



MEDEDELING ILVO NR 93

Effect van dootype, -configuratie en spuitrichting op
indringing, depositie en bedekkingsgraad in klimop (*Hedera
algeriensis* 'Montgomery') bij een horizontale spuitboom



Dieter Foqué

Olav Van Malderen

David Nuyttens

Mei 2011



MEDEDELING ILVO NR 93

Effect van doptype, –configuratie en spuitrichting op
indringing, depositie en bedekkingsgraad in klimop (*Hedera
algeriensis* ‘Montgomery’) bij een horizontale spuitboom

Dieter Foqué
Olav Van Malderen
David Nuyttens

Mei 2011

**Eenheid Technologie & Voeding
Agrotechniek**

Burg. Van Gansberghelaan 115, bus 1
B-9820 Merelbeke
tel. 09 272 28 00 – fax 09 272 28 01
T&V115@ilvo.vlaanderen.be

Contact:

Lic. Dieter FOQUÉ, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek ILVO
Eenheid Technologie & Voeding - Agrotechniek
Burg. Van Gansberghelaan 115, bus 1
B-9820 Merelbeke
Tel. +32 9 272 28 22
dieter.fogue@ilvo.vlaanderen.be

Dr. Ir. David Nuyttens, Wetenschappelijk onderzoeker
Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek ILVO
Eenheid Technologie & Voeding - Agrotechniek
Burg. Van Gansberghelaan 115, bus 1
B-9820 Merelbeke
Tel. +32 9 272 27 82
david.nuyttens@ilvo.vlaanderen.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:

<http://www.ilvo.vlaanderen.be>

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door het ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen het ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal het ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

INHOUD

Voor- & dankwoord.....	7
1. Doel.....	8
2. Materiaal en Methode.....	9
2.1. Sduitapparaat.....	9
2.2. Sduitparameters	10
1. Sduitvolume.....	10
2. Sduitboomconfiguratie.....	10
3. Doptype en –configuratie.....	10
2.3. Voorafgaande testen	12
1. Debiet van de doptypes	12
2. Verdeling onder de spuitboom	12
3. PDPA-laser: druppelgroottes en –snelheden spuitnevels	12
2.4. Depositie en indringing (Chelaten en filterpapiertjes)	13
2.5. Bedekking en indringing (WGP)	15
2.6. Proefopstelling & -uitvoer	16
1. Proefopzet gewas	16
2. Klimaatomstandigheden	18
3. Uitvoering bespuiting	18
2.7. Geweskaracteristieken: LAI & Gewasarchitectuur	19
1. LAI(Leaf area index).....	19
2. ELADP (Ellipsoidal Leaf Angle Distribution Parameter)	19
3. BLADHOEK.....	20
4. Hoogte verschillende bladeren.....	20
2.8. Statistische verwerking.....	20
3. Resultaten & Bespreking	21
3.1. Voorafgaande testen	21
1. Debiet van de doptypes	21
2. Hoogte spuitboom.....	21
3. PDPA-laser: druppelgroottes en –snelheid spuitnevels.....	22
3.2. Klimatologische omstandigheden tijdens de depositietest.....	25
3.3. Werkelijke spuitparameters.....	25
3.4. Depositietesten.....	27
1. Plantcollectoren.....	27
2. Off-target posities	30
3.5. Bedekkingsgraad	32
1. Vergelijking van de resultaten van de beeldverwerkingstools	32
2. Bedekkingsgraad van de gewascollectoren gepositioneerd op verschillende hoogtes....	33
3.6. Variatiecoëfficiënt (CV) als maat voor de homogeniteit	35
3.7. Koppeling van spuitgegevens aan depositieresultaten	37
1. De invloed van spuitdruk en druppel eigenschappen.....	38
2. De invloed van de spuithoek	40
3.8. Karakteristieken van Klimop in gewasverband	41

1.	<i>LAI</i>	41
2.	<i>ELADP & Bladhoek</i>	45
3.	<i>Lengteklasse en plaatsing collectoren</i>	45
4.	Conclusies	48
	Literatuurlijst	49



VOOR- & DANKWOORD

De experimenten beschreven in deze ILVO mededeling werden uitgevoerd in het kader van het IWT-Landbouwonderzoeksproject “Optimalisatie van de spuitapparatuur en – techniek in sierteeltgewassen” (IWT-050673). Dit project liep van 2006 tot begin 2011. Het eindrapport, waarin een overzicht van de resultaten van dit project wordt gegeven, is vrij te raadplegen via de site van het ILVO (http://www.ilvo.vlaanderen.be/Portals/0/Documents/Nieuwsgolf/NGApr11/eindverslag_ST_17.pdf). Deze publicatie is één van de vele bijlagen van dit eindrapport. Omwille van het belang voor de sector, werd echter gekozen om deze bijlage opnieuw uit te brengen, als een onafhankelijke mededeling.

