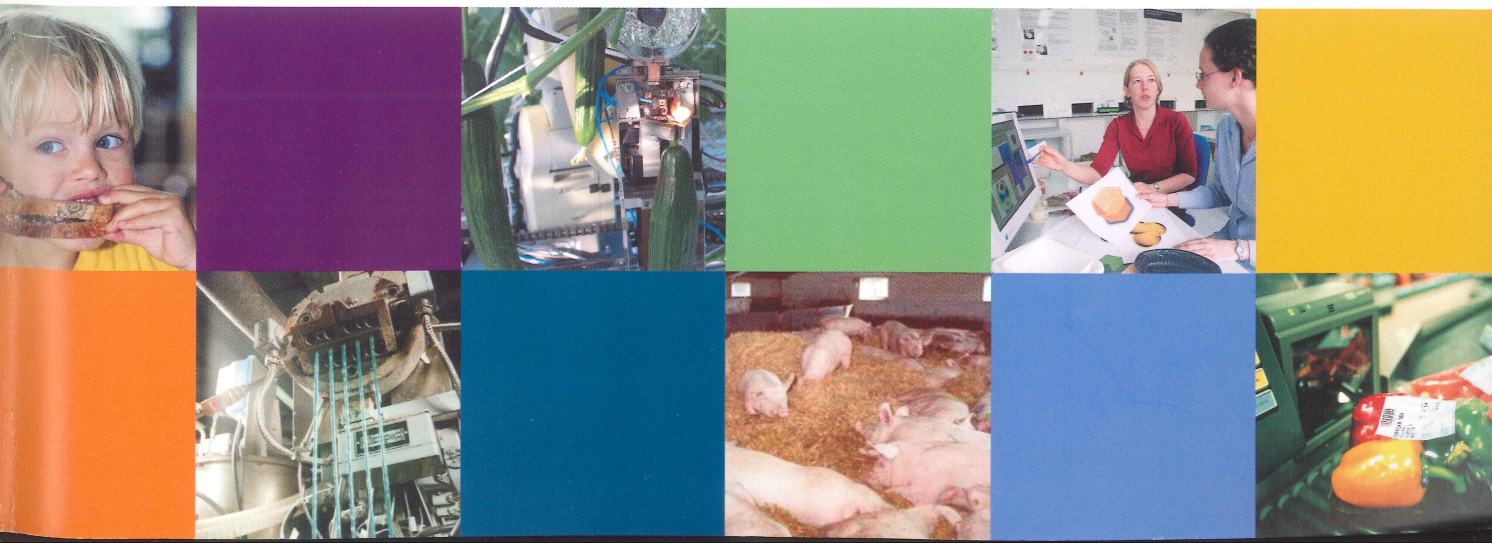
AGROTECHNOLOGY & FOOD INNOVATIONS
WAGENINGEN UR

Door verlaging van de spuitdruk naar minder emissie en betere depositie van spuitvloeistof bij hoogvolume spuiten in tomaat

E.A. van Os
J.M.P.G. Michielsen
F.J.M. Corver
J.V. van den Berg
M.A. Bruins
H.A.J. Porskamp
J.C. van de Zande

Rapport nr 237



Door verlaging van de spuitdruk naar minder emissie en betere depositie van spuitvloeistof bij hoogvolume spuiten in tomaat

E.A. van Os
J.M.P.G. Michielsen
F.J.M. Corver
J.V. van den Berg
M.A. Bruins
H.A.J. Porskamp
J.C. van de Zande

Rapport nr 237

Title	Door verlaging spuitdruk naar minder emissie en betere depositie van spuitvloeistof bij hoogvolume spuiten in tomaat
Author(s)	E.A. van Os, J.M.P.G. Michielsen, F.C. Corver, J.V. van den Berg, M.A. Bruins, H.A.J. Porskamp, J.C. van de Zande
A&F number	Report nr. 237
ISBN-number	90-6754-809-X
Date of publication	Augustus 2004
Confidentiality	No
Project code.	6305103302
Key-words	Gewasbescherming, teejet, , milieu, glastuinbouw
Price	--

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

© 2003 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.

Voorwoord

Het onderzoek naar het verminderen van emissie en het verbeteren van depositie van spuitvloeistof door het verlagen van de spuitdruk bij hoogvolume spuiten in de tomatenteelt is in 1994 uitgevoerd. Het onderzoek heeft nog weinig aan waarde ingeboet. Nog steeds wordt er in de glastuinbouw op dezelfde manier gewerkt. De ergste uitwassen in spuitdruk zijn wel verminderd in de afgelopen jaren, maar echte effecten zijn nog niet bekend. Daarom is er voor gekozen de verslaglegging van het onderzoek af te ronden.

We zijn het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselveiligheid zeer erkentelijk voor de mogelijkheden van afronding van dit onderzoek (programma 416, Milieurisico's en emissiereductie van gewasbeschermingsmiddelen).

De proeven in de kas zijn uitgevoerd door Corver, Michielsen en van Os; de metingen aan de spuitdoppen zijn door Porskamp gedaan. Laboratoriumanalyses zijn door Michielsen uitgevoerd, Van de Zande stond met kennis, ervaring en een kritische noot het team ter zijde, de statistische ondersteuning kwam van Van den Berg en de rapportage is grotendeels door Bruins uitgevoerd. Allen heel hartelijk dank hiervoor.

Erik van Os
projectleider

Samenvatting

Het doel van het onderzoek was om na te gaan of via verlaging van de werkdruk het spuitresultaat op het gewas hetzelfde of beter kan zijn, terwijl de depositie van spuitvloeistof op de grond kan worden verminderd.
Hiervoor is in een proefkas op het voormalig IMAG-terrein bij een tomatengewas de depositie van spuitvloeistof op het blad, de emissie van spuitvloeistof naar de grond en de doordringing van de spuitvloeistof door het gewas bij verschillende spuitdrukken (2,5, 5, 10 en 15 bar) onderzocht. Hiervoor werd een Empas-spuitmast gebruikt waarop 12 Teejet XR8002 spuitdoppen waren gemonteerd. De stand van de doppen werd geoptimaliseerd aan de hand van de stand van het gewas. Er is gespoten in drie verschillende plantfases. In fase 1 was het gewas 0,75 m hoog en is 500-1500 $l.ha^{-1}$ verspoten (6 doppen geopend) afhankelijk van de spuitdruk, in fase 2 was het gewas 2,25 m hoog en in fase 3 2,8 m, toen is 1000-3000 $l.ha^{-1}$ verspoten en waren 12 doppen geopend. Er werd gespoten met een fluorescerende stof als tracer (Billiant Sulfo Flavine, BSF) die opgevangen werd op collectoren (chromatografiepapier en filterdoek) die in het laboratorium op een fluorimeter zijn geanalyseerd. Er is gespoten in vier paden terwijl de collectoren in één pad lagen. Data zijn vervolgens statistisch geanalyseerd op basis van absolute hoeveelheden ($\mu l.cm^{-2}$).
Teejet XR8002 spuitdoppen blijken bij een oplopende werkdruk van 2,5 naar 15 bar een toenemende afgifte te geven van 0.74 $l.min^{-1}$ tot 1.80 $l.min^{-1}$. De VMD (Volume Median Diameter) geeft op hetzelfde traject een afname van 207 naar 124µm. Hierdoor ontstaat bij hoge druk een zeer fijn druppelspectrum.
De emissie van spuitvloeistof naar de grond werd in het spuitpad en tussen de dubbele plantrij gemeten. In de paden komt een hogere emissie dan onder de planten, voornamelijk veroorzaakt door het door het gewas heenspuiten bij hogere werkdrukken. In fase 1 en 2 kwam ca. 35% van de gift op de grond terecht, in fase 3 was dit 15%. De stand van de doppen, 45^0 naar boven gericht, speelde hierbij een belangrijke rol.
De doordringing van het gewas werd op 7 plaatsen met een onderlinge afstand van 0,8m gemeten vanaf de spuitboom. De hoogste hoeveelheden werden gevonden op 0 en 0,8m vanaf de spuitboom, terwijl op alle meetpunten in alle fasen geringe tot zeer geringe hoeveelheden konden worden gemeten.
De depositie van spuitvloeistof op het blad is in twee rijen op 1, 2 of 3 hoogten gemeten afhankelijk van de fase van het gewas. De meeste depositie komt op de rij die het dichtst bij de spuitboom staat (rij A), aan de bovenzijde van het blad en bij een hogere werkdruk. Verschillen worden kleiner als in een volgende rij (rij B) wordt gemeten of hoger aan de plant.
Gezien de depositie op het watergevoelig papier bestaat de indruk dat de depositie in rij B als voldoende kan worden beschouwd, behalve op hoogte 3 in fase 3. De spuitboom is dan ook in feite te kort.
Uiteindelijk kan worden geconcludeerd dat verlaging van de werkdruk een vergelijkbare depositie en een vermindering van emissie van spuitvloeistof oplevert. Verlagen van de werkdruk tot 5 bar biedt perspectieven om de emissie naar de grond (in $\mu l.cm^{-2}$) te verminderen terwijl toch alle bladeren kunnen worden bereikt. Een goede afstelling van de spuitdoppen is uiterst belangrijk en waarschijnlijk niet alleen gewas-, maar ook rasafhankelijk.

Inhoud

Voorwoord 3

Samenvatting 4

1 Inleiding 6

2 Materiaal en methode 7

2.1 Teelt 7

2.2 Metingen, collectoren en monsternames 7

2.3 Spuitmast, spuitdruk, stand van de spuitdoppen en spuitoplossing 11

2.4 Druppelgroottemetingen 12

2.5 Monsterbehandeling 13

2.6 Statistiek 14

3 Resultaten 15

3.1 Druppelgroottemetingen 15

3.2 Emissie naar de grond 15

3.3 Doordringing in het gewas 16

3.4 Depositie op de bladeren 18

4 Discussie 20

5 Conclusies en aanbevelingen 23

Literatuur 24

Summary 25

Bijlage 1: Afgifte per dop en per hectare 26

Bijlage 2: Emissie naar de grond 27

Bijlage 3: Doordringing door het gewas 28

Bijlage 4: Depositie op het blad 29

1 Inleiding

In de Nederlandse glastuinbouw wordt gespoten met werkdrukken van 5-15 bar. Er wordt zeer veel water verspoten: tot 3000 l/ha. De gevolgen hiervan zijn: snelle slijtage van de spuitdoppen en vervolgens heterogene afgifte van de spuitdoppen, een zeer nat gewas, kans op residuen op vruchten, afdruipen van middel naar de grond, overmatige rechtstreekse depositie op de grond, grote potentiële emissie naar de buitenlucht, snellere resistentie tegen middelen.
Vanuit het Meerjarenplan Gewasbescherming (1991) zijn aan de sector reducties in middelenverbruik (kg actieve stof per hectare) opgelegd. De gehele agrarische sector moest een reductie halen van 35% in 1995 en van 50% in 2000 t.o.v. het gebruik in 1989. Voor de glastuinbouw waren deze reductiecijfers respectievelijk 50% en 65%. In de officiële cijfers uit 1989 blijkt dat de glasgroenten 106 kg actieve stof per ha gebruiken op jaarbasis en in de bloementeelt 90 kg. Hiervan is echter respectievelijk 85% en 65% gebruikt voor grondontsmetting. In later onderzoek geeft Vernooij (1998) voor de groentegewassen cijfers van 7,5 kg actieve stof per ha voor tomaat en 18,9 voor komkommer. LTO Milieujaarverslag Glastuinbouw (2001) geeft voor tomaat 37,2 en voor komkommer 26,7 kg actieve stof per ha. Grote variaties per jaar ontstaan door nieuwe plagen waarvoor (nog) geen oplossing is en vele middelen worden uitgeprobeerd of door klimatologische omstandigheden waardoor de ene of de andere plaag ineens veel meer voorkomt. In de bloementeelt komen overeenkomstige variaties per jaar voor. De hoeveelheid grondontsmettingsmiddelen is enorm gereduceerd doordat het areaal substraatteelt is toegenomen tot ca. 4000 ha. Het overige areaal dat moet worden ontsmet wordt veelal gestoomd.
Indien naar de toedieningstechniek van gewasbeschermingsmiddelen wordt gekeken is in de afgelopen 10 jaar een verschuiving te zien naar het gebruik van ruimtebehandelingsmiddelen. Middelen worden dan meestal via LVM (Low Volume Mister) toegediend. De methode is gemakkelijk, vraagt weinig arbeid, maar is beperkt effectief. Momenteel wordt in de bloementeelt ca. 62% en in de groenteteelt ca. 72% via ruimtebehandeling toegediend (LTO Milieujaarverslag Glastuinbouw, 2001). Ruimtebehandelingen zijn echter maar beperkt effectief en vormen een zeer grote potentiële bron van emissie naar de buitenlucht. Vanuit de overheid bestaat daarom nog steeds de voorkeur voor gewasgerichte toedieningsmethoden. Deze zijn echter arbeidsintensief en vooral onaangenaam, maar veel effectiever mits goed aangebracht. De huidige methoden van toepassen in hoogopgaande vruchtgroenten (ca. 3000 ha ofwel 75% van het glasgroenteareaal) is een spuitmast waarbij met een werkdruk van 10 – 15 bar wordt gespoten en 1500 l/ha wordt verspoten bij tomaat en komkommer en tot 2500 l/ha bij paprika. Ter vergelijking in de akkerbouwmatige teelten wordt ca. 200 l/ha verspoten. De toepassingsmethode is in de afgelopen 10 jaar nauwelijks gewijzigd. Er is wel een tendens om bij een wat lagere werkdruk te spuiten. Belangrijk is om te constateren dat in de glastuinbouw middelen worden toegepast in een bepaalde concentratie. Dit betekent dat als er meer water wordt verspoten er meer middel wordt verspoten. In andere agrarische sectoren worden middelen in kg per ha verspoten onafhankelijk van de hoeveelheid water die wordt verspoten.

