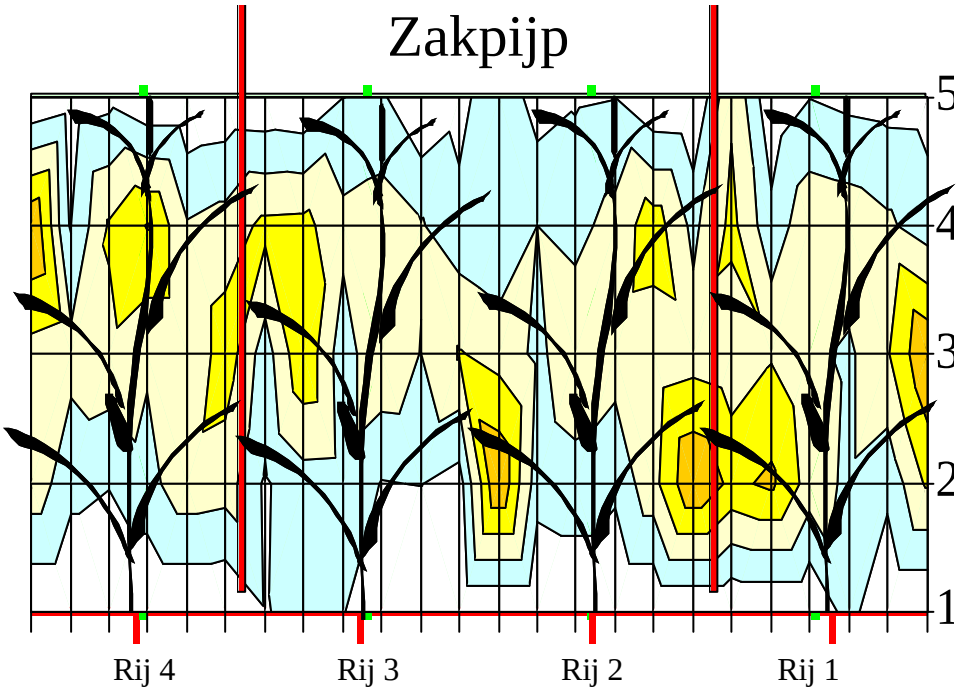
Onderin het gewas (vak 1, <50cm) is er geen verschil tussen de depositie van de zakpijp technieken en de standaard bespuiting. Tussen de grove dop en de standaard is geen verschil. Wel is opvallend dat de bespuiting met luchtondersteuning een veel hogere depositie geeft dan standaard en grove dop.

In de figuren 8 -13 wordt een ruimtelijke weergave gegeven van de spuitvloeistofdepositie over de planten, dus met inbegrip van de monsterplaats op de bladeren en de positie in de rij. Elke kleur staat voor een stap van 10% depositie (Figuur 7; legenda). Als de lijnen dicht bij elkaar staan betekent dit een sterk verschil van het depositie-percentage over een korte afstand, staan de lijnen ver uit elkaar dan is over een groot gebied binnen de planten de depositie gelijk.

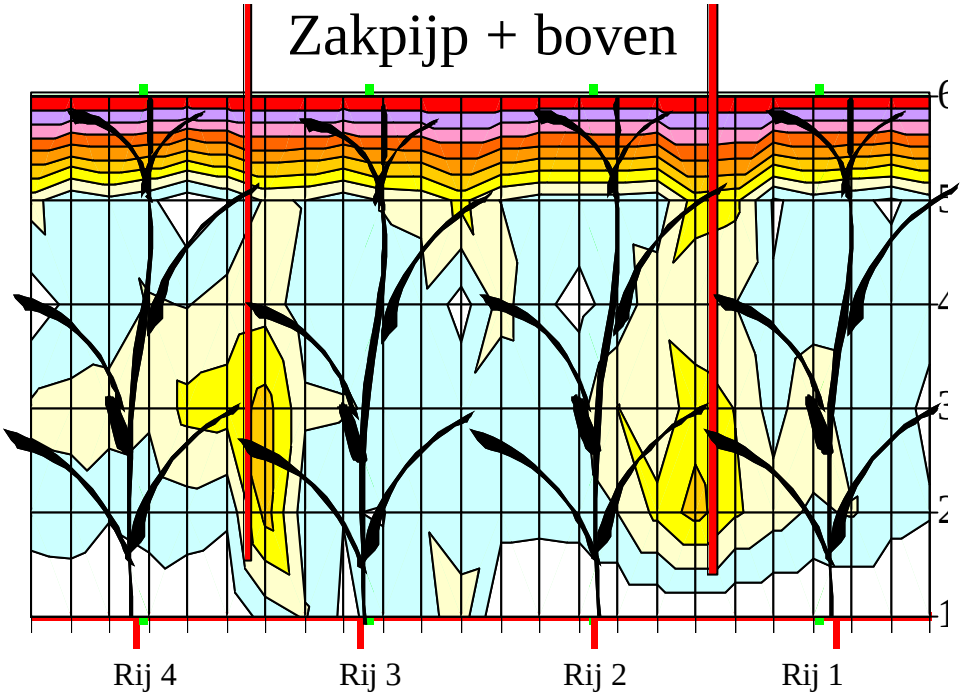
Figuur 7 Legenda bij navolgende figuren 8 – 13.



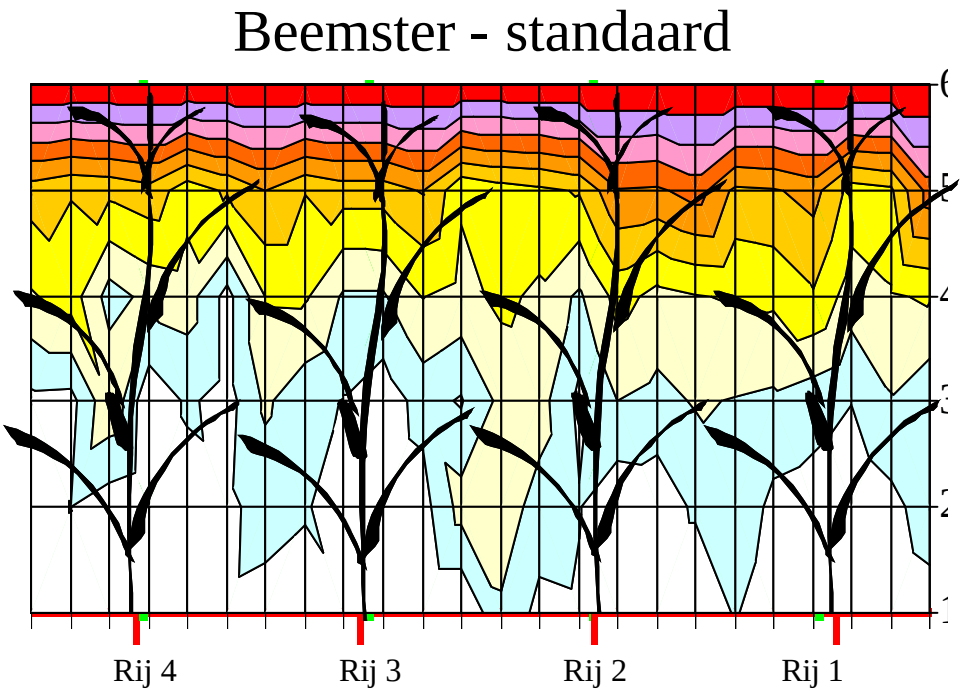
Figuur 8 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de bespuiting met de standaard in Kessel.



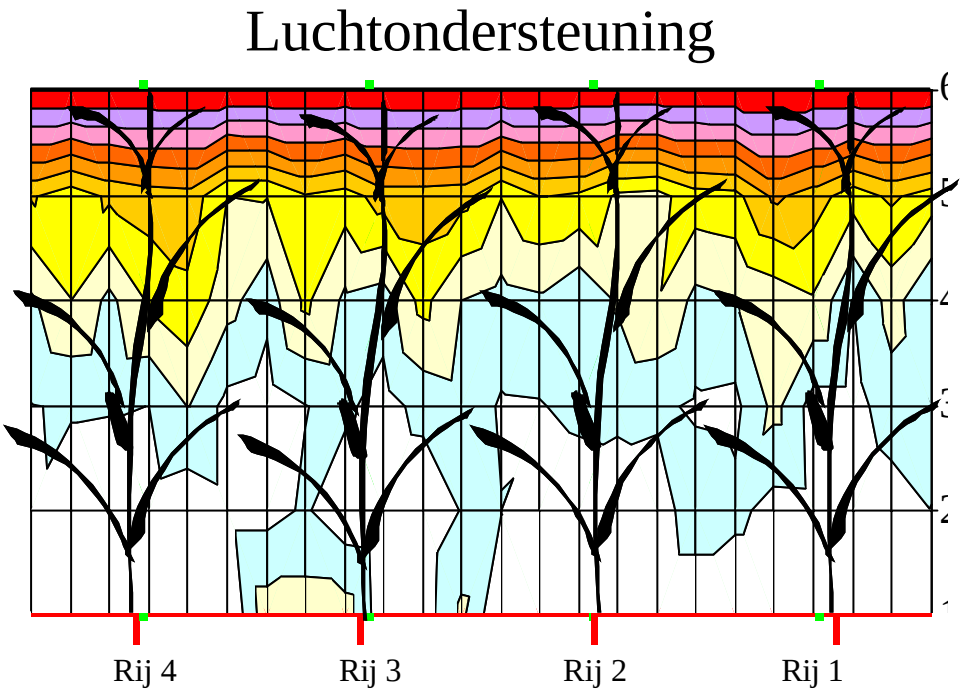
Figuur 9 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de bespuiting met de 4-dops zakpijp.