7

We maken dan ook graag van deze gelegenheid gebruik om enkele mensen nog eens in de bloemetjes te zetten:

Eerst en vooral de Dhr. Ferdi Soors en Dhr. Freddy Van Wassenhove, voor het toekennen van de financiële steun voor dit project, maar daarnaast ook om tijd vrij te maken voor het bijwonen van de gebruikersgroepen van het project, hun input en het goedkeuren van de vele wijzigingen die tijdens de projectuitvoer plaats vonden.

De leden van de gebruikersgroep — Andy Van den Broeck, Bart Boeraeve, Bart Van De Walle, Bert Walcarius, Carlos Praet, Carlos Verhelst, Danny Van Wonterghem, Dirk Lootens, Ernest Van Vaerenbergh, Etienne Elpers, Ferdi Soors, Fran Delbeke, Francis Volckaert, Frank De Mol, Frans Goossens, Gaby Deconinck, Geert Vandesteene, Goderick Meuninck, Griet Grillaert, Guido Van Hulle, Guy Van Rysseghem, Guy Van Hautem, Jan Coussement, Jan Roesems, Joris Volckaert, Jurgen Gheeraert, Karel Van Uytsel, Katrien Rijckaert, Katrijn Deroose, Koen Peeters, Kris Flore, Lieven De Backer, Luc Van Den Berghe, Marc Bertier, Marc Vissers, Pascal Braekman, Pierre Demianoff, Pierre Van Nuffel, Piet Mertens, Piet Ravelingien, Prof. Dr. ir. Marie-Christine Van Labeke, Raf Moeyersoons, René Denis, Robert Verscheuren, Stefaan Coucke, Stefan Verdonck, Steven Dewulf, Wilfried Vandeputte, Willy De Geest, Willy De Nolf, Yves Naessens, Liesbet Blindeman, Filip Rys, Joachim Audenaert, Lieve Herman, Jürgen Vangeyte — mogen in dit dankwoord niet ontbreken. We danken hen voor de realisatie van de 7,5% cofinanciering, het bijwonen van de gebruikerscommissies en hun input in het project.

Verder mag ook onze projectpartner niet vergeten worden: Het ProefCentrum voor Sierteelt (PCS). Ruth, Bart, Joachim en Marc: het was soms hard werken, maar het resultaat mag er best zijn. Hopelijk kunnen we nogmaals een dergelijke samenwerking op touw zetten! Bedankt voor alle Hulp!

Tot slot, maar zeker niet minder van harte, willen we het hele techniekersteam van onze site bedanken voor de vele inspanningen en de input die zij leverden bij de realisatie van het project. Hierbij verdienen Bart Eloot, Olav van Malderen en Freddy Van De Cauter als voornaamste betrokkenen echter een speciaal woordje van dank. Merci mannen, echt merci!!!

Dieter Foqué

1. DOEL

- Nagaan wat het effect is van het doptype en de dopconfiguratie op de indringing en depositie van de spuitvloeistof op klimop potplanten (*Hedera algeriensis* *Montgomery*). Hierbij werden de bespuitingen uitgevoerd met een horizontale spuitboom op teelttafels.
- Opmeten van verschillende gewassenmerken (L.A.I., gewasarchitectuur) om:
 - indringings- en depositieresultaten te linken met gewaseigenschappen.
 - de resultaten van de laboproeven te kunnen vergelijken met de resultaten van andere bespuitingen die binnen dit project worden uitgevoerd met een horizontale spuitboom (bio-efficiëntieproeven, telerproeven).
- Doptypes te selecteren om mee te nemen in de verdere testen die met de horizontale benadering zullen worden uitgevoerd in het spuitlabo

2. MATERIAAL EN METHODE

2.1. SPUITAPPARATUUR

De bespuitingen werden uitgevoerd met een horizontale spuitboom die in de hoogte verstelbaar is. Deze opstelling (spuitbaan) wordt voortbewogen over een aluminium rail met behulp van 2 tractieriemen. De voortbeweging wordt gegenereerd door middel van een elektromotor met frequentieregeling.

Op basis van metingen over een vaste afstand van 5 m (eerste herhaling: 6 m) werd de relatie tussen frequentie en rijnsnelheid opgesteld. Op basis van deze relatie kon de gewenste rijnsnelheid zeer nauwkeurig ingesteld worden. Daarnaast werden tijdens het experiment de rijnsnelheid en spuitdruk opgemeten zodat het werkelijke spuitvolume berekend kon worden.