Doel

Doel van het onderzoek was om na te gaan of via verlaging van de werkdruk het spuitresultaat op het gewas hetzelfde of beter kan zijn, terwijl de depositie van spuitvloeistof op de grond kan worden verminderd. Hierbij wordt bij tomaat met vier werkdrukken (2.5, 5, 10 en 15 bar) gespoten om de depositie op de bladeren, de doordringing door het gewas en de emissie naar de grond te bepalen.

2 Materiaal en methode

2.1 Teelt

In 1994 is in afdeling 3 van de Energiekas op het terrein van het voormalige IMAG de depositie en emissie van spuitvloeistof gemeten bij een tomatengewas onder praktijkomstandigheden (figuur 2). De kasafdeling bestaat uit twee kappen van 6,40 m en heeft een lengte van ca. 20 m. De tomaten werden geteeld in een vierrijen systeem in Librabakken, gevuld met steenwol, en werden van water en mest voorzien met druppelbevloeiïng. Het voedingsschema was zoals door PPO-Naaldwijk werd geadviseerd. Het gewas werd aan de hoge-draad geteeld met standaard klimaatinstellingen. De plantdatum was 10 januari en de plantdichtheid was 2,74 planten per m^2.

2.2 Metingen, collectoren en monsternames

De praktijkomstandigheden voor de spuitproeven zijn gedefinieerd voor de volgende plantfases:

- Fase 1, van 7-9 februari; uitvoeren bespuitingen bij een laag tomatengewas, gewashoogte 75 cm; 2 x 3 spuitdoppen geopend,
- Fase 2, van 15 –17 maart, uitvoeren bespuitingen bij een middelhoog tomatengewas, gewashoogte 225 cm, 2 x 6 spuitdoppen geopend,
- Fase 3, van 31 mei – 2 juni, uitvoeren bespuitingen bij een hoog tomatengewas, gewashoogte 280 cm, 2 x 6 spuitdoppen geopend.

Tijdens de proef zijn voor verschillende onderdelen, op verschillende plaatsen, verschillende soorten collectoren aangebracht. In figuur 1 is een schematisch overzicht van de opzet en de plaatsing van de collectoren in en tussen de rijen gegeven.

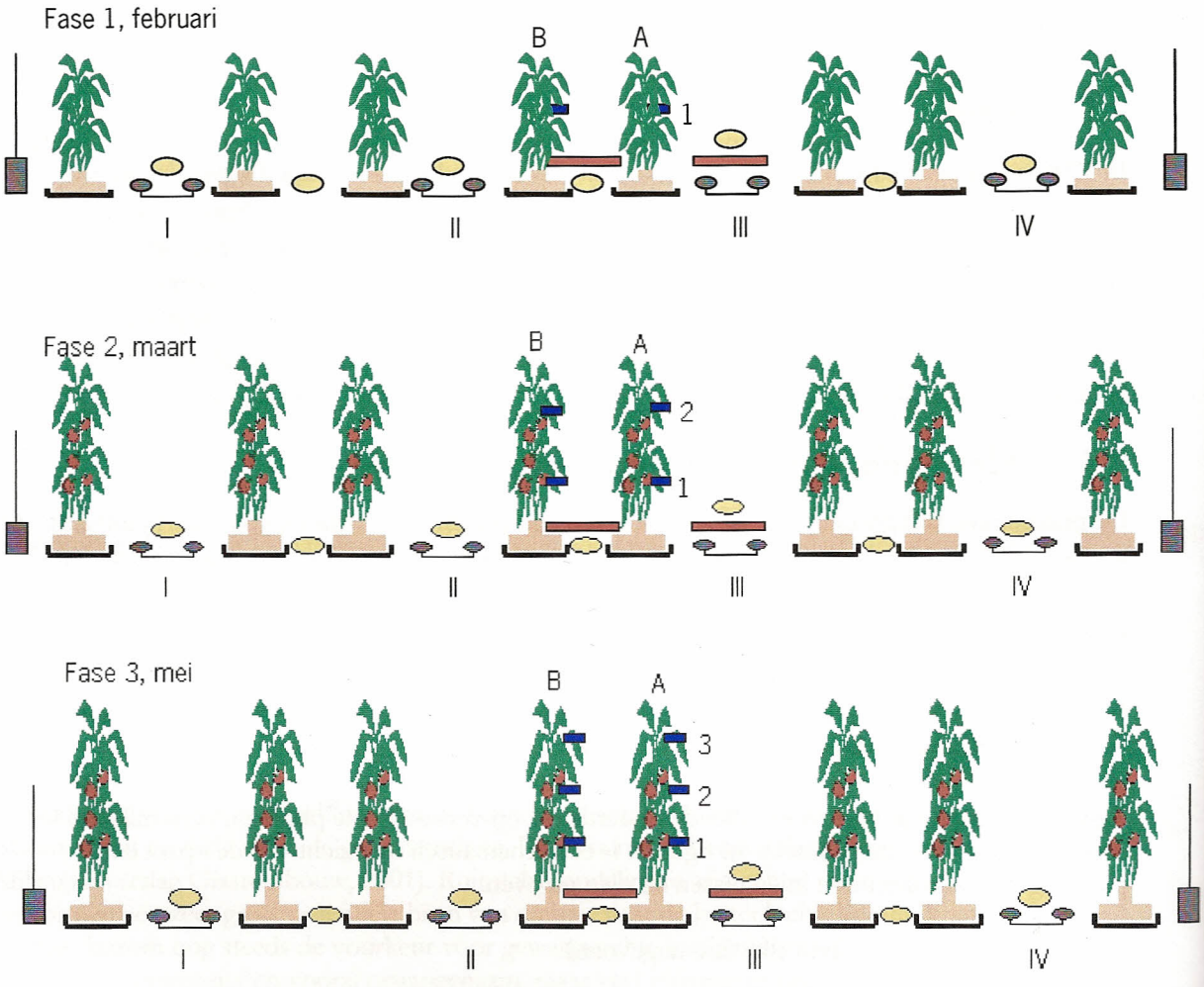
De volgende metingen zijn in elke fase uitgevoerd:

1 Emissie van spuitvloeistof naar de grond

De emissie wordt in deze proef omschreven als de hoeveelheid spuitvloeistof die niet op de plant terechtkomt, maar op de grond in het pad of tussen de planten. Het geeft de potentiële emissie aan die via de grond naar het milieu buiten de kas kan plaatsvinden. De emissie naar de grond werd gemeten door filterdoeken (Technofil TM290, 8x100 cm), gespannen op latten, te leggen in het pad III en tussen de dubbele plantrij (figuur 1 en 2C en 2D) en vervolgens in paden I t/m IV te spuiten.

2 Doordringing van spuitvloeistof door het gewas

De doordringing werd gemeten door in pad I te spuiten en tussen de plantrijen en in de looppaden chromatografiepapier (Whatman, no. 1, 2x20 cm) neer te leggen. Het chromatografiepapier werd met metalen ringen op aluminium folie op de grond gelegd (figuur 1 en 2E). De plaatsen waar het werd neergelegd waren: (1) 1e buis/rail onder de mast, 0 m; (2) 1e plantrij, 0,80m; (3) 2e buis/rail, 1,60m; (4) 2e plantrij, 2,4m; (5) 3e buis/rail, 3,2m; (6) 3e plantrij, 4.0m (7) 4e buis/rail, 4,8m. Allereerst werd in pad I gespoten om de doordringing te registreren, vervolgens werden de collectoren verzameld.



Doordringing: spuiten in Pad I, daarna weghalen

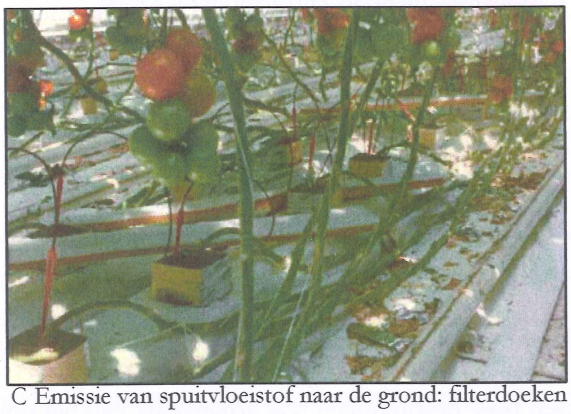
Depositie op grond, spuiten in Pad I t/m IV

Depositie op gewas, 1,2 en 3 hoogten, spuiten in Pad I t/m IV

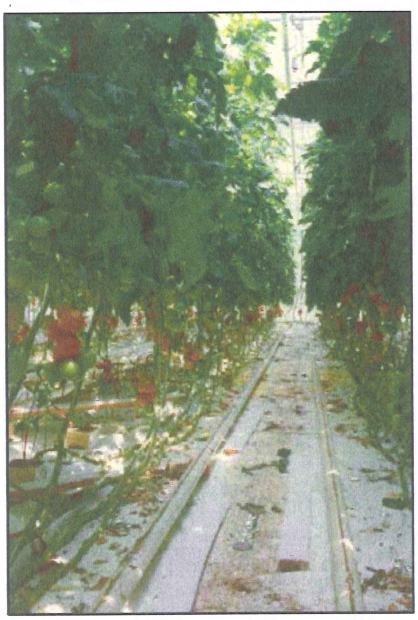
Figuur 2: Schematisch overzicht van de proefopzet en de ligging van collectoren in de verschillende fasen

A Spuitmast op de buisrail (fase 1)

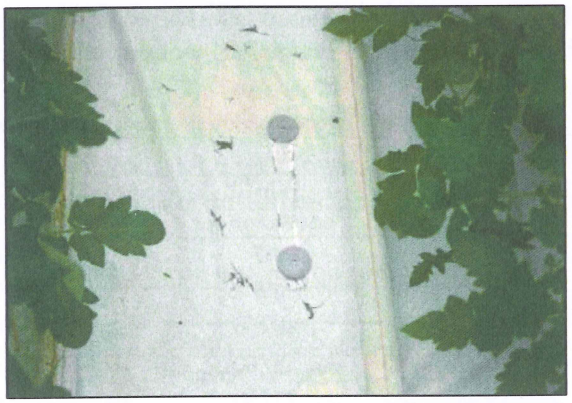
B Spuitmast met haspel en spuitwagen in kas (fase 2)



C Emissie van spuitvloeistof naar de grond: filterdoeken Onder de planten (fase 3)



D Emissie van spuitvloeistof naar de grond: filterdoeken in het pad (fase 3)



E Doordringing van spuitvloeistof door het gewas: chromatografiepapier op de grond (fase 2)

Figuur 2: Overzicht van de ligging van collectoren en de gebruikte apparatuur

3 Depositie van spuitvloeistof op de bladeren

Om de depositie op het gewas te meten werd in de paden I t/m IV gespoten. De kortste afstand tot de spuitdoppen was plantrij A (fig. 1), de rij het dichtst bij de spuitmast. In plantrij B, de andere helft van de dubbele plantrij was het tweede meetpunt. Het chromatografiepapier (Whatman, no. 1) werd met aluminiumfolie rond het blad gevouwen, zodat depositie op boven- en onderkant van blad apart kon worden bepaald. Aluminiumfolie werd gebruikt om intrekken van de vloeistof/ kleurstof van eerdere bespuitingen te voorkomen en om te voorkomen dat chlorophyl uit het blad de metingen kon verstoren. Per plaats werden vier papierstroken uitgehangen op een per fase aangepaste hoogte (tabel 1).