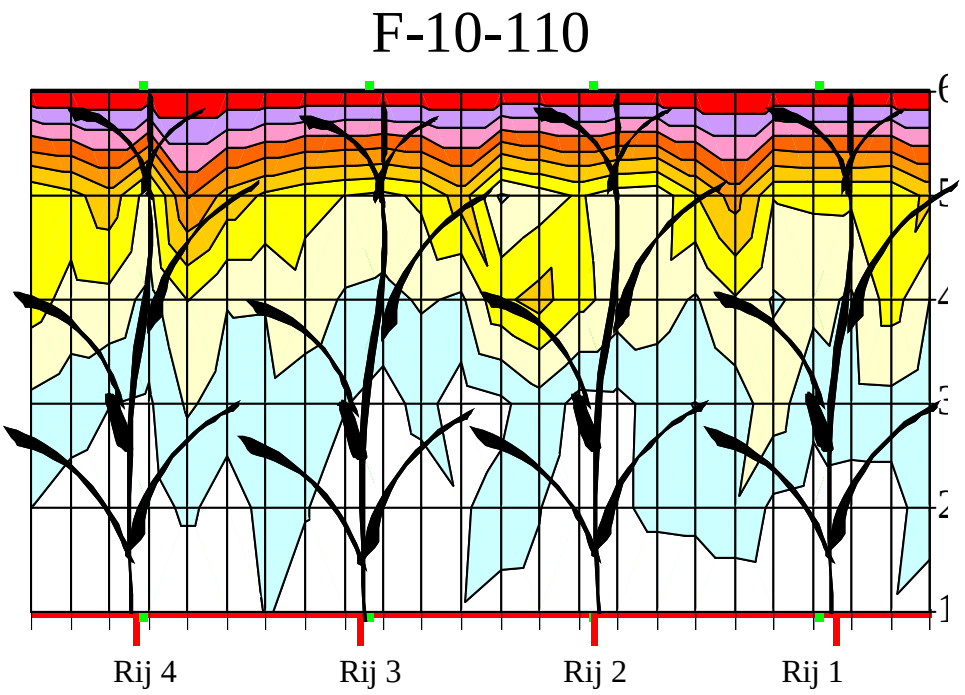
Figuur 10 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de bespuiting met 3 dops zakpijp + bovenover.



Figuur 11 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de standaardbespuiting in Middenbeemster.



Figuur 12 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de bespuiting met luchtondersteuning.



Figuur 13 Weergave van de verdeling van de spuitvloeistof over de verschillende planten/rijen, de plaats op het blad (tip, midden en basis) en de hoogte bij de bespuiting met grove dop.

Bij de 'conventionele' bespuitingen die de planten van boven af bespuiten is in de top van de planten een sterke afname van de depositie te zien. In de onderste lagen is er gemiddeld genomen een regelmatige maar lage depositie. Wel lijkt er bij de standaard-Kessel sprake van een diepere indringing t.o.v. de bespuitingen in Middenbeemster. Bij de zakpijp bespuitingen is het beeld uiteraard anders. In de Figuren 9 en 10 is ook schematisch aangegeven waar de zakpijpen stonden t.o.v. de maïsrijen. Het is dan te zien dat rond de plaats van de zakpijp een verhoging van de depositie is waar te nemen en met name tussen rij 2 en 3 een lage depositie. De 4-dops-zakpijp heeft, in tegenstelling tot alle andere bespuitingen, bovenin een erg lage depositie. De 3-dops-zakpijp + bovenover heeft bovenin wel een hoge depositie, maar dit loopt naar beneden sterk af.

3.2 Depositie op stengel

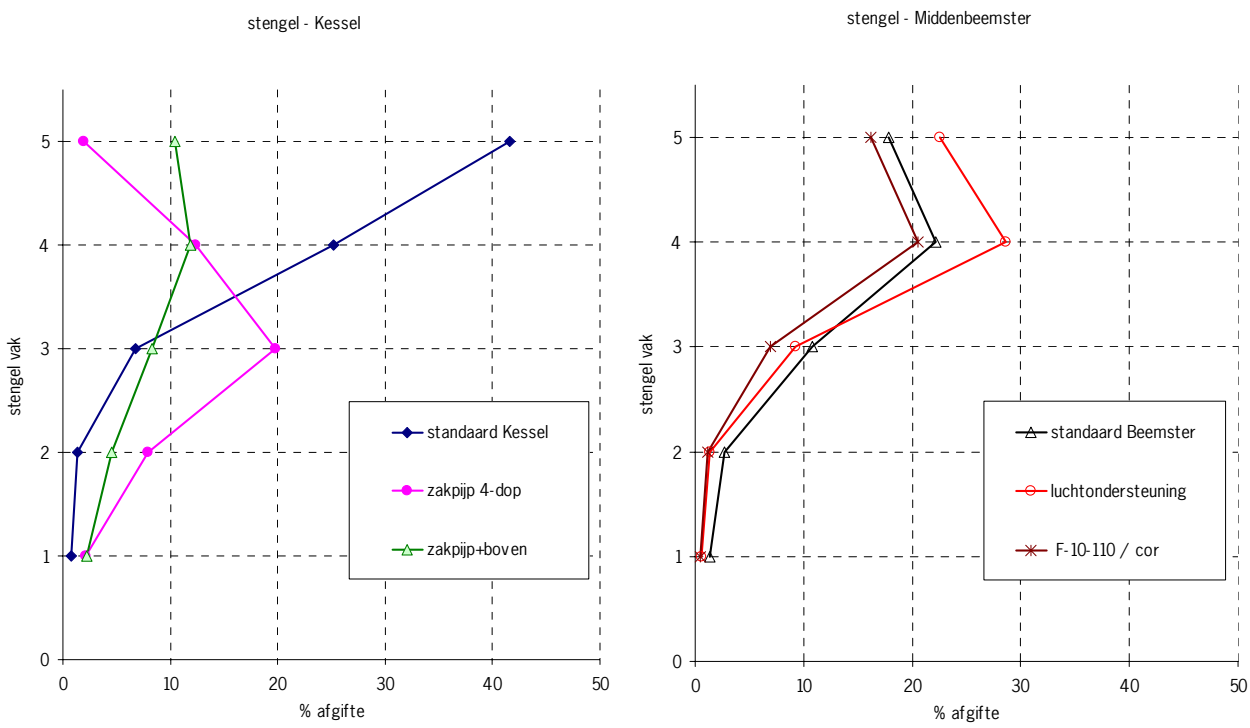
De resultaten van de depositiemetingen op de stengel staan in Bijlage 7. De gemiddelde depositie op de stengeldelen staat per techniek weergegeven in tabel 4. Om een goed overzicht te krijgen van de spuitvloeistofverdeling over de hoogte van de stengel is, vergelijkbaar met de verdeling over de bladeren, opgedeeld in 5 hoogte-vlakken (Figuur 14). Bij de statistische analyse zijn de technieken binnen één locatie met elkaar vergeleken.