Figuur 1 Foto's automatische spuitboom ILVO spuitlabo

De horizontale spuitboom heeft een lengte van 1,5 m en laat toe doppen te testen met een tussendopafstand van 12,5; 25; 37,5 en 50 cm. Gezien de beperkte lengte van de spuitboom, wordt deze gevoed langs één zijde van de spuitboom. Op de spuitboom, bevindt zich een manometer. Deze laat toe de druk van de spuitvloeistof aan de doppen nauwkeurig af te stellen. De manier waarop de spuitboom aan de opstelling is bevestigd, laat toe de spuihoek van de doppen te wijzigen. Hierbij krijgen bijvoorbeeld verticaal naar beneden gerichte doppen het achtervoegsel 0° (bv ID 90 02 90°), 30° voorwaarts gerichte doppen het achtervoegsel 30° (bv ID 90 02 30°).

De spuitboom wordt gevoed via een flexibele spuitleiding (3/8") op een veeraangedreven slanghaspel, aangesloten op een Delvano spuitvat (200 l) met zuigermembraampomp (pompgroep AR813, 81l/min-50bar), drukregelaar en manometer (VDR50).

Figuur 1 toont enkele foto's van de automatische spuitboom uit het Labo Spuittechniek (ILVO).

2.2. SPUITPARAMETERS

1. Spuitvolume

Uit een enquête van het PCS (Vissers, 2005) bleek destijds dat er een grote variatie bestaat in de toepassingsvolumes in de sierteelt (van 600 tot 3000 l/ha). Uit een bevraging van de aangesloten telers binnen dit project werd volgende range van gebruikte spuitvolumes naar voor gebracht: 450 tot 6650 l/ha.

De fytofarmaceutische industrie hanteert vaak een spuitvolume van 1000 l/ha (beteelde oppervlakte!) bij 'erkenningsexperimenten'. Hierdoor schuiven producenten van fytoproducten veelal 1000 l/ha naar voor als minimaal te gebruiken hoeveelheid water. Daarom werd er bij deze eerste proef een spuitvolume van 1000 l/ha verspoten bij een constante rijsnelheid

2. Spuitboomconfiguratie

Gezien de vaak kleine oppervlakte waarop in de sierteelt gewerkt wordt in combinatie met de hoge spuitvolumes, werd geopteerd om een kleinere tussendopafstand te testen dan deze die in de akkerbouw (algemeen 0,50 m) gehanteerd wordt. Uit onderzoeken uitgevoerd in de sierteelt (Knewitz *et al.*, 2003) bleek dat een tussendopafstand van 15,5 cm op een afstand van 20 cm boven het gewas tot goede resultaten leidde.

In onze proefopzet werd gekozen voor een tussendopafstand van 0.25 m. De reden hiervoor is tweeledig. Ten eerste wordt zo het aantal benodigde doppen beperkt. Daarnaast zorgt dit ervoor dat bestaande spuittoestellen, veelal ontworpen voor de akkerbouw met een traditionele dopafstand van 0.50 m, makkelijker kunnen worden aangepast aan de resultaten die uit deze proevenreeks volgen.

De optimale hoogte boven het gewas werd voor deze spuitboom bepaald met behulp van de verdelingstafel in het ILVO – Labo Spuittechniek (BELAC accreditatie). Voor elk gebruikte doptype werd de verdeling onder de spuitboom opgemeten bij 3 spuithoogtes (0.25, 0.35 en 0.45 m). De hoogte die goed scoort voor alle doptypes, zal gebruikt worden als hoogte van de spuitboom tijdens de experimenten.

Bij spuitbomen met een tussendopafstanden kleiner dan 0,50 m wordt, naast een geringere spuithoogte, meestal ook doppen met een kleinere tophoeken (80°) gebruikt om een uniformere verdeling van de spuitvloeistof over het gewas (Turner *et al.*, 2001; Knewitz *et al.*, 2003; Nuyttens *et al.*, 2004) en een scherper begrensde spuitbeeld te verkrijgen. In deze proefreeks werden doppen geselecteerd met een tophoek van 80° (uitgezonderd de ID 90 02 dop) (Tabel 1).

3. Doptype en -configuratie

De keuze van de spuitdoppen is niet eenvoudig en omvat heel wat vragen zoals:

- ✚ Welk doptype? *werveldop (met holle of volle kegel), spleetdop, ketsdop,...*
- ✚ Welke spuitdruk? *hoge en lage druk*
- ✚ Doppen met of zonder luchtinjectie?
- ✚ Welke druppelgroottes?
- ✚ Welke ISO dopgrootte?

Bij de doppenkeuze voor deze eerste proef werd getracht zoveel mogelijk variatie in te bouwen in bovenstaande parameters, rekening houdend met het spuitvolume van 1000 l/ha en de dopafstand van 0.25 m. Op deze manier werden er vier doptypes geselecteerd (Tabel 1). De doppen werden getest bij hun geadviseerde spuitdruk nl. 3.0 bar voor de standaard spleetdop en werveldop en 6.0 bar voor de luchtmeng-spleetdop en de luchtmeng-werveldop. De experimentele set-up laat toe om in één herhaling zes experimentele spuitboomconfiguraties (zie verder 2.4) te testen. Bijgevolg kon bij deze proef nog een extra experimentele parameter getest worden.