Tabel 1: Monsternameplaats chromatografiepapier.

Fase	Monstername met chromatigrafiepapier
1	Blad naast 1e bloeiende tros: 50-60 cm vanaf grond
2	Blad naast 2e bloeiende tros (140-160 cm hoogte) en 4e tros (60-80 cm hoogte)
3	2e blad boven onderste blad (100 cm); blad bij 1e uitgebloeide tros (190 cm) en 1e blad boven bloeiende tros (270 cm)

In alledrie bovengenoemde situaties is ook watergevoelig papier (Syngenta, 26x76 mm) opgehangen of neergelegd om een visuele indruk te krijgen van het spuitresultaat.

Herhalingen vonden plaats in een ander blok in de kas, in totaal waren er 4 blokken van 6,4 x 10 m). De totale serie bespuitingen is in drie herhalingen, zo kort mogelijk na elkaar, uitgevoerd. De tijd tussen twee bespuitingen was afhankelijk van het opdrogen van het gewas. Verschillen in temperatuur en RV zijn zo veel mogelijk geminimaliseerd. De klimaatomstandigheden tijdens de spuitproeven zijn weergegeven in tabel 2 en zijn afkomstig van de Priva klimaatcomputer die de teeltafdeling bestuurt en meetdata elke minuut meet en per uur middelt en opslaat.

Tabel 2: Gemiddelde van klimaatparameters tijdens uitvoering van de proeven.

Fase en dag		Kas				buiten				
		T [°C]	RV [%]	pijp T boven/onder	°raam opening	T [°C]	RV [%]	instraling [W m^{-2}]	Wind [m s^{-1}]	Windrichting [°]
Fase 1	1	20,3	73	67		6,2	80	101	1,3	164
	2	23,0	84	45	12	7,1	79	339	1,0	289
	3	20,9	79	40/60	9	10,1	76	222	7,1	231
Fase 2	1	20,4	85	38/60	10	6,8	95	35	0,1	334
	2	19,4	82	27/50	16	6,3	70	102	3,1	241
	3	17,7	75	71/60	12,5	5,6	61	179	4,6	265
Fase 3	1	20,7	82	24/30	25	12,8	56	539	1,3	224
	2	21,4	79	24/31	40	16,6	57	544	1,4	194
	3	21,2	89	15/49	40	19,0	82	252	1,8	206

Bladoppervlakte

In tabel 3 is een overzicht gegeven van de Leaf Area Index (LAI). Hiervoor zijn net na fase 2 en fase 3, respectievelijk 23 maart en 3 juni, steeds twee planten verwijderd en vervolgens is met *een bladoppervlaktemeter (Licor Li3100) het totale bladoppervlakte bepaald.*

Tabel 3: Overzicht bladoppervlakte metingen uitgedrukt in m^2 blad per m^2 grondoppervlak (LAI).

Plaats plant	Oppervlakte (m^2 blad per m^2 grond) van					
	Fase 2			Fase 3		
	Plant 1	Plant 2	gemiddeld	Plant 1	Plant 2	gemiddeld
Onder	2,47	2,18	2,32	1,73	1,85	1,79
Midden	n.v.t	n.v.t.	n.v.t.	2,16	2,13	2,14
Top	2,33	2,00	2,16	1,30	1,04	1,17
Som	4,80	4,18	4,49	5,19	5,02	5,10

De LAI onder aan de plant is in fase 3 kleiner dan in fase 2 vanwege het gestarte bladplukken.

2.3 Spuitmast, spuitdruk, stand van de spuitdoppen en spuitoplossing

De spuitmast van Empas is apparatuur die ook in de praktijk wordt gebruikt (figuur 2A) en heeft 2x6 spuitdoppen om de 35 cm die naar links en rechts spuiten. De spuitmast rijdt op de buisrail en is aan een haspel verbonden die op het betonpad staat (2B) en de spuitmast met constante snelheid van 40 $m.min^{-1}$ naar het pad terugtrekt. Spuitwagen met spuitoplossing staat ook op het betonpad (figuur 2B). De pompwagen had bij een werkdruk van 2,5 – 10 bar een voordruk van 25-30 bar en bij een werkdruk van 15 bar een voordruk van 35-40 bar. Tabel 4 geeft een overzicht van de hoogte van de spuitdoppen vanaf de grond en de hoek van spuiten. De metingen werden uitgevoerd bij werkdrukken van respectievelijk 15, 10, 5 en 2,5 bar met Teejet XR8002VK doppen (geel). Er werd gespoten met een bekende concentratie van de kleurstof BSF (Brillant Sulfo Flavine) (tabel 7). De hoeveelheid BSF die op de collectoren terechtkwam kon vervolgens nauwkeurig bepaald worden met de fluorescentiemeter (Perkin-Elmer LS2B) in het laboratorium.

Tabel 4: Hoogte spuitdoppen vanaf de grond en spuithoek bij de verschillende gewasfasen.

Dop nr	Hoogte vanaf grond (cm)	fase 1		fase 2		fase 3	
		Hoek	Richting	Hoek	richting	Hoek	richting
6	200	--		30°	Beneden	45°	Boven
5	165	--		0		45°	Boven
4	130	--		0		45°	Boven
3	95	15°	beneden	0		45°	Boven
2	60	0		0		45°	Boven
1	25	30°	boven	30°	boven	45°	Boven

Tabel 5 geeft een overzicht van het afgegeven volume ($l.ha^{-1}$) bij de verschillende werkdrukken en op de verschillende data en van de VMD (Volume Median Diameter = D_{50}). In bijlage 1 is de gemeten afgifte per dop bij bepaalde druk ($ml.min^{-1}$) gegeven.

Tabel 5: Afgifte (l.ha^{-1}) per spuitdruk (bar) en VMD.

	Spuitdruk (bar)			
	2,5	5	10	15
Fase 1 (l.ha^{-1})	496	813	1235	1534
Fase 2 & 3 (l.ha^{-1})	992	1626	2469	3068
VMD (µm)	207	177	145	124

De samenstelling van de spuitoplossing is gegeven in tabel 6. De spuitvloeistof werd gemengd door de afgekoppelde slang via slanghaspel terug te voeren naar de spuitwagen. De gemeten concentratie BSF in de spuitoplossing is gegeven in tabel 7.

Tabel 6: Toegevoegde hoeveelheid water, BSF en Agral.

Fase en dag		Water [l]	BSF [g]	Agral [ml]
Fase 1	1	150	45	75
	3	(100)	30	(50)
Fase 2	1	150	45	75
	2	100	30	50
	3	100	30	50
Fase 3	1*	120	45	50
	3	30	---	15

* + restant fase 2, dag 3= 60 l oplossing

Tabel 7: Concentratie BSF (g.l^{-1}) in spuitoplossing.

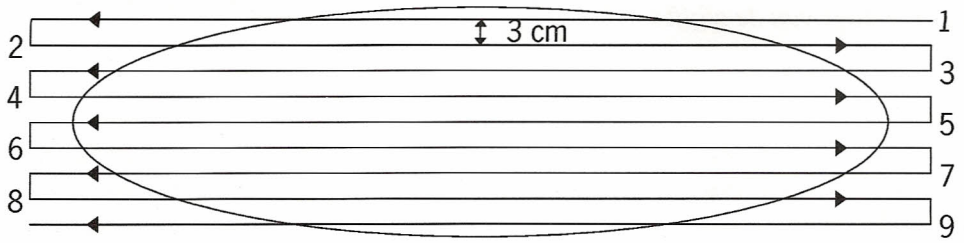
herhaling	concentratie BSF (g l^{-1})		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1 & 2	0,284		
3 & 4	0,271		
1		0,271	0,303
2		0,315	0,240
3		0,292	0,241

2.4 Druppelgroottemetingen

Van de, in de glastuinbouw, veel gebruikte spleetdop Teejet XR8002VK dop is het druppelgroottespectrum met de Phase-Doppler Particle Analyzer Aeromatrics (PDPA) gemeten. Hierbij werd de dop horizontaal geplaatst en spoot de dop verticaal omlaag en werd de dop bij verschillende werkdrukken (15, 10, 5, 2,5 bar) doorgemeten. De metingen werden uitgevoerd met kraanwater van 20 °C. In de meetruimte was het 20 °C met een relatieve vochtigheid van 70%. 3 doppen zijn gemeten en de resultaten zijn hierna gemiddeld.
De afstand van de spuitdop tot de laserstraal was 0,5 m en de afstand tot de grond 1,2 m. Tijdens de meting van de druppelgrootte beschreef de spuitdop 9 horizontale banen haaks op de laserstraal, waardoor de gehele spuitkegel bemonsterd werd. De onderlinge afstand van de banen was 3 cm, waarbij in de middelste baan de spuitdop juist midden over het meetpunt bewoog (figuur 1). De snelheid van de dop was tijdens de metingen 0,02 m s^{-1}.

De PDPA laser was tijdens de metingen als volgt ingesteld:

-Laservermogen	425 mW	-Detectorspanning	501 V
-Focus frontlens transmitter	1000 mm	-Meetbereik	25-1250 µm
-Focus frontlens detector	1000 mm	-Diameter resolutie	2,0 µm
-Detectiehoek	30 °	-Probe Volume Correction	aan



Figuur 3: Patroon van de banen van de dop bij de druppelgroottemetingen in een horizontaal vlak 0,50 m onder de dop

De resultaten van de druppelgroottemetingen worden gepresenteerd als de D_{V10}, D_{V50}, D_{V90} en V_{100}. Hieronder volgt een korte toelichting op deze begrippen:

- D_{V10} [µm]: 10% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V10};
- D_{V50} [µm]: VMD [µm] (Volume Median Diameter); 50% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V50};
- D_{V90} [µm]: 90% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V90};
- V_{100} [%]: vol.% <100 µm; het volume percentage druppels met een diameter kleiner dan 100 µm.