Tabel 4 Depositie op stengeldelen (% van afgifte) per techniek per vak en de statistische verschillen per locatie per hoogte

		hoogte vak				
locatie	techniek	1	2	3	4	5
Kessel	standaard	0,78[b]	1,34[c]	6,74[b]	25,17[a]	41,64[a]
	zakpijp 4-dop	2,14[a]	7,90[a]	19,83[a]	12,31[b]	1,90[c]
	zakpijp + boven	2,22[a]	4,51[b]	8,27[b]	11,83[b]	10,43[b]
Middenbeemster	standaard	1,31[a]	2,66[a]	10,77[a]	22,19[b**]	17,87[a]
	luchtondersteuning	0,57[a]	1,32[b**]	9,27[a]	28,65[a]	22,56[a]
	grove dop	0,51[a]	1,12[b**]	6,98[b**]	20,53[b**]	16,15[a]
			b* = 90 %		c** = trend	

Hoogte 5: De standaard Kessel geeft de hoogste depositie, veel hoger dan de depositie van beide zakpijp technieken. De 4 dops zakpijp bespuiting geeft de laagste depositie. Tussen de deposities van de Middenbeemster technieken is geen verschil.
Hoogte 4: De standaard Kessel geeft de hoogste depositie, tussen beide zakpijpen is geen verschil. Bij Middenbeemster is de depositie bij de bespuiting met luchtondersteuning hoger dan de standaard en de grove dop. Tussen de depositie van de standaard en de grove dop is geen verschil.

Hoogte 3: Bij Kessel treedt de hoogste depositie op bij de bespuiting met de 4-dops-zakpijp. Tussen de standaard en de 3-dops+boven is geen verschil. Bij Middenbeemster geeft de bespuiting met grove dop een lagere depositie. Tussen de standaard en luchtondersteuning is geen verschil.
Hoogte 2: Bij Kessel geeft de bespuiting met de 4-dops zakpijp de hoogste depositie. De depositie van de 3-dops+boven is lager dan van de 4-dops zakpijp, maar hoger dan van de standaard. Bij Middenbeemster gaf de standaard bespuiting een hogere depositie dan luchtondersteuning en grove dop. De deposities met luchtondersteuning en grove dop verschillen niet.
Hoogte 1: De bespuitingen met zakpijpen geven een hogere depositie dan de standaard Kessel. In Middenbeemster is er geen verschil in depositie tussen de drie gebruikte technieken.



Figuur 14 Verdeling van de gemiddelde spuitvloeistofdepositie over de 5 stengelvakken voor de verschillende technieken per locatie (Kessel en Middenbeemster).

De standaard bespuitingen in Kessel en Middenbeemster verschillen van elkaar wat depositie verloop over de stengel van elkaar. Bij Kessel komt bovenin duidelijk meer, terwijl bij Middenbeemster de depositie onderin het gewas op de stengels hoger is.

De vormen van de depositie lijnen bij de metingen in Middenbeemster zijn gelijkvormig, namelijk oplopend van onder naar een maximum in vak 4. Bovenin is de depositie lager. Van de 3 lijnen geeft de luchtondersteuning de hoogste depositie en zijn die van de standaard en de grove dop

gelijk. Waar de standaard van de Middenbeemster 'afbuigt', loopt de depositie van de standaard van Kessel naar een maximum in vak 5. Het depositie patroon van de bespuiting met de 4-dops zakpijp geeft een sterke piek midden op de stengel, maar het patroon van de 3-dops zakpijp (+boven) bespuiting is anders, de lijn is vlakker en het geheel is lager.

3.3 Depositie op verticale collectoren

De resultaten van de depositie op de verticale collectoren staan in Bijlage 8. De gemiddelde depositie op de verticale latten is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Gemiddelde depositie op verticale collectoren per hoogte per locatie voor de verschillende technieken

		hoogte [cm]			
locatie	techniek	0 - 50	50 - 100	100-150	150-200
Kessel	standaard	2,02 a	3,16 b	4,53 c	9,01 b
	zakpijp 4-dop	3.82 a	8,36 a	27,51 a	17,95 a
	zakpijp + boven	4.27 a	10,06 a	14,45 b	5,39 b
Middenbeemster	standaard	1,95 a	2,19 a	8,43 a	15,65 a
	luchtondersteuning	1.33 a	2,52 a	6,03 a	12,61 a
	grove dop	0,99 a	1,83 a	5,76 a	11,25 a

gem 0-50cm: Zowel bij Kessel als Middenbeemster was er geen verschil in depositie op de verticale collectoren op 0-50cm tussen de technieken.
gem 50-100cm: Bij de hoogte 50-100cm gaf in Kessel de bespuiting met zakpijpen de hoogste depositie, tot 3 maal zo veel als de standaard. Tussen de depositie van de Middenbeemster technieken was geen verschil.
gem 100-150cm: Op 100-150cm hoogte gaf de bespuiting met de 4-dops zakpijp te Kessel de hoogste depositie, hoger dan de 3-dops zakpijp(+boven). De depositie van beide zakpijp technieken was hoger dan die van de standaard te Kessel. Tussen de Middenbeemster technieken was geen verschil in depositie op de verticale collectoren.
gem 150-200cm: In Kessel gaf de 4 dops zakpijp op 150-200cm de hoogste depositie. Tussen de depositie van de standaard en de 3-dops+boven was geen verschil. Tussen de Middenbeemster technieken was geen verschil in depositie op de verticale collectoren.
Het effect van de spuitrichting van de doppen en de depositie op de aanliggende en de schaduwkant van de collectoren is weergegeven in de Tabellen 6 en 7.
De oriëntatie links/rechts per lat is met name interessant voor de vergelijking van de bespuitingen met zakpijp(Tabel 7). De zakpijp spoot rechtstreeks op lat a links en lat b rechts, wat ook duidelijk terugkomt in de metingen, hier is de depositie het hoogst. Die hoogste depositie is voornamelijk afkomstig van de twee bovenste collectoren (1-2 m) bij de 4-dops

zakpijp en van de twee middelste collectoren (0,5-1,5m) bij de 3-dops zakpijp. Bij de andere technieken is een geleidelijke afname van de depositie van bovenin het gewas naar onderin het gewas.

Tabel 6: Gemiddelde depositie op verticale collectoren per zijde per locatie voor de verschillende technieken

	lat - zijde	lat a links	lat a rechts	lat b links	lat b rechts
locatie	techniek				
Kessel	standaard	2,83 b**	7,02 a	3,58 a	5,29 c*
	zakpijp 4-dop	18.09 a	5,91 a	6,07 a	27,57 a
	zakpijp + boven	10.77 a	4,32 a	5,07 a	14,01 b*
Midden-beemster	standaard	7,96 a	5,00 a	10,44 a	4,82 a
	luchtondersteuning	6.12 a	7,87 a	5,07 b**	3,41 a
	grove dop	4,37 a	7,32 a	4,35 b**	3,79 a

Tabel 7: Gemiddelde depositie op verticale collectoren per zijde per locatie, getoetst op effect lat-zijde per techniek per locatie

	lat - zijde	lat a links	lat a rechts	lat b links	lat b rechts
locatie	techniek				
Kessel	standaard	2,83 a	7,02 a	3,58 a	5,29 a
	zakpijp 4-dop	18.09 b	5,91 a	6,07 a	27,57 b
	zakpijp + boven	10.77 a,b	4,32 a	5,07 a*	14,01 b
Midden-beemster	standaard	7,96 a	5,00 a	10,44 a	4,82 a
	luchtondersteuning	6.12 a	7,87 a	5,07 a	3,41 a
	grove dop	4,37 a	7,32 a	4,35 a	3,79 a

Bij de conventionele wijze van spuiten (=standaard, luchtondersteuning en grove dop) is er geen significant verschil over de 4 zijden van de verticale collectoren. Bij de bespuitingen met de zakpijp is duidelijk dat op de buitenzijde, waar direct op gespoten wordt, meer depositie is gemeten dan aan de binnenzijde.

3.4 Depositie onder gewas

De resultaten van de metingen naar de depositie onder het gewas staan in Bijlage 9.
In Tabel 8 staat voor elke techniek de gemiddelde depositie onder het gewas .

Tabel 8: Gemiddelde depositie onder het gewas per techniek per locatie

locatie	techniek	plek		gem
		Midden	Onder	
Kessel	standaard	14,63 b**	12,69 b	13,52 b
	zakpijp 4-dop	18,91 a	20,76 a	19,97 a
	zakpijp + boven	20,75 a	22,20 a	21,58 a
Midden-beemster	standaard	12,49 b**	8,35 a	10,12 b**
	luchtondersteuning	17,69 a	8,72 a	12,56 a
	F-10-110	16,23 a	7,79 a	11,40 a
		b** = trend	a* = 90%	

De depositie op de collectoren op de grond onder het gewas is verdeeld in de depositie op de grond tussen de plantrijen (midden) en de depositie op de grond in de plantrij (onder).
De standaard bespuiting in Kessel gaf een depositie van 15% tussen de rij en 13% onder het gewas. Door toepassing van de zakpijpen verhoogt de depositie op de grond tot 19-21% tussen de rij en tot 21-22% onder het gewas.
De standaard bespuiting in Middenbeemster gaf een depositie van 12% tussen de rij en 8% onder het gewas. Door luchtondersteuning en de grove dop wordt met name tussen de rij de depositie verhoogd naar 16-18%. Onder de planten is de depositie door bespuiting met luchtondersteuning en grove dop nagenoeg gelijk aan de standaard bespuiting (8%).
Gemiddeld over het hele grondoppervlak gaf de bespuiting met zakpijpen de hoogste depositie. De standaard bespuiting gaf een gemiddelde van 13% naar de grond, dit werd door de zakpijpen verhoogd tot 20-22%. In Middenbeemster was er geen verschil tussen de depositie naar de grond van de verschillende technieken (10-13%).