2.5 Monsterbehandeling

Het filterdoek is in plastic zakken verzameld en voorzien van een codering. Het chromatografiepapier is direct in een reageerbuis met stop gedaan en van codering voorzien. Watergevoelig papier is op A4-papier geniet voor een direct overzicht.
Om te analyseren werd het filterdoek in een ton met vaste bekende hoeveelheid water gestopt, vervolgens 15 minuten geschud. Uit elke ton werd een reageerbuis gevuld, welke door de fluorimeter (Perkin-Elmer LS2B) werd geanalyseerd (Michielsen & Porskamp, 1993). Het chromatografiepapier werd in tweeën gesneden naar boven- en onderzijde. Het papier werd in een reageerbuis gestopt, waaraan 10 ml water werd toegevoegd. Na afsluiten met een dop werden de buisjes geschud en bleven tenminste één dag staan alvorens de fluorescentie te meten. De fluorescentie waarden van het filterdoek en het chromatografiepapier werden omgerekend naar de opgevangen hoeveelheid spuitvloeistof per oppervlakte-eenheid (µl.cm^{-2}), volgens:

$$\mu l / cm^2 = \frac{(fluorescentie_{monster} - fluorescentie_{blanco}) * ijkfactor * volume\ spoelvloeistof}{oppervlak_{monster} * tankconcentratie}$$

Deze depositie waarden kunnen worden uitgedrukt als percentage van de door de spuit verspoten hoeveelheid volgens:

$$depositie\ als\ percentage\ van\ de\ afgifte = \frac{\mu l / cm^2_{monster}}{\frac{l / ha}{100}} * 100\,\%$$

2.6 Statistiek

Met behulp van het programma Genstat 5.1 werden de data per deelproef (emissie naar grond, doordringing en depositie op blad) en per fase geanalyseerd. Gekeken is of er significante verschillen zijn tussen werkdruk, bladzijde (boven/onderkant van het blad), plaats in het gewas (rij A/B) en hoogte in de plant (1, 2, 3). Bij de analyse van de meetwaarden is eerst de standaard variantie analyse gebruikt, als deze niet voldeed is overgegaan tot een irreml-analyse met gammaverdeling van de data, daarna log-normale verdeling en als laatste de negatief binominale verdeling. Voor depositie en emissie bleek de gammaverdeling het best te voldoen, voor doordringing de negatief binomiale verdeling. De gammaverdeling verschilt van de normale verdeling door een lager maximum en meer data in de extreme kant (langere staarten aan beide zijden). De negatief binomiale verdeling verschilt van de normale verdeling door een eenzijdige zeer korte staart (hier de waarden tot nul, negatief niet mogelijk) en aan de andere kant een zeer lange staart, dus veel data in het extreme gebied.
Alle analyses zijn uitgevoerd op de originele data zoals weergegeven in bijlage 2 t/m 4. gepresenteerde depositiecijfers zijn gemiddelden van de gemeten waarden en worden weergegeven bij de bespreking van de resultaten in hoofdstuk 3.

3 Resultaten

3.1 Druppelgroottemetingen

De resultaten van de druppelgroottemetingen van de Teejet XR8002VK spleetdop op 0,5 m onder de spuitdop zijn weergegeven in tabel 8. De metingen werden uitgevoerd aan 3 doppen en de resultaten zijn hierna gemiddeld.

Tabel 8: Druppelgroottespectra van de Teejet XR8002VK spleetdop bij verschillende spuitdrukken.

Druk [bar]	Afgifte [l/min]	D_{10} [µm]	VMD [µm]	D_{90} [µm]	V_{100} [%]
2.5	0.74	92	206	329	11,9
		93	205	337	11,6
		92	210	335	11,9
	gem.	**92**	**207**	**334**	**11,8**
5	1.04	71	176	297	19,0
		73	178	301	18,1
		74	178	293	17,6
	gem.	**73**	**177**	**297**	**18,2**
10	1.47	56	145	250	28,1
		57	147	252	27,5
		56	144	251	28,6
	gem.	**56**	**145**	**251**	**28,1**
15	1.80	48	124	225	36,9
		49	123	226	37,5
		49	126	230	35,9
	gem.	**49**	**124**	**227**	**36,8**

Duidelijk is te zien dat een hogere druk een fijner spectrum geeft. De VMD verschuift bij verhoging van de druk van 2,5 naar 15 bar naar kleinere waarden, van 207 naar 124 µm, terwijl de afgifte (l/min) toeneemt van 0.74 naar 1.80. De V_{100} van 36,8% bij 15 bar geeft aan dat er zeer veel fijne druppels, kleiner dan 100 mµ, die zich gemakkelijk verspreiden en niet op het doel (de plant) terecht hoeven te komen.

3.2 Emissie naar de grond

De samenvattende gegevens in tabel 9 zijn gebaseerd op de gemeten monsters die in Bijlage 2 staan.

Tabel 9: Emissie van spuitvloeistof naar de grond bij verschillende werkdrukken opgesplitst naar wat in het pad en onder de planten komt in µl cm^{-2} en in procenten van de afgifte.

Druk (bar)	Plaats in de rij	Fase 1				Fase 2				Fase 3			
		µl cm^{-2}		% van de gift		µl cm^{-2}		% van de gift		µl cm^{-2}		% van de gift	
		Gem[1]	Som[4]	gem	som	Gem[2]	Som[4]	gem	som	Gem[3]	Som[4]	Gem	Som[4]
2,5	onder plant	1,11	1,56	22,33	31,52	2,90	3,56	29,28	35,90	1,17	2,42	11,83	24,43
	in pad	0,46		9,20		0,66		6,62		1,25		12,60	
5	onder plant	1,25	2,95	15,34	36,27	4,06	5,60	24,97	34,46	1,28	2,58	7,90	15,86
	in pad	1,70		20,93		1,54		9,49		1,29		7,96	
10	onder plant	1,76	5,41	14,28	43,84	3,26	8,72	13,21	35,33	1,23	2,58	4,99	10,43
	in pad	3,65		29,56		5,46		22,12		1,35		5,45	
15	onder plant	1,80	4,36	11,85	29,66	4,20	10,19	13,71	33,20	1,09	3,92	3,55	12,79
	in pad	2,56		17,82		5,98		19,50		2,83		9,24	

[1] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,2 [2] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,3

[3] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,2 [4] som is de optelling van datgene dat gemiddeld onder de plant komt en dat in het pad komt

Voor alle fasen komt uit de statistische analyse een interactie tussen spuitdruk en plaats in de rij naar voren, die echter per fase iets anders is. In fase 1, met zes doppen open, is er in het meetpad bij toenemende druk een piekwaarde bij 10 bar. Onder de planten komt een vergelijkbare hoeveelheid terecht die met toenemende werkdruk steeds groter wordt. Bij 2,5 bar komt er echter meer onder de planten en minder in het pad en bij 10 en 15 bar komt er meer in het pad en minder onder de planten. In fase 2, nu 12 doppen open, komt er bij 2,5 en 5 bar weinig op het pad en bij 10 en 15 bar vrij veel. Bij 2,5 en 5 bar komt er meer onder de planten dan in het pad, terwijl bij 10 en 15 bar er minder onder de planten komt en meer in het pad. De oorzaak moet worden gezocht in het door het gewas heenspuiten bij 10 en 15 bar vanaf de paden II en IV. Bij 2,5 en 5 bar wordt die afstand blijkbaar niet gehaald. In fase 3, ook weer 12 doppen open, is er minder emissie naar de grond dan in fase 2. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in de stand van de doppen. In fase 1 en 2 stond de onderste dop 30^0 naar boven gericht (tabel 4) en de overige doppen 0^0, dan wordt een fors deel bij een spuitdop met een 80^0 hoek naar beneden gespoten. In fase 3 staan alle doppen 45^0 omhoog zodat er meer kans is om blad te raken ook al is er meer blad geplukt (tabel 3). Bij 10 en 15 bar is er zowel onder de planten als in het pad veel minder spuitvloeistof gemeten, maar in het pad wel meer dan onder de planten.

3.3 Doordringing in het gewas

In tabel 10 is een gemiddelde waarde (µl.cm^{-2}) gegeven van de doordringing bij verschillende spuitdrukken op verschillende afstanden. De cijfers waarop deze gemiddelden zijn gebaseerd staan in Bijlage 3. Aangezien in fase 2 en 3 zeer veel waarden op grotere afstand van de spuitboom nul of negatief waren, is de statistische analyse alleen uitgevoerd op 3 afstanden. Wel is voor fase 1 in figuur 4 de doordringing voor elke werkdruk op 7 afstanden weergegeven.
Uit de statistische analyse komt in alle fasen een interactie tussen spuitdruk en afstand voor tot 1,6m (laatste statistische analyse afstand). Net als bij emissie naar de grond (tabel 9) komt bij 10 en 15 bar aanzienlijk meer op 0,8m vanaf de spuitboom. In fase 1 komt bij 2,5 en 5 bar nog maar

zeer geringe hoeveelheden terecht (<0,1 µl.cm^{-2}) op 1,6m, bij 10 en 15 bar is dat 3-10x zoveel. Bij grotere afstanden worden voor alle werkdrukken de deposities zeer gering. In fase 2 komt een piek depositie terecht op 0,8m voor zowel 5 als 10 en 15 bar. In fase 3 komt weer veel minder op de grond terecht met een piek depositie op 0,8m bij 15 bar. Op 2,4m komen alleen zeer geringe hoeveelheden terecht. Het gewas fungeert hier als een (groene) muur waar niet veel doorheen gespoten wordt, maar waar wel wat onderlangs kan gaan. In fase 1 is het gewas echter nog heel open en wordt er ondanks de 6 in plaats van 12 geopende doppen veel op de grond gemeten.

Tabel 10: Doordringing van spuitvloeistof door het gewas op verschillende afstanden vanaf de spuitmast op de grond gemeten.

Afstand vanaf de spuitmast (m)	ingestelde druk (bar) in de bepaalde fases											
	fase 1[1]				fase 2 [2]				fase 3[3]			
	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15
Gemiddeld gemeten concentratie (µl cm^{-2})												
0	1,33	1,16	1,35	1,71	0,86	1,05	0,89	0,84	0,48	0,55	0,97	0,65
0,8	0,21	0,71	2,41	2,00	0,77	1,16	1,98	1,48	0,04	0,19	0,43	1,03
1,6	0,06	0,07	0,20	0,59	0,23	0,46	1,38	1,43	0,03	0,12	0,12	0,11
2,4	0,06	0,06	0,06	0,19	0,20	0,16	0,28	0,28	0,03	<0,01	0,03	0,06
3,2	0,07	0,05	0,06	0,12	0,10	0,12	0,08	0,17	0,13	0,05	0,23	0,10
4,0	0,07	0,04	0,04	0,07	0,04	0,13	0,04	0,06	*	0,00	0,02	0,05
4,8	0,07	0,05	0,05	0,11	0,05	0,06	0,51	0,27	*	0,20	0,06	0,03
Percentage van de afgifte												
0	26,8	14,2	11,0	11,2	8,65	6,45	3,61	2,73	4,88	3,36	3,92	2,13
0,8	4,2	8,7	19,5	13,0	7,75	7,15	8,03	4,82	0,41	1,15	1,74	3,36
1,6	1,2	0,9	1,6	3,9	2,31	2,85	5,58	4,66	0,30	0,77	0,49	0,35
2,4	1,3	0,8	0,4	1,2	2,00	0,98	1,14	0,90	0,31	<0,07	0,11	0,19
3,2	1,4	0,6	0,5	0,8	1,05	0,74	0,33	0,57	1,32	0,34	0,93	0,31
6	1,4	0,5	0,3	0,4	0,44	0,82	0,15	0,21	*	<0,03	0,07	0,16
7	1,5	0,6	0,4	0,7	0,55	0,37	2,08	0,89	*	1,25	0,24	0,11

* geen waarneming; < betekent een lagere waarde dan de blanco en wordt in de analyse niet meegenomen

[1] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,25 [2] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,25

[3] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,22

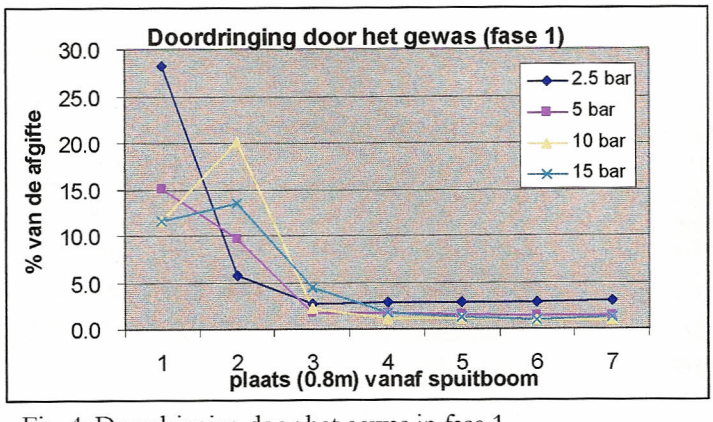


Fig. 4: Doordringing door het gewas in fase 1

3.4 Depositie op de bladeren

Gemiddelde concentratie ($\mu l.cm^{-2}$) op boven- en onderkant van het blad en de plaats van de plant t.o.v. de spuitboom bij verschillende spuitdruk en gemeten in drie gewasfases zijn gegeven in tabel 11, de metingen zelf staan in bijlage 4. In tabel 12 zijn dezelfde data uit bijlage 4 als percentage van de gift weergegeven.
Uit de statistische analyse van fase 1 komt een interactie naar voren tussen spuitdruk en bladzijde en bladzijde met standplaats: er komt veel meer terecht op de bovenzijde van het blad als op de onderzijde en meer op rij A (spuitmast spuit direct op bladeren) als op rij B (tussen de planten). Opvallend is hierbij (de interactie) dat aan de onderzijde van het blad meer depositie is in rij B.
In fase 2 is er een interactie tussen plantplaats, spuitdruk en bladzijde. Op de bovenzijde van het blad is er bij oplopende spuitdruk een piekwaarde in rij A bij 5 bar, terwijl bij de onderzijde van het blad de piekwaarde bij rij B bij 10bar is. Verder geven de data meer depositie in rij A als B en meer bij hogere werkdruk.
In fase 3 zijn er interacties tussen spuitdruk, plantplaats en planthoogte en tussen bladzijde, plantplaats en planthoogte. In het algemeen zie je een afname van de depositie bij toename van de hoogte aan de plant aan de bovenzijde van het blad. Op rij A komt meer als op rij B, maar de verschillen worden hoger aan de plant wat kleiner. Totale depositie is bij 10 en 15 bar groter dan bij 2,5 en 5 bar. Laag aan de plant zijn de verschillen tussen rij A en rij B vrij groot, maar die worden hoger aan de plant steeds kleiner. Meeste depositie vindt plaats op planthoogte 2 in rij A en B aan de bovenzijde van het blad en op rij A aan de onderzijde, maar op hoogte 3 in rij B aan de onderzijde. Ook bij de interactie spuitdruk en bladzijde zie je een toename van depositie aan de boven- en onderzijde bij toename van de spuitdruk. Bij 10 en 15 bar zijn de verschillen minder groot als bij 2,5 en 5 bar.

In tabel 12 valt, net als bij emissie, op dat in fase 3 de recovery (percentage teruggevonden) veel minder is als in fase 2 en 1, waarbij bij de laatste zelfs tot 100% wordt teruggevonden. Eens te meer valt op dat op planthoogte 3 maar weinig depositie is. Meestal is aan de bovenzijde een grotere depositie, maar ook vrij vaak gelijk of minder dan aan de onderzijde. Opgemerkt moet worden dat andere conclusies mogelijk lijken als de tabellen 11 en 12 worden geïnterpreteerd. Dit komt door het feit dat de gift, de dosering per werkdruk anders is.

Tabel 11: *Gemiddelde concentraties bij fase 1, 2 en 3 bij verschillende werkdruk, plaats van de plant, zijde van het blad*

Blad	plaats	Plant hoogte	Gemeten depositie in $\mu l.cm^{-2}$ in drie gewasfasen											
			Fase 1[1]				Fase 2[2]				Fase 3[3]			
			2,5	5	10	15	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15
Boven	A	1	3,30	8,67	8,63	8,54	2,39	5,26	5,22	5,44	1,81	2,44	3,68	4,29
		2					3,09	5,95	4,12	5,00	1,68	2,45	2,65	2,63
		3									0,55	0,64	1,36	2,81
	B	1	1,89	3,26	4,05	6,80	2,11	3,13	3,59	3,78	1,53	1,90	1,83	1,60
		2					1,91	2,21	3,04	3,02	1,45	2,73	2,77	2,66

		3									0,27	0,95	1,84	2,78
Onder	A	1	0,65	0,90	2,52	3,36	0,09	0,25	0,29	1,45	0,59	0,43	2,07	2,36
		2					0,03	0,03	0,38	0,67	1,02	3,16	3,24	5,08
		3									0,66	0,46	1,71	3,35
	B	1	1,09	1,53	2,12	3,57	0,39	0,75	2,47	1,58	0,20	0,23	0,38	0,82
		2					0,16	0,53	1,25	0,86	0,16	0,34	1,52	1,48
		3									0,12	0,44	1,10	1,80
Som	A	1	3,95	9,57	11,15	11,90	2,47	5,51	5,52	6,89	2,40	2,87	5,75	6,65
		2					3,12	5,98	4,49	5,66	2,69	5,61	5,89	7,71
		3									1,21	1,10	3,07	6,16
	B	1	2,98	4,79	6,18	10,37	2,50	3,89	6,06	5,37	1,73	2,13	2,21	2,43
		2					2,07	2,75	4,30	3,88	1,62	3,07	4,29	4,14
		3									0,39	1,39	2,94	4,58
Gem	boven		2,60	5,97	6,34	7,67	2,38	4,14	3,99	4,31	1,22	1,85	2,36	2,80
	onder		0,87	1,22	2,32	3,47	0,17	0,39	1,10	1,14	0,46	0,84	1,67	2,48

[1] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,75 [2] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,5

[3] gemiddelde standaardfout bedraagt 0,25

Tabel 12: Depositie op de bladeren als percentage van de gift

Blad zijde	plaats	Plant hoogte	Berekende depositie in % van de gift											
			Fase 1				Fase 2				Fase 3			
			2,5	5	10	15	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15
Boven	A	1	66,6	100*	69,9	55,7	24,1	32,4	21,1	17,7	18,2	15,0	14,9	14,0
		2					31,2	36,6	16,7	16,3	16,9	15,1	10,7	8,6
		3									5,6	4,0	5,5	9,2
	B	1	38,1	40,1	32,8	44,3	21,3	19,3	14,6	12,3	15,4	11,7	7,4	5,2
		2					19,3	13,6	12,3	9,8	14,7	16,8	11,2	8,7
		3									2,7	5,9	7,4	9,1
Onder	A	1	13,0	11,0	20,4	21,9	0,9	1,6	1,2	4,7	6,0	2,6	8,4	7,7
		2					0,3	0,2	1,5	2,2	10,2	19,4	13,1	16,6
		3									6,7	2,8	6,9	10,9
	B	1	22,0	18,9	17,2	23,3	3,9	4,6	10,0	5,2	2,0	1,4	1,5	2,7
		2					1,7	3,3	5,1	2,8	1,7	2,1	6,1	4,8
		3									1,2	2,7	4,5	5,9
Som	A	1	79,6	100*	90,3	77,6	24,9	33,9	22,3	22,4	24,2	17,7	23,3	21,7
		2					31,5	36,8	18,2	18,5	27,2	34,5	23,8	25,1
		3									12,2	6,8	12,4	20,1
	B	1	60,1	59,0	50,0	67,6	25,2	23,9	24,5	17,5	17,4	13,1	9,0	7,9
		2					20,9	16,9	17,4	12,6	16,3	18,9	17,4	13,5
		3									4,0	8,5	11,9	14,9
Gem	boven		52,3	70,1*	51,4	50,0	24,0	25,5	16,2	14,0	12,3	11,4	9,5	9,1
	onder		17,5	15,0	18,8	22,6	1,7	2,4	4,4	3,7	4,6	5,2	6,8	8,1

* 100 is maximum gesteld en gebruikt bij berekening van gemiddelden.

4 Discussie

In de gangbare praktijk wordt gespoten met 10-15 bar en een afgifte van 2500-3000 l.ha^{-1}. Veelal wordt 12 bar gebruikt (Van der Staaij & Douwes, 1996a, 199b; Tak & van der Knaap, 1997), vervolgens wordt de snelheid aangepast om de juiste hoeveelheid te krijgen. Aangezien de akkerbouw veel lagere spuitvolumes per ha gebruikt is het nuttig een lijn hier naar toe te trekken. Dit is hier gerealiseerd door met lagere werkdrukken te spuiten (2,5, 5, 10 en 15 bar). Van der Staaij & Douwes (1996a, 1996b) concluderen dat het spuiten met 1500 of 3000 l.ha^{-1} weinig effect heeft op de doding van meeldauw en witte-vlieg larven, maar ook gebruik van de hele of halve dosering geeft geen verschil. Dit is een belangrijke conclusie op het moment dat er op concentratie wordt gespoten. In de glastuinbouw wordt meer middel verspoten als meer water wordt verspoten. Bij lagere werkdrukken neemt de gift af naar 1600 en 1000 l.ha^{-1} bij respectievelijk 5 en 2,5 bar. De concentratie van middel moet dan niet gelijktijdig afnemen, maar moet op een bepaalde hoeveelheid per ha worden gehouden. Daarbij dient te worden opgemerkt dat bij het spuiten van 3000 l.ha^{-1} het blad begint te druipen hetgeen tot onverantwoorde emissies leidt (Van der Staaij & Douwes, 1996a).

- **Druppelgroottemetingen**

De Teejet XR8002 doppen, en ook de andere doppen zijn ontworpen voor werkdrukken van 1-5 bar. Toch blijken uniformiteit van afgifte en druppelgrootte ook bij hogere werkdrukken (10-15bar) uniform. De hogere werkdrukken geven echter een fijner spectrum dat gevoeliger is voor emissie naar bijvoorbeeld kasdek en naar buiten. In hoeverre sneller slijtage optreedt kan aan de hand van deze metingen niet worden beoordeeld, maar is wel een punt van zorg. De dopafgifte zal regelmatig moeten worden gecontroleerd. De totale afgifte per dop neemt door drukverhoging tot 15 bar met een factor 3 toe. De vraag is of dat nodig is.

- **Emissie naar de grond**

Als reden van verschil voor de lage emissie van spuitvloeistof naar de grond in fase 3 kan alleen de stand van de doppen worden gegeven. Deze stonden in deze fase allemaal naar boven gericht (45^0), terwijl in fase 2 alleen de onderste dop naar boven stond gericht (30^0) en de volgende vier doppen horizontaal. Ook in fase 1 stond de onderste dop naar boven en de volgende horizontaal, maar de bovenste (van drie doppen) stond naar beneden gericht. In fase 2 was nog geen bladgeplukt, maar in fase 3 wel, dus onder het gewas zou in fase 3 meer ruimte zijn en toch is de emissie minder.

De hogere druk met een fijner druppelspectrum geeft meer emissie naar het spuitpad dan lagere druk. Door de hogere druk blijkt de spuitnevelwolk groter en zich meer te verspreiden naar plaatsen waar dat niet is gewenst. Bovendien wordt er meer direct door het gewas heen gespoten. Tak & van der Knaap (1997) gebruikten bij hun "emissie naar de grond"-proef een Sosef hoogvolume spuitmast (6 doppen naar links en 6 naar rechts, 15° naar boven gericht en 15° axiaal in rijrichting gedraaid, onderste dop op 40cm, hoogste dop op 225cm; Teejet TP 8002VK doppen bij 12bar met een rijsnelheid van 40 m/min, 2750 l/ha). Na het spuiten van alle looppaden bij tomaat vonden Tak & van der Knaap (1997) 33% van de verspoten hoeveelheid

terug op de grond. 80% hiervan kwam in het pad terecht en 20% onder de planten. Optimalisaties bestonden uit het dichtzetten van de onderste dop (23,4% emissie naar de grond; gift 2300 l/ha; 28% onder de planten) en doppen verder omhoog richten (30°) geeft maar 15,4% emissie (45% onder de planten). Geringere werkdruk had geen effect op emissie. In de hier beschreven proeven is de emissie onder de planten 25-50% (fase 3) en 50-80% (fase 2) van de totale emissie. Tak & van der Knaap constateren ook een onder het blad doorspuiten naar het volgende pad. Uit beide proeven blijkt heel duidelijk het effect van de stand van de doppen in relatie tot het aanwezige blad, de grote depositie op de grond en het door het gewas heenspuiten.

- **Doordringing**

Bij de doordringingsproef zijn steeds tot op 7 afstanden (7x 0,8m = 5,6m) collectoren geplaatst en geanalyseerd. De statistische analyse is uitgevoerd t/m 3 afstanden om al te veel nullen te voorkomen. Op vele plekken komt toch een geringe depositie, waarschijnlijk veroorzaakt door de fijne nevel die ontstaat bij, vooral, de hogere werkdrukken.
Opvallend is de hoge opvang op 0,8m (afstand 2) bij 10 en 15 bar. Hier is een piekdepositie, in tegenstelling tot bij de lagere werkdrukken waar dit ook op 0 cm gebeurt. Fase 3 vertoont een veel kleinere depositie op de collectoren net als bij de emissieproef. De grotere LAI en de stand van de doppen spelen hier een consistente rol.