4 Discussie

4.1 Spuittechniek

De bespuitingen zijn uitgevoerd in een volledig uitgegroeid maïsgewas van ruim 2,5m hoog. Dit gaf bij de uitvoering problemen met het voldoende hoog brengen van de spuitboom maar kon goed uitgevoerd worden. In de toekomstige praktijk zal de bespuiting mogelijk eerder en dus in een lager gewas worden uitgevoerd. De in het experiment gebruikte portaaltrekker gaf een geringe gewasschade. De zakpijpen op de portaaltrekker waren op eenvoudige wijze om te bouwen van asperge-bespuiting (1,7 m pijpafstand) naar de bespuiting in maïs (1,5 m pijpafstand). Doordat het gewas voor de spuitdop staat treedt een belemmering in de verdeling op waardoor in de rijen waar de zakpijp tussendoor liep een hogere depositie gemeten werd en in de rijen zonder zakpijp een lagere depositie. Dit effect kan beperkt worden door tussen alle rijen door een zakpijp te laten lopen.

In Hongarije, waar Diabrotica veel voorkomt in maïs, is door Petró et al (1998a, 1998b) onderzoek gedaan naar de verdeling van spuitvloeistof bij vliegtuigbespuitingen en in vergelijking met helikopters(Petró et al., 2004a). Ook zijn metingen verricht aan veldspuiten met hoge bodemvrijheid (Petro et al., 2004b) die in Hongarije meer en meer in hoge gewassen gebruikt worden (Demes, 2004; Csizmazia, 2004). Een inschatting van de bedekkingsgraad werd gemaakt met watergevoelig papier of met een fluorescerende tracer. De spuitvloeistofdepositie werd niet gemeten. Op de verschillende bladeren werd de bedekkingsgraad zowel aan boven- als aan onderzijde van het blad geschat. Het gewas maïs varieerde in hoogte tussen de 1,75m en 2,25m tijdens bespuitingen met een LAI van 2,7tot 3,4. Bij vliegtuigbespuitingen werd evenals bij conventionele veldspuit bespuiting gevonden dat de bedekkingsgraad van de spuitvloeistof sterk afneemt dieper in het gewas. Verdeeld naar de bovenste, midddelste en onderste bladeren was het bedekt oppervlak op de bladeren verdeeld over de hoogte 40%, 30% en 5-10%. Hierbij werd gesteld dat 1 druppel van 600 µm per watergevoelig papiertje van 2,5*2,5cm nog een goede bedekking was voor de bestrijding van Diabrotica. Dit kwam bij de vliegtuigbespuitingen tot het 9de blad van boven voor.
Luchtondersteuning op de veldspuit gaf een betere indringing van de spuitvloeistof in het gewas (Pedró et al., 2004b). Met luchtondersteuning werd tot het 6de blad van boven aan de bovenzijde van het blad een bedekkingspercentage van meer dan 30% gemeten terwijl dit bij de conventionele bespuiting tot het 3de blad van boven was. Over de hele plant was zowel aan de bovenzijde als aan de onderzijde van het blad de bedekking bij luchtondersteuning hoger dan bij conventioneel. Met vermoedelijk een zakpijpen constructie zijn spuitvolumes van 1500 en 2000 l/ha uitgebracht. De gebruikte doptypen hierbij waren XR11003VK bovenover en TX8004VK.op de zakpijp. Hierbij werden bedekkingspercentages tot 100% gevonden. Bij 2000 l/ha waren de bedekkingspercentages aan de bovenzijde van het blad vanaf het 2de blad hoger

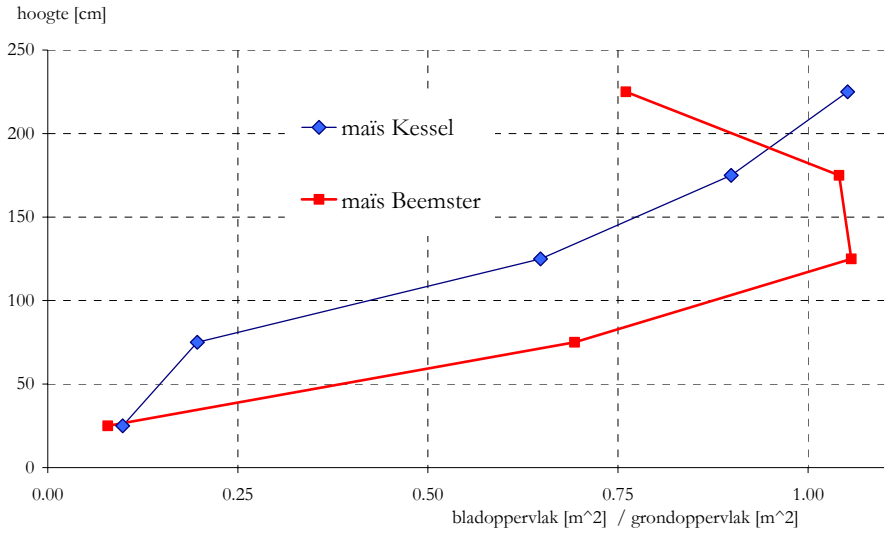
dan 60%, bij 1500 l/ha van het 3de blad tot het 9de blad. Aan de onderzijde van het blad was dit vanaf het 3de en van het 4de tot het 6de blad voor respectievelijk 2000 l/ha en 1500 l/ha. Onduidelijk is op welke wijze verschillen in spuitvolumes tussen 500, 700 en 1000 l/ha gerealiseerd zijn. In deze serie gaf een toename van het spuitvolume een toename van de bedekkingsgraad over de gehele hoogte van het gewas. Vermoedelijk zijn hier zakpijpen gebruikt, waarschijnlijk met verschillende rijsnelheden of met verschillend aantal doppen op de zakpijp.

4.2 Meetmethodiek

Het bleek mogelijk de depositie direct op planten, binnen de gestelde analyse tijd, te meten. De gewenste precisie kon worden bereikt door als voorzorgsmaatregel van planten en bladeren de recovery en achtergrond volgens een vastgestelde procedure te bepalen.
Door de gebruikte methode kan geen uitspraak over de spuitvloeistofverdeling aan boven- en onderzijde van het blad worden gedaan omdat hle bladeren gespoeld en geanalyseerd werden. Hier kan mogelijk de analyse van het watergevoelig papier, naar percentage bedekt oppervlak, een goede schatting geven. In deze proeven was dit wel aangebracht maar door de hoge luchtvochtigheid na de bespuiting niet meer analyseerbaar.

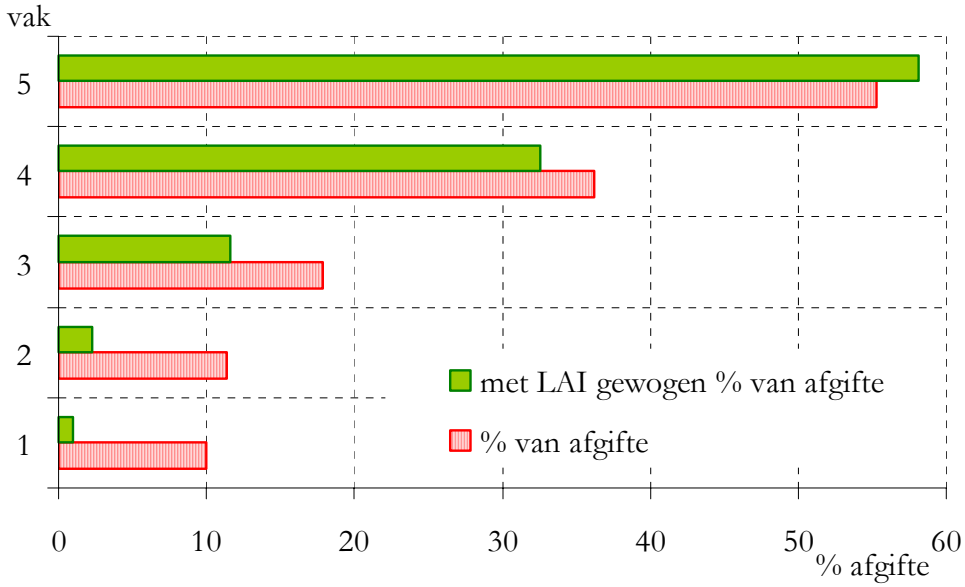
4.3 Vloeistofverdeling gecorrigeerd op bladmassa per planthoogte

In Bijlage 10 wordt beschreven hoe van bladdepositie gerekend wordt naar percentage van uitgebrachte hoeveelheid. Hierbij wordt de gemeten depositie in µl/cm^2 vermenigvuldigd met de LAI, de totale bladoppervlakte per oppervlakte-eenheid (Tabel 2, Figuur 15).