- **Depositie op het blad**

In fase 1 valt het vooral op dat het moeite kost om in rij A de onderkant van het blad te treffen, in rij B (op 0,8m) wordt het gemakkelijker. In fase 2 en 3 wordt dit effect minder. De stand van de doppen speelt hier ook weer een belangrijke rol. De grootste hoogte in de plant kan voornamelijk met hoge druk goed worden bereikt, bij lage druk (2,5 en 5 bar) is een duidelijke afname in depositie aan de bovenkant van het blad. Aan de onderkant van het blad neemt de depositie juist toe. Dit betekent dat bij continu gebruik van 5 of 2,5 bar de spuitboom wat hoger moet zijn. Nu was de gewashoogte in fase 3 2,7m en de spuitboom 2,0m. De depositie op watergevoelig papier geeft voor de B-rij aan dat er voldoende depositie is bij alle drukken aan de bovenzijde van het blad en voldoende aan de onderzijde bij 5, 10 en 15 bar (dosis-effectrelatie zou hier vastgelegd moeten worden). Eventueel kan overwogen worden om niet elk pad, maar om het andere pad te spuiten.
Aangezien in de glastuinbouw op concentratie wordt gespoten, betekent meer liters ook meer middel. Om ongewenste effecten op het milieu en op resistentieontwikkeling te voorkomen kan de werkdruk omlaag naar 5-10 bar om de juiste hoeveelheid vloeistof op het blad te krijgen.
Bij alle werkdrukken komen er collectoren voor met veel en met weinig depositie. De variatie tussen herhalingen is groot. Bij 15 bar bestaat duidelijk de indruk dat van dichtbij tegen een blad aanspuiten tot gevolg heeft dat het blad naar beneden wordt gedrukt en veel schaduw geeft, zowel naar de achterkant van het blad als naar bladeren verder naar achteren in het gewas hangen. Bij 2,5 bar is het vooral de afstand die ervoor zorgt dat een bladgedeelte niet geraakt wordt, waarbij de werkduk niet in staat is het blad weg te blazen. Heen en terug spuiten levert waarschijnlijk al een veel beter resultaat op omdat het beschaduwde blad van twee kanten wordt benaderd, 5 bar moet dan voldoende zijn. Daarnaast blijft met 5 bar de verspoten hoeveelheid beter in tomatenrijen tussen de twee paden, het geeft minder emissie naar volgende paden. Er

wordt wel vanuit gegaan dat in elk pad wordt gespoten. Wordt gekozen voor het om en om spuiten van paden dan zal een werkdruk van 10 bar volstaan.

5 Conclusies en aanbevelingen

Alle statistische analyses en dus ook de onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de absolute getallen ($\mu l.cm^{-2}$) en niet op het percentage van de gift. Door de verschillende afgiften, variërend van ca. 500 t/m 3000 $l.ha^{-1}$, zal analyse op basis van percentage van de gift een verkeerd beeld opleveren.

Doel van het onderzoek was om na te gaan of via verlaging van de werkdruk het spuitresultaat hetzelfde of beter kan zijn, terwijl de depositie op de grond kan worden verminderd. Het antwoord hierop is dat verlaging van de werkdruk geen beter resultaat oplevert, maar ook geen slechter. Verlagen van de werkdruk tot 5 bar biedt perspectieven om de emissie naar de grond te verminderen terwijl toch de depositie op de bladeren goed is. Een spuitdruk van 2,5 bar geeft onvoldoende depositie op het blad, terwijl 10 of 15 bar teveel emissie naar de grond geven en teveel depositie op het blad (afdruipen). Een goede afstelling van de spuitdoppen (hoek waaronder wordt gespoten, dichtzetten van doppen als er geen gewas is) is uiterst belangrijk en waarschijnlijk niet alleen gewas-, maar ook rasafhankelijk. Zowel heen als terugspuiten kan ook zorgen voor meer depositie op de onderkant van het blad, zeker in combinatie met een lagere werkdruk van 5bar.

- **Druppelgroottemetingen**
  - Gebruik van dezelfde spuitdop bij een hogere druk leidt tot een fijner druppelspectrum en een hogere afgifte per dop met meer kans op emissie.
- **Emissie van spuitvloeistof naar de grond**
  - In het pad komt meer potentiële emissie als tussen de planten.
  - In fase 1 en 2 komt gemiddeld 35% van de gift in het spuitpad of op de grond tussen de plantenrijen; in fase 3 slechts 15%. Vooral de stand van de doppen is hier verschillend, er wordt meer naar boven gespoten.
  - Emissie naar het spuitpad is groter bij hogere druk, waarschijnlijk door het fijnere druppelspectrum en het dwars door het gewas heenspuiten.
- **Doordringing**
  - Hoe hoger de spuitdruk hoe verder de doordringing, maar de meeste depositie is op 0-80cm vanaf de spuitboom.
  - Piekwaarden in depositie zijn er op 0,8m vanaf de spuitboom bij vooral 10 en 15 bar.
- **Depositie van spuitvloeistof op het blad**
  - Dichterbij de spuitboom is er meer depositie op het blad.
  - Aan de bovenzijde van het blad is meer depositie dan aan de onderzijde, hoewel verschillen kleiner worden als de afstand tot de spuitboom toeneemt (van rij A naar B) of de hoogte van de plant toeneemt (van planthoogte 1 naar 2 en 3).
  - Hogere werkdruk geeft meer depositie op het blad, vooral aan de onderkant (4x, 7x en 5x zoveel in respectievelijk fase 1, fase 2 en fase 3) en maar weinig meer aan de bovenkant (3x, 2x en 2x zoveel in respectievelijk fase 1, fase 2 en fase 3), waarbij verschillen in rij A weer groter zijn dan in rij B. Aangezien per fase de verschillen groot zijn moet ook de stand van de doppen van grote invloed zijn.

Literatuur

Meerjarenplan Gewasbescherming, 1991. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Den Haag, 298 pp.
Milieujaarverslag Glastuinbouw, 2001. LTO. Den Haag, 36 pp.
Michielsen, J.M.G.P. & H.A.J. Porskamp, 1993. Meetmethodiek voor depositie en emissie bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen, IMAG-DLO nota P 93-75, 24pp.
Staaij, M. van der, M.S. Douwes, 1996a. Optimalisering van de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw (bestrijding echte meeldauw in tomaat). Intern verslag 71, Naaldwijk, 29pp.
Staaij, M. van der, M.S. Douwes, 1996b. Optimalisering van de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw (bestrijding wittevlieglarven in tomaat). Intern verslag 72, Naaldwijk, 41pp.
Tak, F., R. van der Knaap, 1997. Emissie-beperkend spuiten in de glastuinbouw. Rapport 51, deel 1; Proefstation Naaldwijk, 90 pp.
Vernooy, C.J.M., 1998. Daling middelenverbruik, stijging opbrengsten. LEI, interne notitie. Den Haag, 101 pp.

Summary

The aim of the experiments was to investigate if a reduction in spray pressure could improve the spray result, while, simultaneously, emission to the ground could be reduced.
In an experimental greenhouse, growing a tomato crop, the deposition on the leaves, the emission to the ground and the penetration through the crop canopy was investigated at different spray pressures (2.5, 5, 10 and 15 bar). An Empas vertical spray boom with 6x2 Teejet XR8002VK nozzles was used to spray the tomato crop in three stages of respectively 0.75, 2.25 and 2.80 m height. In stage 1 only 6 nozzles were opened to spray 500-1500 $l.ha^{-1}$, in stage 2 and 3 all 12 nozzles were opened to spray 1000-3000 $l.ha^{-1}$. The fluorescent tracer BSF (Brillant Sulfo Flavine) was sprayed and collected on chromatography paper and filter tissue to be analyzed in the laboratory on a Perkin-Elmer fluorimeter. These data were statistically analysed.
Teejet XR8002VK nozzles gave an increasing flow rate of 0.74 to 1.80 $l.min^{-1}$ at an increasing spray pressure from 2.5 to 15 bar. The VMD (Volume Median Diameter) decreased in the same pressure range from 207 to 124 μm.
The emission of spray liquid to the ground was measured in the spraying path and beneath the plants of the rows closest to the spray boom. The highest emission appeared closest to the spraymast, but is highest at higher spray pressures. In stage 1 and 2 of crop growth about 35% of the spray volume emits to the ground, in stage 3 only 15%. The direction of the nozzles (upwards directed with an angle of at least 40^0) appeared to be of great importance here.
Penetration of the spray liquid through the crop was measured at 7 distances of 0.8m from the spraymast. Highest levels were found at 0 and 0.8m from the sprayer, but on most places little to very little amounts could be found.
The deposition of spray liquid on the leaves was measured at two rows (A closest to the sprayer, row B the row behind it) at one, two or three heights depending the stage of the crop. Highest deposition could be found in row A, at the upper side of the leaf and at a higher working pressure. Differences became smaller in the next row and higher in the plant. The impression was that the level of deposition in row B was already sufficient, except for row B in stage 3 at height 3. There, the distance from the highest nozzle to the top the top of the plants was too far, a higher sprayer could solve this problem.
Finally it could be concluded that a decrease in working pressure gave a comparable deposition on the leaves in $\mu l.cm^{-2}$, but a decrease in emission to the ground. A reduction in working pressure to 5 bar offers perspectives to reduce the emission to the ground, while all leaves could be reached. An adequate position of the nozzles is of great importance, but depends not only on the crop but probably also the variety.

Bijlage 1: Afgifte per dop en per hectare

Rijsnelheid van de mast op alle meetdagen: 40 m/min komt overeen met 2.4 km/h

Afgifte van Teejet XR8002

meetdatum	Spuitdruk (bar)	Afgifte (ml/min)	aantal doppen (n)	Gift (l/ha)
7 februari	2,5	529	6	496
	5	867	6	813
	10	1317	6	1235
	15	1636	6	1534
14 maart	2,5	529	12	992
	5	867	12	1626
	10	1317	12	2469
	15	1636	12	3068
31 mei	2,5	529	12	992
	5	867	12	1626
	10	1317	12	2469
	15	1636	12	3068

Bijlage 2: Emissie naar de grond

(µl.cm^{-2} op filterdoek)

herhaling	druk [bar]	plaats	Fase 1				Fase 2				Fase 3			
			Monster (µl cm^{-2})			gem	Monster (µl cm^{-2})			gem	Monster (µl cm^{-2})			gem
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
1	2,5	onder de plant	1,17	1,21	1,53	1,30	2,04	1,90	2,91	2,28	0,80	1,03	0,85	0,89
		in het pad	0,62	0,66	0,65	0,64	0,52	0,74	0,56	0,61	1,36	0,56	1,26	1,06
	5	onder de plant	1,79	1,27	0,96	1,34	2,86	4,13	3,60	3,53	1,65	0,82	1,85	1,44
		in het pad	0,89	1,35	1,16	1,13	1,27	1,66	1,44	1,45	0,64	1,38	0,96	1,00
	10	onder de plant	2,11	1,58	1,37	1,69	3,65	3,73	3,50	3,63	1,05	1,15	1,13	1,11
		in het pad	4,09	4,32	3,96	4,12	5,57	4,97	5,39	5,31	1,14	1,60	1,28	1,34
	15	onder de plant	2,31	1,33	2,20	1,95	4,38	4,12	4,59	4,36	1,17	0,89	0,90	0,99
		in het pad	2,25	3,14	2,20	2,53	5,68	5,54	5,34	5,52	2,94	2,43	2,76	2,71
2	2,5	onder de plant	1,20	1,39	0,89	1,16	2,94	2,31	2,95	2,73	1,11	1,31	0,75	1,05
		in het pad	0,39	0,39	0,37	0,39	0,77	0,68	0,95	0,80	1,84	1,38	0,92	1,38
	5	onder de plant	0,89	1,12	1,23	1,08	4,38	4,83	4,39	4,53	0,94	1,31	0,97	1,07
		in het pad	1,62	2,70	1,97	2,10	1,43	1,42	1,69	1,51	0,80	2,26	0,89	1,32
	10	onder de plant	1,57	1,86	2,35	1,92	3,26	3,32	3,10	3,23	1,11	0,97	1,30	1,13
		in het pad	3,73	3,81	3,76	3,77	4,91	5,28	5,20	5,13	1,13	1,32	1,01	1,15
	15*	onder de plant	1,38	2,25	1,77	1,80	4,85	3,60	4,19	4,21	0,95	1,73	0,82	1,17
		in het pad	2,85	2,22	2,77	2,61	5,50	6,11	5,64	5,75	3,42	3,23	2,77	3,14
3	2,5	onder de plant	0,77	0,83	0,98	0,86	4,12	3,33	3,63	3,70	1,09	1,14	2,50	1,57
		in het pad	0,42	0,34	0,25	0,34	0,57	0,56	0,55	0,56	1,22	1,69	1,04	1,31
	5	onder de plant	1,14	1,38	1,43	1,32	4,31	3,68	4,37	4,12	1,13	0,81	2,07	1,34
		in het pad	1,75	1,53	2,35	1,88	1,40	1,66	1,91	1,66	1,78	0,81	2,12	1,57
	10	onder de plant	1,71	1,66	1,66	1,68	2,99	2,78	3,02	2,93	1,54	1,55	1,28	1,46
		in het pad	2,13	3,84	3,20	3,06	4,56	6,49	6,79	5,95	1,31	1,69	1,62	1,54
	15	onder de plant	1,75	1,99	1,37	1,70	4,09	4,96	3,06	4,04	1,25	1,07	1,01	1,11
		in het pad	2,78	3,57	2,81	3,05	6,21	6,88	6,94	6,67	3,42	2,34	2,21	2,65

* oorspronkelijke herhaling 2 in fase 1 vervangen door herhaling 4; was mislukt vanwege niet correct gebruikte druk.