Figuur 15 De bladoppervlakte van de maïs op de twee proefpercelen verdeeld over de hoogte van het gewas en uitgedrukt als bladoppervlakte per eenheid grondoppervlak (LAI m^2/m^2)

In Figuur 16 staat het verschil in resultaat van de depositieberekeningen volgens depositie op bladoppervlak en verrekening depositie met bladoppervlakte, zoals in Bijlage 10 is uitgevoerd weergegeven, voor de standaard bespuiting in Kessel.



Figuur 16: Depositie van spuitvloeistof op het gewas voor de standaard bespuiting in Kessel uitgedrukt in gemeten % van de afgifte op het bladoppervlak en als % van de afgifte verrekend met de hoeveelheid aanwezig bladoppervlak per hoogte segment van het maïsgewas

Duidelijk is dat de bijdrage in spuitvloeistofdepositie onder in het gewas sterk wordt verminderd door een relatief kleinere bijdrage in bladoppervlak.

In Tabel 9 staan de verwerkte depositie waarden voor alle technieken weergegeven.

Tabel 9: De spuitvloeistofverdeling op blad (als percentage van afgifte) met inbegrip van totaal bladoppervlak per hoogtevak

		vak					
spuit	techniek	1	2	3	4	5	som
Kessel	standaard	0,8	2,3	11,6	32,6	58,4	105,7
	zakpijp	0,6	4,1	16,6	22,1	6,9	50,4
	boven+zakpijp	0,5	3,7	14,3	14,6	18,2	51,2
Midden-beemster	standaard	0,5	6,3	15,1	28,1	33,6	83,7
	luchtondersteuning	0,3	4,3	11,6	22,8	29,5	68,6
	ISO 10	0,4	5,9	13,8	25,9	26,5	72,4

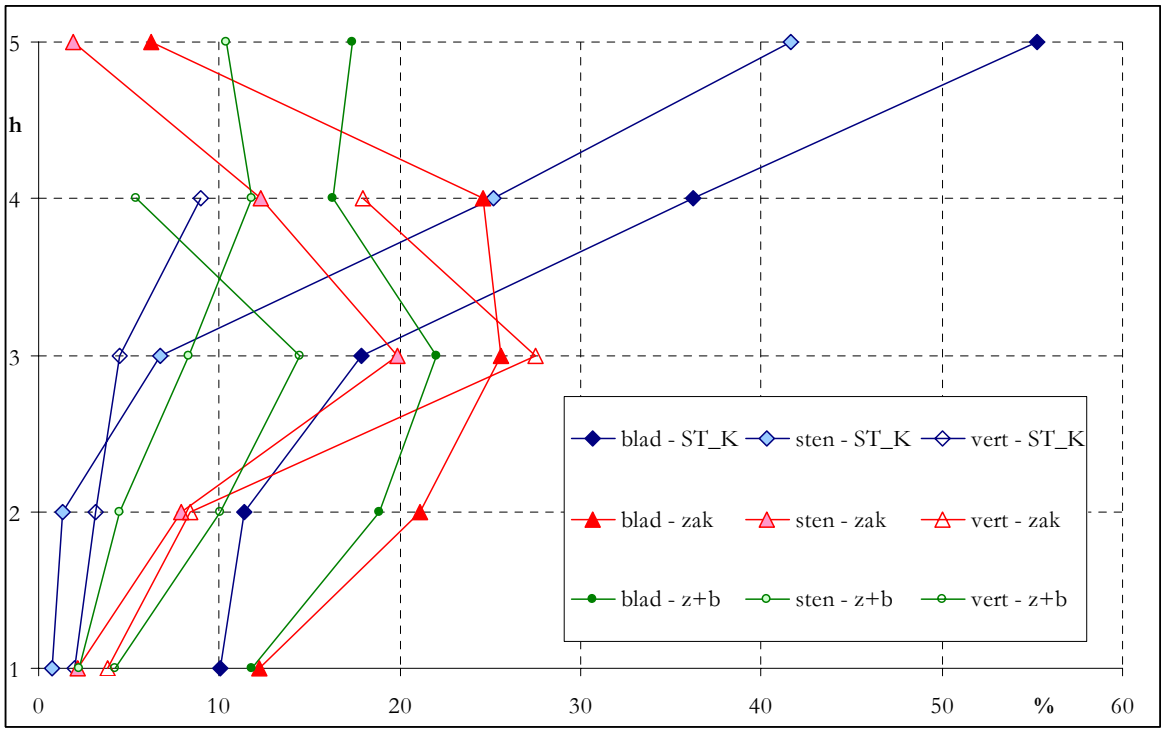
In vergelijking met de depositie waarden gepresenteerd in tabel 4 valt op dat onderin het gewas (vak 1 en 2) de waarden veel lager zijn. Dit wordt duidelijk veroorzaakt door de hoeveelheid aanwezig bladoppervlak. Het bladoppervlak is in deze vakken klein dus is de bijdrage in de totale vloeistofdepositie klein. Iets soortgelijks treed op bij de objecten van Middenbeemster. In Figuur 16 is te zien dat de LAI in het hoogste vak van Middenbeemster kleiner is dan die van Kessel. Naar verhouding kwam dus in Middenbeemster minder spuitvloeistof in de top dan in Kessel. In vergelijking met de standaard in Kessel hebben de bespuitingen met de zakpijpen slechts de helft aan depositie op het blad.

4.4 Depositie op blad, stengel en verticale doek

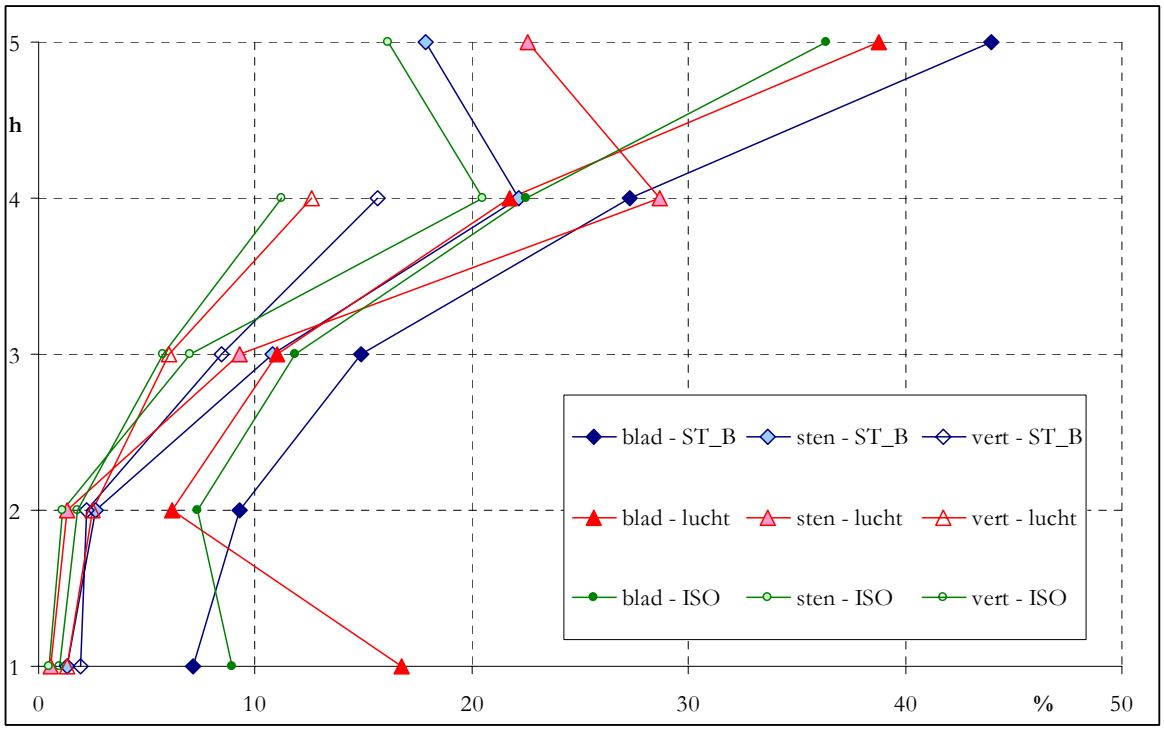
Om een overall beeld van de depositie door de bespuitingen te krijgen zijn figuren gemaakt met per techniek de gemiddelde depositie op blad, stengel en verticale collectoren (Figuren 17 en 18). Per figuur is de volgende legenda aangehouden: de depositie van de drie technieken per locatie weergegeven, waarbij
ST_K = standaard Kessel, zak = 4 dops zakpijp, z+b = 3 dops zakpijp + bovenover
ST_B = standaard Middenbeemster, lucht = luchtondersteuning, ISO = grove dop
blad = gemiddelde depositie op blad
sten = gemiddelde depositie op stengel
vert = gemiddelde depositie op verticale collectoren

Kessel
De vorm van de curve die de spuitvloeistof depositie op blad en stengel beschrijft voor de maïsbespuitingen in Kessel is vrijwel gelijk (Figuur 17). Bij de standaard is van onder naar boven eerst een lichte verhoging van de depositie te zien met een sterke toename hoger in de plant. Bij de 4-dops zakpijp is bij de depositie op blad en stengel een maximum te zien in de hoogtes 3 en 4 met een sterke afname naar boven en onder in de plant. De grafiek van de depositie op blad en stengel van de 3-dops zakpijp + boven is over de hoogte veel egaler.
De depositie op de verticale collectoren lijkt overeenkomstig met de vorm van de depositie op blad en stengel, maar dit is moeilijk te beoordelen omdat het bovenste niveau niet is gemeten.

Middenbeemster
In Middenbeemster zijn de grafieken (Figuur 18) gelijkvormig tot hoogte 4. Niet alleen is de vorm gelijk, ook de hoogte van de depositie is vrijwel gelijk. Op hoogte 5 wordt de depositie op blad hoger terwijl de depositie op de stengel afneemt. Dit geldt voor alle drie de technieken. Onderin valt de depositie van luchtondersteuning op het blad op; hier neemt de depositie op de stengel en verticale collectoren af, en de depositie op het blad juist (sterk) toe.



Figuur 17 Gemiddelde spuitvloeistof depositie per hoogtesegment in het gewas maïs op blad, stengel en verticale collectoren, Kessel, per techniek

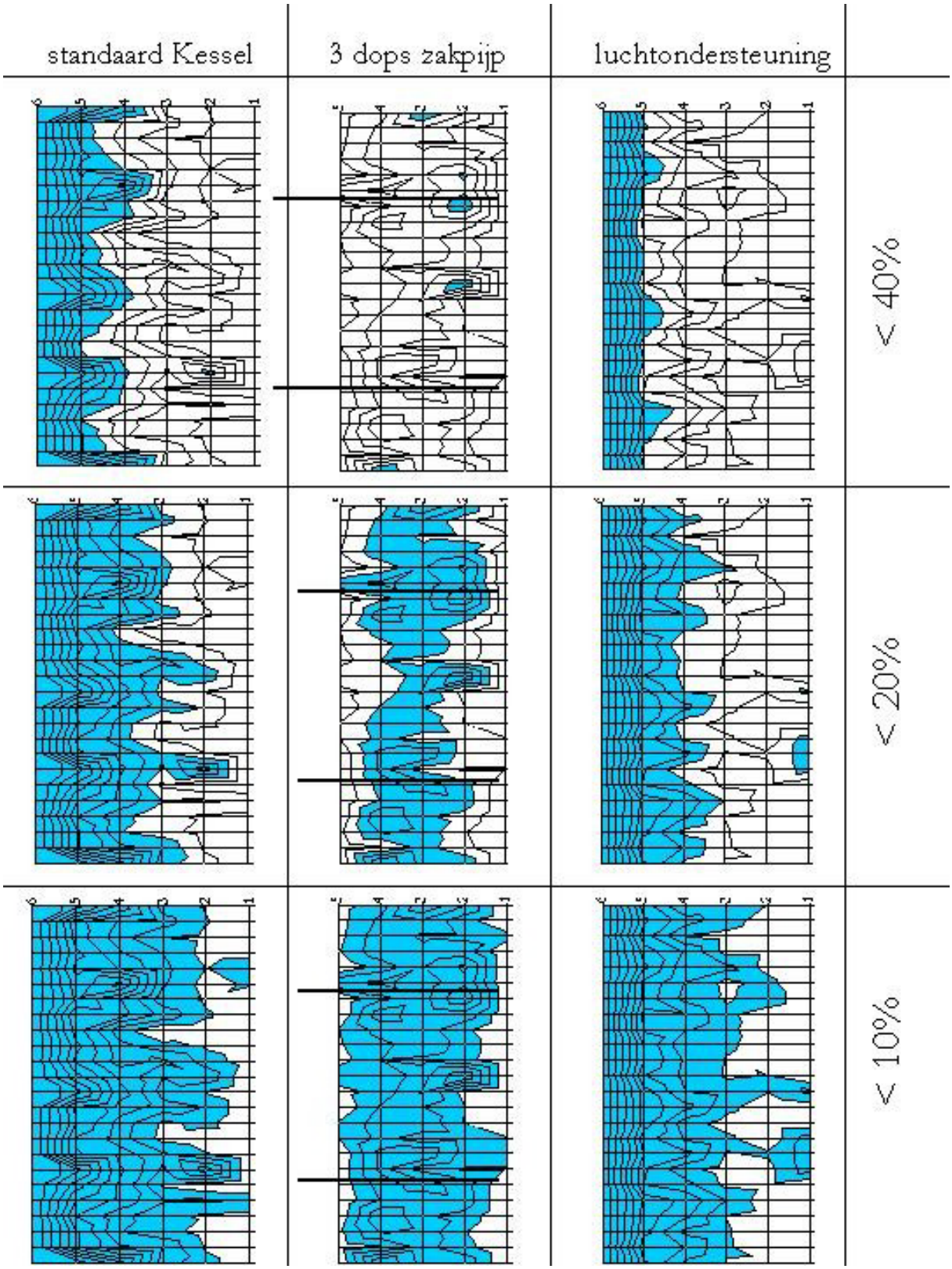


Figuur 18 Gemiddelde spuitvloeistof depositie per hoogtesegment in het gewas maïs op blad, stengel en verticale collectoren, Middenbeemster, per techniek

De verdeling op de verticale collectoren geeft een goed beeld van de vloeistofdepositie op de stengel. Het nivo tussen verticale collectoren en stengel verschilt enigszins; dit wordt met name veroorzaakt door het aantal meetwaarden. Door het toepassen van deze verticale collectoren is wel op eenvoudig(er)e wijze een goede inschatting te maken van de depositie. Voor een eenvoudige schatting van de depositie op de bladeren valt te denken aan een meetopstelling met soortgelijke collectoren maar dan horizontaal geplaatst. Deze collectoren zouden dan op de verschillende hoogtes in het gewas kunnen worden geplaatst. Het voordeel van het gebruik van collectoren is dat de analyse eenvoudiger en sneller is. In dit experiment zijn geen collectoren ter controle van de afgifte opgenomen aangezien problemen verwacht werden met de plaatsing door de hoogte van het gewas en de spuitboomhoogte.

4.5 Effectiviteit van de bespuiting

In Figuur 19 staat voor drie technieken (standaard Kessel, 3-dops zakpijp en luchtondersteuning Middenbeemster) de verdeling van de spuitvloeistof in een maïsgewas ruimtelijk weergegeven onderscheiden naar depositie drempels van minder dan 10, 20 en 40%. Waar het niet is ingekleurd is het gemeten depositieniveau lager dan de aangegeven drempelwaarde. Afhankelijk van de vereiste minimale dosering kan zo bekeken worden in welke mate en waar in het gewas een spuittechniek bescherming kan bieden.
Op dit moment is niet bekend wat het kritische niveau van spuitvloeistofdepositie is om nog tot doding van Diabrotica te komen (Ester, 2005) voor de verschillende plekken in het maïsgewas. Afhankelijk van de plek waar de kever zich bij voorkeur bevindt (bovenin op de verse plantedelen en op de kolf, of waar de larven van de kever voorkomen, op het wortelstelsel onder aan de plant en in de grond) zouden specifieke metingen uitgevoerd moeten worden om dosiseffect relaties vast te stellen. Belangrijk hierbij is effecten van spuittechniek en doptype, middel, formulering en uitvloeier op de benodigde dosering te analyseren.