		Fase 1	Fase 2	Fase 3
IJkfactor		5,092	4,75	4,75
Oppervlakte (cm^2)		800	800	800
Volume (l)		0,75	0,75	0,75
Concentratie	herhaling 1 & 2	0,284		
	herhaling 3 & 4	0,271		
	herhaling 1		0,270	0,303
	herhaling 2		0,315	0,240
	herhaling 3		0,292	0,241

Bijlage 3: Doordringing door het gewas

Afstand tot spuitrij	doordringing tussen de plantrijen (µl.cm^{-2})											
	herhaling 1				herhaling 2				herhaling 3			
	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15	2,5	5	10	15
fase 1												
1	1,67	1,42	1,85	1,37	1,37	1,13	0,90	2,00	0,95	0,92	1,31	1,77
2	0,21	1,00	1,68	2,93	0,21	0,45	2,44	1,72	0,21	0,68	3,12	1,35
3	0,02	0,07	0,23	0,35	0,04	0,04	0,22	0,76	0,11	0,10	0,14	0,67
4	0,02	0,01	0,03	0,13	0,08	0,10	0,08	0,31	0,10	0,07	0,05	0,13
5	0,01	0,02	0,03	0,03	0,07	0,04	0,09	0,17	0,13	0,10	0,07	0,15
6	0,02	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,07	0,14	0,05	0,06	0,10
7	0,02	0,01	0,03	0,05	0,04	0,07	0,08	0,12	0,16	0,06	0,05	0,16
fase 2												
1	1,27	1,56	1,19	1,70	0,90	1,09	1,04	0,71	0,40	0,50	0,45	0,10
2	0,19	0,45	2,40	1,60	0,74	1,47	2,03	1,62	1,38	1,56	1,51	1,21
3	0,04	0,10	0,20	1,18	0,22	0,45	2,31	1,29	0,43	0,83	1,61	1,83
4	0,02	0,16	0,02	0,12	0,18	0,09	0,43	0,26	0,39	0,22	0,39	0,44
5	0,05	0,14	0,03	0,16	0,16	0,09	0,10	0,21	0,10	0,14	0,11	0,15
6	0,04	0,12	0,04	0,06						0,15		
7	0,05	0,06	0,51	0,27								
fase 3	0,15	0,44	0,68	0,99	0,87	0,93	0,90	0,31	0,43	0,27	1,32	0,66
1	0,02	0,02	0,38	0,96	0,09	0,06	0,88	0,68	0,02	0,48	0,02	1,45
2	<0,02	0,00	0,05	0,07	0,11	0,09	0,28	0,16	<0,01	0,29	0,04	0,10
3	<0,01	<0,02	0,00	0,07	0,02	<0,02	0,03	0,01	0,09	0,01	0,05	0,10
4	0,05	0,01	0,09	0,19	0,37	0,04	0,29	0,05	<0,03	0,11	0,31	0,06
5		0,00	0,00	0,02			0,05	0,03			0,01	0,09
6		0,20	0,02	0,08			0,13	0,03			0,03	<0,01
7												

Bijlage 4: Depositie op het blad

In µl. cm^{-2}

Fase 1

herhaling	druk [bar]	Plant plaats	blad zijde	monster (µl cm^{-2})				gem
				1	2	3	4	
1	2,5	A*	boven	0,37	5,68	4,63	5,92	4,15
			onder	3,20	0,37	0,10	0,10	0,95
		B*	boven	1,74	3,42	1,55	4,44	2,79
			onder	1,19	0,56	0,85	0,85	0,87
	5	A	boven	9,83	13,64	5,86	5,82	8,79
			onder	0,60	0,48	1,06	0,25	0,60
		B	boven	6,69	3,31	3,38	1,45	3,70
			onder	0,88	3,13	0,12	0,30	1,11
	10	A	boven	9,69	8,42	13,67	6,17	9,49
			onder	0,98	2,82	2,93	4,58	2,83
		B	boven	4,96	7,39	2,58	2,78	4,43
			onder	1,48	1,27	0,51	1,11	1,09
	15	A	boven	8,44	6,01	13,17	16,84	11,12
			onder	2,23	1,88	4,33	4,26	3,17
		B	boven	5,98	12,51	5,60	2,47	6,64
			onder	4,07	3,78	3,10	6,35	4,33
2	2,5	A	boven	0,94	1,04	0,11	5,36	1,86
			onder	0,34	0,30	2,07	0,09	0,70
		B	boven	1,00	1,40	1,68	1,28	1,34
			onder	0,22	2,29	1,28	1,63	1,36
	5	A	boven	1,75	0,52	15,68	13,98	7,98
			onder	1,64	3,34	0,40	0,40	1,44
		B	boven	2,78	3,59	3,21	2,70	3,07
			onder	1,03	1,97	3,13	1,44	1,89
	10	A	boven	9,86	7,40	12,17	5,85	8,82
			onder	1,42	0,51	2,77	1,93	1,66
		B	boven	2,38	6,33	2,75	6,26	4,43
			onder	2,59	4,26	2,18	4,71	3,43
	15	A	boven	7,29	7,71	14,69	8,17	9,47
			onder	0,91	1,64	10,16	1,21	3,48
		B	boven	8,19	9,79	13,84	8,46	10,07
			onder	2,66	0,40	1,05	3,29	1,85
3	2,5	A	boven	5,67	4,17	3,19	2,55	3,90
			onder	0,48	0,23	0,17	0,27	0,29
		B	boven	2,03	1,15	1,69	1,27	1,53
			onder	2,20	0,15	1,03	0,83	1,05
	5	A	boven	8,72	8,64	8,74	10,85	9,24
			onder	0,34	0,44	0,37	1,46	0,65
		B	boven	4,72	3,43	0,78	3,11	3,01
			onder	2,01	3,11	0,54	0,75	1,60
	10	A	boven	1,21	6,83	14,83	7,42	7,57
			onder	3,55	7,68	0,83	0,30	3,09
		B	boven	1,51	4,79	3,26	3,66	3,31
			onder	2,22	1,24	1,79	2,09	1,83
	15	A	boven	4,36	0,34	3,22	11,60	4,88

herhaling	druk [bar]	Plant plaats	blad zijde	monster (µl cm^{-2})				
				1	2	3	4	gem
			onder	2,49	5,81	5,25	2,31	3,97
		B	boven	6,82	8,45	8,98	8,34	8,15
			onder	3,37	5,89	1,69	1,09	3,01
4	15	A	boven	22,98	5,72	2,69	7,07	9,61
			onder	5,41	1,78	3,17	1,42	2,94
		B	boven	9,95	5,97	0,88	5,64	5,61
			onder	2,90	3,28	5,11	2,24	3,38

* zie figuur 2. A is gelegen in de eerste plantrij, het dichtst bij de spuitdop. B is de plaats verder van de spuitdop gelegen, in de tweede plantrij

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 2

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte in plant	monster (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
1	2,5	boven	A*	1	4,72	1,33	2,56	0,45	2,01
				2	1,89	1,35	4,11	4,49	2,77
			B*	1	2,10	2,16	1,61	2,02	1,78
				2	1,74	2,31	2,44	0,37	1,77
		onder	A	1	0,10	0,23	0,25	0,21	0,36
				2	<0,04	0,01	<0,04	<0,05	0,38
			B	1	0,14	0,18	0,54	0,24	0,42
				2	0,14	0,07	<0,01	0,26	0,49
	5	boven	A	1	9,46	1,52	0,44	4,45	3,37
				2	3,23	4,63	6,54	5,29	4,34
			B	1	2,24	1,84	3,25	2,85	2,24
				2	2,45	0,93	2,28	3,00	2,13
		onder	A	1	0,09	1,04	0,58	0,13	0,57
				2	<0,02	<0,03	<0,01	0,00	0,39
			B	1	0,72	0,94	1,20	0,78	0,93
				2	0,19	0,13	0,11	1,09	0,70
	10	boven	A	1	4,55	3,84	5,74	3,43	3,71
				2	3,39	1,48	1,22	7,26	3,07
			B	1	1,30	5,54	1,89	10,45	4,03
				2	1,21	2,15	1,58	4,83	2,35
		onder	A	1	0,14	0,90	0,59	0,00	0,53
				2	0,17	0,15	0,67	0,06	0,61
			B	1	4,12	4,54	4,20	2,22	3,22
				2	3,00	2,39	0,97	1,62	2,00
	15	boven	A	1	1,44	4,60	9,03	3,68	3,95
				2	4,25	4,73	4,59	0,81	3,28
			B	1	3,73	3,34	4,06	6,42	3,71
				2	2,78	2,58	3,32	1,80	2,50
		onder	A	1	7,73	0,31	0,20	0,97	2,04
				2	0,97	0,14	0,48	0,03	0,73
			B	1	3,39	1,23	4,93	1,18	2,35
				2	0,07	1,87	1,32	0,15	1,08

* zie figuur 2. A is gelegen in de eerste plantrij, het dichtst bij de spuitdop. B is de plaats verder van de spuitdop gelegen, in de tweede plantrij

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 2

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte in plant	monster (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
2	2,5	boven	A*	1	1,03	3,47	0,98	4,45	2,19
				2	4,35	4,22	6,22	2,60	3,88
			B*	1	2,18	2,94	2,58	3,24	2,39
				2	3,53	0,93	1,63	2,80	2,18
		onder	A	1	0,13	0,06	0,11	0,01	0,26
				2	0,08	<0,02	<0,05	<0,05	0,39
			B	1	0,11	0,44	0,73	0,43	0,54
				2	0,00	0,31	0,07	0,01	0,48
	5	boven	A	1	5,98	9,28	9,28	3,74	5,85
				2	6,80	7,55	8,29	1,74	5,28
			B	1	1,69	3,14	4,11	1,91	2,37
				2	0,43	1,33	2,50	2,63	1,78
		onder	A	1	0,17	0,15	0,18	0,01	0,30
				2	0,09	0,15	0,09	0,03	0,47
			B	1	0,73	0,59	0,23	1,17	0,74
				2	1,50	1,41	0,66	0,26	1,16
	10	boven	A	1	5,47	3,90	4,96	9,28	4,92
				2	5,78	5,74	5,36	2,52	4,28
			B	1	1,83	2,40	2,84	1,92	2,00
				2	3,65	2,27	4,80	4,98	3,54
		onder	A	1	0,14	0,40	0,55	0,24	0,47
				2	0,20	1,53	1,00	0,14	0,97
			B	1	1,96	2,54	2,02	1,55	1,81
				2	0,28	1,23	0,18	1,88	1,11
	15	boven	A	1	4,59	5,62	4,18	1,95	3,47
				2	4,46	6,17	3,02	9,28	4,99
			B	1	3,19	2,52	2,56	7,71	3,40
				2	2,26	2,15	3,05	2,52	2,40
		onder	A	1	0,10	0,28	1,45	2,45	1,06
				2	0,33	0,55	0,47	0,44	0,76
			B	1	0,92	0,32	0,62	0,40	0,65
				2	0,47	1,24	0,41	0,27	0,88