Figuur 19 Spuitvloeistofverdeling in maïs bij een standaard techniek, een techniek met zakpijpen en een luchtondersteunde techniek onderscheiden naar grens van spuitvloeistofdepositie (10%, 20% en 40%)

5 Conclusies

Met de beschikbare machines was het goed mogelijk de bespuitingen in het hoge maïsgewas uit te voeren.

De gebruikte meetmethodiek gaf de gewenste nauwkeurigheid.

De conventionele bespuiting gaf een hoge depositie bovenin de plant (40-50%) die sterk afliep naar beneden (10-20%). Op de grond onder het gewas kwam evenwel nog 10-14%
De bespuitingen met zakpijpen gaven boven in het gewas een lagere depositie (6-17%) dan de standaard bespuitingen. Lager in het gewas gaven de bespuitingen met zakpijp een hogere depositie (20-30%). Ook naar de grond gaf de zakpijp een hogere depositie dan de standaard bespuiting (20%). Van de zakpijp bespuitingen gaf de 3-dops zakpijp + bovenover (onkruidzakpijp) in totaal de laagste depositie van alle toegepaste technieken maar wel het meest regelmatige beeld. Door toepassing van luchtondersteuning was de depositieverdeling vergelijkbaar met de standaard bespuiting, alleen was het niveau lager. Op de onderste bladeren trad bij luchtondersteuning een aanzienlijke verhoging van de depositie op. De depositie op de grond tussen de rijen was bij luchtondersteuning ook hoger dan de depositie van de standaard. De hogere depositie op de grond tussen de rijen trad overigens ook op bij de bespuiting met de grove dop. Bij de bespuiting met grove dop werd geen verhoging van de bladdepositie op de onderste bladeren gemeten.

Aan de hand van de gevonden spuitvloeistofverdelingen kan een inschatting worden gemaakt of een bepaalde techniek een voldoende effectieve depositie geeft en zo niet, waar de problemen zitten. Hiervoor is het wel nodig aanvullend onderzoek uit te voeren naar de relatie met de techniek (doptype, zakpijp, luchtondersteuning), gewasbeschermingsmiddelen en de kritische doseringsniveaus waarop nog bestrijding plaatsvindt.

Literatuur

Csizmazia Z., 2004. Növényvéd"géspek szerkezeti felépítése (8.) Növelt szabadmagass'gú permetezögépek. The structure of plant protection machines (8.) Sprayers with high free clearance. Agroforum, 15(2004)6:46-49

Demes, G., 2004. Hidas traktorral meg tudom védeni a csemegekukoricát, légi úton pedig nem. I can protect sweetcorn using a high-clearance tractor but not with an aerial equipment. Agroforum, 15(2004)6: 53

EPPO, 2005. website www.eppo.org

Ester, A., 2005. Persoonlijke mededeling

Jong, J.A., 1985. De teelt van snijmais. De Jong Drachten. 1985. 112p.

LNV, 2003. Regeling bestrijding maiswortelkever 2003. Directie Juridische Zaken De Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Nr. TRCJZ/2003/7388,15 augustus 2003/

LNV, 2004. wijziging van de Regeling bestrijding Maïswortelkever 2003. Besluit van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, No. TRCJZ/2004/4945

Meijer, A. & P.A.Oomen, 2003. Eliminatie van het q-plaaginsect maïswortelkever (Diabrotica). Notitie plantenziektekundige Dienst, Wageningen. 2003

Petró, E, I. Zsellér, J. Gaál & E. Széll, 1998a. Application of SLAM by ground machine. IWGO – Newsletter XVIII-2, 1998. p.26

Petró, E, A. Szasz, L. Kerekes, I. Zsellér, E. Széll & J. Kiss, 1998b. Application technical parameters of aerial applying SLAM in Hungary: preliminary results of adatation trials. IWGO – Newsletter XVIII-1, 1998. p.19-20

Petró, E, A. Szasz, A. paulik, Z. Szabó & J. Kiss, 1998c. Parameters of application technics of PZL M-18 (Dromader) aircraft. IWGO – Newsletter XVIII-2, 1998. p.27

Petró, E., C. Vaszi-Kovács, H. Elek & K. Mucsi, 2004a. A kukoricabogár imágók táblaszintü népességszámának gyérítése. Reducing population density of western corn rootworm beetles. Magyar Mezögazdaság Melléklete (2002)5: 22-24

Petró, E., H. S. Hegedüs, I. Molnár & Z. Kutasi, 2004b. Hat'kony védekezés csemegekukoricaban a gyapottok-bagolylepke kártétele ellen, önjáró hidas permetezögéppel (Efficient control of cotton bollworm in sweetcorn with mobile high-clearance sprayer). Agroforum, 15(2004)6: 60-63

Steinbusch, M., 2004. Meld uw portaaltrekker. Loonbedrijf (2004)2:10

Van de Zande J.C., C.S. Parkin & A.J.Gilbert, 2003. Optimising pesticide application. In: M.F. Wilson (ed.), 2003. Optimising pesticide use. Chapter 3. John Wiley. UK. p.23-44

Samenvatting

Naar aanleiding van het aantreffen van maïswortelkever (*Diabrotica virifera virifera*) in Nederland is een onderzoek opgestart naar de verdeling van spuitvloeistof in een hoog (>1.75m) maïs gewas bij verschillende spuittechnieken. Omdat vliegtuigbespuitingen (incl. helikopter) in Nederland geen passende oplossing zijn voor dit probleem is gezocht naar (aangepaste) spuitapparatuur en aangepaste spuittechnieken die een effectieve verdeling van het middel in het gewas mogelijk maken. Onderscheiden spuittechnieken zijn: conventioneel spuiten met een hoog spuitvolume en een grof druppelspectrum, luchtondersteund spuiten, bespuiting met zakpijpen, en een combinatie van zakpijpen met standaard over het gewas heen spuiten. Bij de zakpijp techniek wordt de spuitvloeistof in het gewas gebracht doordat de spuitdoppen op een verticale pijp bevestigt zitten die tussen de gewasrijen doorloopt. De spuitdoppen spuiten dan naar weerszijden in de richting van het gewas of naar de grond. Deze spuittechniek wordt nu in asperges gebruikt voor ziekte- en plaagbeheersing (4-dops zakpijp; 2 doppen op 2 hoogtes) en voor onkruidbestrijding (3 dops zakpijp; doppen aan eind neerwaarts gericht).
De verdeling van de spuitvloeistof is van de verschillende spuittechnieken vastgesteld door een maïsgewas met een fluorescerende tracer (BSF) te spuiten. De spuitvloeistofverdeling werd gemeten op het maïsblad, de maïsstengel en op collectoren die verticaal in het gewas en op de grond onder het gewas werden geplaatst. Door het op verschillende plaatsen beschikbaar zijn van de spuitapparatuur zijn de depositiemetingen op twee locaties uitgevoerd, Kessel en Middenbeemster. Een conventionele bespuiting (300 l/ha) is op beide locaties uitgevoerd om de verkregen data uitwisselbaar te maken en een vergelijking met de andere technieken te hebben. Op beide locaties was de maïs 2,5m hoog, de bladhoeveelheid verschilde wel per locatie (LAI te Kessel was 2,9 en te Middenbeemster 3,6). De spuittechnieken waren gemonteerd op voertuigen met een hoge bodemvrijheid (1,3m). Hierdoor werd er tijdens de bespuitingen geen noemenswaardige schade aan het gewas geconstateerd.

De depositieverdeling op blad was van beide standaarden, luchtondersteuning en grove dop gelijkwaardig over de gewashoogte. Het niveau van de depositie verschilde wel tussen de technieken en was het laagst bij luchtondersteuning en grove dop. Voor de conventionele bespuitingen verliep de depositie bovenin de plant (40-50%) af naar onderin de plant (10-20%). Op de onderste bladeren (0-50cm) trad bij luchtondersteuning een aanzienlijke verhoging van de depositie op. Bij de bespuiting met grove dop werd geen verhoging van de bladdepositie op de onderste bladeren gemeten.
De vorm van de depositiecurve bij de bespuiting met de zakpijp 4-dops (op twee hoogtes) gaf een van onderuit het gewas oplopen van de depositie naar een piek op 100-150cm hoogte en vervolgens weer afname naar boven toe. De zakpijp + bovenover bespuiting gaf een vlakker depositiepatroon. Beide zakpijp bespuitingen gaven bovenin minder dan de standaard boven over bespuitingen en juist onderin meer depositie op het blad.