* zie figuur 2. A is gelegen in de eerste plantrij, het dichtst bij de spuitdop. B is de plaats verder van de spuitdop gelegen, in de tweede plantrij

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 2

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	Hoogte in plant	monster (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
3	2,5	boven	A*	1	0,30	2,89	1,59	4,89	2,13
				2	0,73	3,66	3,45	0,07	1,98
			B*	1	0,82	1,48	2,76	1,45	1,50
				2	1,63	3,06	0,77	1,72	1,84
		onder	A	1	<0,04	<0,02	0,05	<0,04	0,19
				2	0,43	<0,04	0,13	<0,05	0,49
			B	1	0,97	0,16	0,40	0,35	0,58
				2	0,05	0,45	0,23	0,37	0,62
	5	boven	A	1	6,01	5,18	2,00	5,77	3,99
				2	7,39	6,66	8,44	4,82	5,86
			B	1	3,86	5,03	3,89	3,77	3,51
				2	2,98	2,49	2,12	3,40	2,60
		onder	A	1	0,00	0,03	0,12	0,53	0,34
				2	<0,05	<0,06	<0,01	0,14	0,41
			B	1	0,53	1,63	0,27	0,24	0,73
				2	0,30	0,33	0,33	0,09	0,61
	10	boven	A	1	8,07	6,20	3,53	3,70	4,50
				2	0,29	7,88	3,77	4,71	3,73
			B	1	4,78	0,95	5,21	4,04	3,20
				2	2,94	3,20	3,06	1,88	2,62
		onder	A	1	0,15	0,08	0,10	0,24	0,31
				2	0,03	<0,01	0,14	0,44	0,52
			B	1	1,12	3,70	0,82	0,79	1,48
				2	0,10	1,47	0,07	1,87	1,10
	15	boven	A	1	10,03	7,84	10,03	2,24	6,23
				2	10,03	3,44	5,12	4,04	4,93
			B	1	2,91	3,06	4,10	1,79	2,57
				2	5,80	4,83	3,80	1,32	3,55
		onder	A	1	0,29	0,22	0,42	2,97	0,98
				2	0,20	1,51	2,17	0,69	1,31
			B	1	1,49	3,14	0,87	0,51	1,40
				2	2,90	0,47	0,10	1,05	1,31

* zie figuur 2. A is gelegen in de eerste plantrij, het dichtst bij de spuitdop. B is de plaats verder van de spuitdop gelegen, in de tweede plantrij

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 3

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte	monsters (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
1	2,5	boven	A*	1	0,53	0,32	5,60	1,41	1,97
				2	0,67	0,66	0,30	1,09	0,68
				3	0,21	0,15	0,04	0,07	0,12
			B*	1	1,93	2,31	0,57	1,75	1,64
				2	0,98	2,08	1,13	1,16	1,34
				3	0,10	0,08	0,11	0,09	0,09
		onder	A	1	0,58	1,01	0,12	0,65	0,59
				2	1,00	0,72	1,26	2,27	1,31
				3	0,26	0,36	0,11	0,01	0,19
			B	1	0,09	0,08	0,11	0,20	0,12
				2	0,05	0,15	0,10	<0,01	0,07
				3	<0,01	0,41	0,03	0,03	0,11
	5	boven	A	1	1,55	2,57	1,80	1,03	1,74
				2	1,42	1,26	1,04	2,60	1,58
				3	1,12	0,84	1,00	0,93	0,97
			B	1	2,01	2,92	0,83	1,84	1,90
				2	1,68	4,79	3,56	2,73	3,19
				3	1,57	1,21	0,94	0,87	1,15
		onder	A	1	1,16	<0,02	0,54	0,07	0,44
				2	4,45	1,44	3,94	2,01	2,96
				3	0,27	0,22	0,42	0,20	0,28
			B	1	0,03	0,85	0,67	0,21	0,44
				2	0,84	0,05	0,35	0,21	0,36
				3	0,52	0,26	0,12	0,10	0,25
	10	boven	A	1	4,58	2,68	0,46	4,92	3,16
				2	1,10	4,07	1,91	6,51	3,40
				3	1,12	1,71	0,44	0,77	1,01
			B	1	1,80	2,37	2,05	1,87	2,02
				2	4,36	1,81	1,55	4,21	2,98
				3	1,79	1,98	1,07	0,82	1,41
		onder	A	1	6,20	0,44	7,05	0,39	3,52
				2	3,40	6,88	3,60	0,62	3,62
				3	1,57	0,40	1,34	1,27	1,15
			B	1	0,66	0,07	0,10	0,35	0,29
				2	6,01	1,92	1,13	1,79	2,71
				3	0,70	0,31	0,88	1,42	0,83

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 3

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte	monsters (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
	15	boven	A	1	5,57	2,30	1,40	11,41	5,17
				2	13,56	1,33	0,48	2,44	4,45
				3	3,07	1,73	1,79	5,83	3,10
			B	1	1,61	1,39	1,11	1,17	1,32
				2	1,32	4,01	1,06	3,23	2,41
				3	3,01	2,48	4,59	3,12	3,30
		onder	A	1	0,05	1,25	6,82	1,30	2,36
				2	0,15	9,31	8,44	5,60	5,87
				3	3,00	3,73	4,29	0,76	2,94
			B	1	0,38	0,76	0,57	0,08	0,45
				2	1,46	0,66	0,68	1,17	0,99
				3	3,29	0,85	2,61	1,35	2,02
2	2,5	boven	A	1	1,44	2,54	2,22	2,01	2,05
				2	2,06	3,05	2,49	1,06	2,16
				3	0,24	0,66	0,99	0,74	0,66
			B	1	1,40	0,55	1,27	0,96	1,05
				2	0,71	1,26	1,93	0,98	1,22
				3	0,11	0,10	0,25	0,24	0,17
		onder	A	1	1,22	0,12	0,73	0,17	0,56
				2	0,14	0,65	1,22	0,96	0,74
				3	1,28	0,67	0,27	1,55	0,94
			B	1	0,07	0,53	0,19	0,14	0,23
				2	0,13	0,30	0,12	0,07	0,16
				3	0,28	0,07	0,09	0,11	0,13
	5	boven	A	1	2,07	1,23	3,02	0,79	1,78
				2	2,49	5,15	3,04	0,81	2,87
				3	0,89	0,78	0,25	0,24	0,54
			B	1	0,88	2,61	2,52	1,81	1,96
				2	2,82	2,35	3,30	2,72	2,80
				3	0,45	0,77	0,65	1,40	0,82
		onder	A	1	0,10	0,21	0,24	0,50	0,26
				2	0,14	0,05	1,83	11,06	3,27
				3	0,44	0,11	0,32	0,46	0,33
			B	1	0,08	0,08	0,20	0,13	0,12
				2	0,13	0,36	0,08	0,42	0,25
				3	1,77	0,40	0,26	0,27	0,67

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 3

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte	monsters (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
	10	boven	A	1	3,04	0,84	0,54	8,77	3,30
				2	5,17	0,44	0,76	3,91	2,57
				3	1,24	0,60	0,33	0,71	0,72
			B	1	1,89	1,10	2,05	1,80	1,71
				2	3,80	2,54	2,59	3,27	3,05
				3	1,67	3,04	1,48	1,63	1,96
		onder	A	1	0,47	6,37	1,59	0,18	2,15
				2	0,18	5,67	1,51	3,23	2,65
				3	1,65	0,70	2,43	0,41	1,30
			B	1	0,02	0,71	0,84	0,53	0,53
				2	0,71	1,83	0,23	0,58	0,84
				3	2,45	1,84	1,84	0,92	1,76
	15	boven	A	1	3,40	2,65	3,87	2,61	3,13
				2	1,24	1,72	0,58	1,42	1,24
				3	6,97	4,68	1,30	1,93	3,72
			B	1	1,02	0,83	2,54	2,42	1,70
				2	5,36	2,92	2,42	2,15	3,21
				3	2,91	2,58	1,90	2,62	2,50
		onder	A	1	8,60	0,51	0,15	0,76	2,50
				2	4,37	5,91	7,68	5,33	5,82
				3	0,46	0,34	3,26	5,57	2,41
			B	1	1,03	0,48	0,11	0,18	0,45
				2	0,58	1,83	0,46	0,78	0,91
				3	1,89	5,85	1,06	2,34	2,78
3	2.5	boven	A	1	2,68	1,18	0,58	1,20	1,41
				2	2,51	0,96	2,56	2,73	2,19
				3	1,24	0,67	0,79	0,85	0,89
			B	1	2,17	2,18	2,41	0,83	1,90
				2	1,68	2,27	1,83	1,44	1,81
				3	0,54	0,47	0,61	0,56	0,55
		onder	A	1	0,61	0,54	1,38	<0,01	0,63
				2	0,18	0,85	2,11	0,81	0,99
				3	0,19	0,28	1,91	1,05	0,86
			B	1	0,01	0,52	0,18	0,30	0,25
				2	0,30	0,15	0,49	0,12	0,26
				3	0,11	0,09	0,10	0,19	0,12

Vervolg bijlage 4: Depositie op het blad (µl cm^{-2})

Fase 3

herhaling	druk [bar]	blad zijde	plant plaats	hoogte	Monsters (µl cm^{-2})				
					1	2	3	4	gem
	5	boven	A	1	3,19	5,70	4,40	1,97	3,82
				2	1,47	3,22	1,23	5,73	2,91
				3	0,39	0,46	0,35	0,47	0,42
			B	1	2,01	2,65	1,05	1,64	1,84
				2	1,53	2,68	2,69	1,88	2,20
				3	0,96	1,17	0,93	0,52	0,90
		onder	A	1	0,33	0,28	1,43	0,27	0,58
				2	11,64	0,13	1,16	0,04	3,24
				3	0,96	1,53	0,27	0,34	0,77
			B	1	0,02	0,02	0,08	0,43	0,14
				2	0,27	0,95	0,33	0,12	0,42
				3	0,30	0,34	0,34	0,55	0,38
	10	boven	A	1	3,10	3,61	1,15	10,46	4,58
				2	1,18	3,03	3,07	0,68	1,99
				3	1,55	2,98	2,12	2,72	2,34
			B	1	1,17	2,03	1,79	2,01	1,75
				2	1,97	2,38	2,71	2,10	2,29
				3	1,56	1,75	2,72	2,56	2,15
		onder	A	1	1,11	0,12	0,43	0,55	0,55
				2	3,25	1,36	4,06	5,09	3,44
				3	4,27	0,28	1,38	4,84	2,69
			B	1	0,24	0,44	0,06	0,57	0,33
				2	0,28	1,76	0,98	0,98	1,00
				3	0,75	0,52	0,72	0,89	0,72
	15	boven	A	1	1,63	10,82	0,60	5,24	4,57
				2	2,15	2,62	2,36	1,62	2,19
				3	0,78	2,03	1,95	1,63	1,60
			B	1	2,12	1,63	1,85	1,55	1,79
				2	2,77	1,76	2,47	2,41	2,35
				3	2,46	2,62	2,44	2,60	2,53
		onder	A	1	1,75	0,45	6,11	0,55	2,21
				2	3,45	2,96	1,65	6,13	3,55
				3	8,02	5,62	2,14	3,06	4,71
			B	1	0,06	5,45	0,10	0,69	1,58
				2	3,22	3,58	1,51	1,86	2,54
				3	0,55	0,39	0,44	0,97	0,59

* zie figuur 2. A is gelegen in de eerste plantrij, het dichtst bij de spuitdop. B is de plaats verder van de spuitdop gelegen, in de tweede plantrij.