De vorm van de depositiecurven op de stengels waren bij de standaard bespuitingen, de luchtondersteunde bespuiting en grove dop bespuiting gelijkvormig. Het depositie patroon was oplopend van onder naar een maximum op 150-200cm. Bovenin (>200cm) was de depositie lager. Op de stengels was de depositie van de luchtondersteuning bovenin het gewas het hoogst. Waar de depositie op de stengel van de standaard op locatie Middenbeemster piekt op 150-200cm, loopt de depositiecurve van de standaard op locatie Kessel naar een maximum in het hoogste stengeldeel (200-250cm). Het depositiepatroon van de bespuiting met de 4-dops zakpijp gaf een sterke piek midden op de stengel, maar het patroon van de 3-dops zakpijp (+boven) bespuiting was anders, de lijn is vlakker en het depositieniveau op de stengel was lager.
De depositie op de grond tussen de rijen was bij luchtondersteuning hoger (16-18%) dan de depositie van de standaard bespuiting (8-15%). De hogere depositie op de grond tussen de rijen trad ook op bij de bespuiting met de grove dop. De bespuiting met zakpijpen gaf de hoogste depositie naar de grond (20-22%).
Voor een effectieve bestrijding van de Diabrotica kever in hoge maïs lijkt de spuittechniek bovenover spuiten in combinatie met zakpijpen het meest perspectiefvol.

Aan de hand van de gepresenteerde resultaten kan een inschatting worden gemaakt of een bepaalde techniek een voldoende effectieve depositie geeft en zo niet, waar de problemen kunnen zitten. Hiervoor is het wel nodig aanvullend onderzoek uit te voeren naar de relatie met de techniek (doptype, zakpijp, luchtondersteuning), gewasbeschermingsmiddelen en de kritische doseringsniveaus waarop nog bestrijding plaatsvindt.

Summary

After the detection of beetles of the Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*), a quarantine pest, in a maize field in the Netherlands a discussion started on best methods of eradicating the pest spraying a high (>1.75m) maize crop. A research was started on spray techniques and their spray distribution in a high maize crop. As aerial application (including helicopter) is no appropriate solution in the Netherlands an inventory on potential suitable spray techniques in a high row crop was performed. Spray techniques identified were: high volume conventional (coarse spray quality) spraying, air assisted (medium spray quality) spraying, drop hose spraying and a combination of conventional and drop hose spraying. The drop hose spray technique was adapted from an asparagus to the maize crop row spacing. With the drop hose technique the spray nozzles are placed on a vertical pipe moving in the crop canopy between the maize rows. The nozzles spray horizontally towards the maize crop or towards soil surface. In asparagus spraying drop hoses were used for fungicide application (4 nozzles; 2 nozzles on 2 heights) and for weed control (3 nozzles at end of pipe two directed sideways and one downwards). Nozzles used with both types of drop hose techniques were venturi low drift nozzles. In this research the weed control drop hose was used in combination with conventional overtop spraying.

Spray distribution in a maize crop was measured using a fluorescent tracer (BSF). Spray deposition was measured on leaves, stem and on vertical placed collectors in the crop rows and collectors placed on the soil surface. Because of the availability of the spray equipment (contractors) the tests were performed at two locations: Kessel and Middenbeemster. At both locations conventional spraying (300 l/ha medium spray quality) was used to make data comparable and spray technique comparison exchangeable. On both locations maize was 2.5m high, leaf amount did however differ, leaf area index being 2.9 in Kessel and 3.6 in Middenbeemster. Spray techniques were mounted on high clearance (1.3 m) vehicles. During spraying no crop damage was registered.

The spray distribution over maize leaves was identical for standard sprayings, air-assisted spraying and high volume-coarse drop spraying. For those spray techniques the level of spray deposition was however different. For conventional spraying spray deposition in the top of the maize canopy was 40-50% decreasing with height in the canopy to 10-20% at the bottom of the plant. For air-assisted spraying and high volume-coarse nozzle spraying spray deposition on leaves is identical and lower than for standard spraying. On the lowest leaf levels (0-50 cm) there was a higher spray deposition with air assisted spraying. Spray deposition on leaves is for the drop hose spray technique (2 heights) highest in the middle of the canopy height (100-150 cm). The combination of drop hose and conventional spraying gives a homogenous spray deposition pattern with canopy height. Both types of drop hose spray techniques had a lower spray deposition on the top leaves and a higher spray penetration in canopy than the other on top of canopy spray techniques.

On the maize stems spray distribution was identical for the standard, air-assisted and high volume-coarse spray technique. Spray deposition reached a highest level in the middle of the stems (150-200 cm), apart from the standard in Middenbeemster, which had a maximum spray deposition on the stems in the top of the canopy (200-250 cm). On the top part of the stems (> 200 cm) spray deposition was lower with a highest deposition level for the air-assisted sprayer. Spray deposition pattern of the 4-nozzle drop hose spray technique had a high peek in the middle of stem height. For the 3-nozzle drop hose in combination with conventional spraying the spray deposition pattern on the stem was more homogenous over height.
Spray deposition on soil surface underneath the maize crop was for air-assisted spraying between the rows higher (16-18%) than for the standard conventional spray techniques (8-15%). A higher deposition on soil surface was also found with the high volume- coarse spray technique. Highest spray deposits on soil surface were found with both types of drop hose spray techniques (20-22%). For an effective control of Diabrotica in high maize it is advised to use a drop hose spray technique in combination with conventional spraying.
Based on the presented spray distributions for the different spray techniques it can be estimated whether an effective crop protection will be possible in a high maize crop. It can be judged if there are areas in the canopy with higher risks of potential low efficacy. However to do so properly there is a need for dose-response relations of crop protection products and lethal spray deposition levels related to spray technique (nozzle type, drop hose, air assistance). Additional research in this field is needed to make optimal use of the presented results.

Dankbetuiging

Het in deze rapportage beschreven onderzoek is in het kader van de Diabrotica problematiek uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de Plantenziektekundige Dienst te Wageningen. Vanuit de Plantenziektekundige Dienst is de uitvoering van het onderzoek begeleid door Ir. A. Meijer en Dr. I. Koomen.
De bespuitingen zijn uitgevoerd met een 'aspergespuit' van loonbedrijf Peeters te Kessel en een luchtondersteunde spuit van loonbedrijf Kramer Beemster te Middenbeemster. Ondersteuning bij de keuze van de locaties en de machines is verleend door Ir.M. Steinbusch van Cumela, dhr. J. de Boer van Homburg Machinehandel te Stiens en dhr. P.Peters van Mechanisatiebedrijf Coenders te Lottum. Alwin Janse (stagiair HAS Den Bosch) wordt bedankt voor zijn inzet en doorzettingsvermogen tijdens de metingen in het veld en de analyses in het laboratorium.

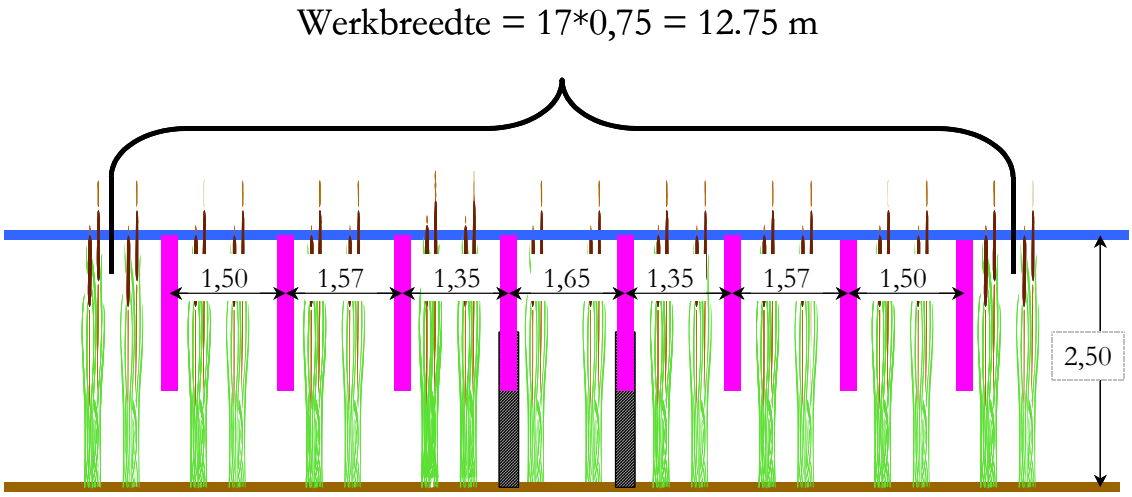
Bijlage(n)

machine Kessel met zakpijpen

zakpijpen Kessel in de maïs

machine Middenbeemster

machine Middenbeemster in de maïs

watergevoelig papier

Bijlage 2 Werkbreedte Zakpijp-spuit te Kessel