Tabel 1 overzicht eigenschappen en onderzoeksparameters van de geselecteerde doptypes

Eigenschappen doptypes					
<i>Doptype & -maat</i>	<i>Soort dop</i>	<i>Druppelspectrum</i>	<i>Vorm spuitbeeld</i>	<i>Bijzondere eigenschap</i>	
TeeJet TXA 80 03	Werveldop	Zeef fijn/Fijn	Holle kegel		
TeeJet XR 80 03	Spleetdop	Fijn/Medium	Waaivormig	Groot drukbereik	
Albuz TVI 80 02	Luchtmeng-werveldop	Grof/Zeef grof	Holle kegel	Drift reducerend	
Lechler ID 90 02	Luchtmeng-spleetdop	Grof/Zeef grof	Waaivormig	Driftreducerend	

Onderzoeksparameters doppen voor 1000 l/ha					
<i>Doptype & -maat</i>	<i>Spuitdruk (bar)</i>	<i>Hoek spuitboom (°) / (Spuitbeeld)</i>	<i>Normdebit (l/min)</i>	<i>Snelheid spuitboom</i>	
				<i>(km/u)</i>	<i>(m/s)</i>
TeeJet TXA 80 03	3,0	0 (normaal)	1.16	2.78	0.77
TeeJet XR 80 03	3,0	0 (normaal)	1.18	2.83	0.79
TeeJet XR 80 03 30°	3,0	+30 (stekend)	1.18	2.83	0.79
TeeJet XR 80 03 -30°	3,0	-30 (wikkend)	1.18	2.83	0.79
Albuz TVI 80 02	6,0	0 (normaal)	1.13	2.71	0.75
Lechler ID 90 02	6,0	0 (normaal)	1.11	2.71	0.74
gemiddelde				2.78	0.77

Uit een onderzoek van Dorr (1990) halen we dat een voorwaarts gerichte spuithoek (45°) mogelijk een hogere depositie geeft in vergelijking met een verticale of achterwaarts georiënteerde spuithoek. Uit vergelijkbare proeven met luchtondersteuning (Panneton *et al.*, 2000,; Zhu *et al.*, 2002; Scudeler *et al.*, 2006) volgen dan weer tegenstrijdige conclusies over de invloed van de spuithoek (hoek tussen de spuitdop en de verticale richting). Toch wordt de parameter spuithoek verder onderzocht. Het aanpassen van deze spuithoek bij bestaande spuitinstallaties is immers een aanpassing die vrij eenvoudig en met weinig middelen gerealiseerd kan worden. Bovendien kan deze informatie nuttige

informatie opleveren voor de verdere laboproeven bij klimop met luchtondersteuning en voor de experimentele bespuitingen die bij telers zullen worden uitgevoerd.

Er werd geopteerd om de spuithoek stekend (30°), normaal (0°) en wijkend (-30°) te onderzoeken bij de standaard spleetdop dop (TeeJet XR 80 03). De keuze voor de spleetdop wordt gemotiveerd op basis van de goede resultaten die met dit doptype geboekt werden in van voorgaande depositietesten uitgevoerd door ILVO (Braekman & Sonck, 2007; Nuyttens *et al.*, **in press**; Braekman *et al.*, 2010) en omdat ze eveneens gebruikt werden bij het onderzoek van Dorr (1990). Bovendien is dit een doptype dat algemeen gebruikt wordt.

In Tabel 1 wordt een overzicht van de geselecteerde dopconfiguraties, doptypes en hun onderzoeksparameters gegeven.

2.3. VOORAFGAANDE TESTEN

1. Debiet van de doptypes

Voor elk doptype wordt van 10 at random geselecteerde doppen het debiet bepaald bij drukniveaus gebruikt in het experiment. Deze metingen worden uitgevoerd in het geaccrediteerd spuitlabo op het ILVO. De 7 doppen die het minst afwijken van het nominaal debiet werden geselecteerd voor verdere proeven om een zo uniform mogelijk spuitbeeld te bekomen.

2. Verdeling onder de spuitboom

Voor elk doptype wordt de verdeling onder de spuitboom (7 geselecteerde spuitdoppen uit 2.3.1, tussendopafstand 0,25 m) opgemeten op de spuittafel (Figuur 2) bij 3 spuithoogtes (0,25; 0,35 en 0,45 m). Elke set doppen werd getest bij hun overeenkomstige spuitdruk (zie Tabel 1).



Figuur 2 Foto verdelingstafel spuitlabo - ILVO

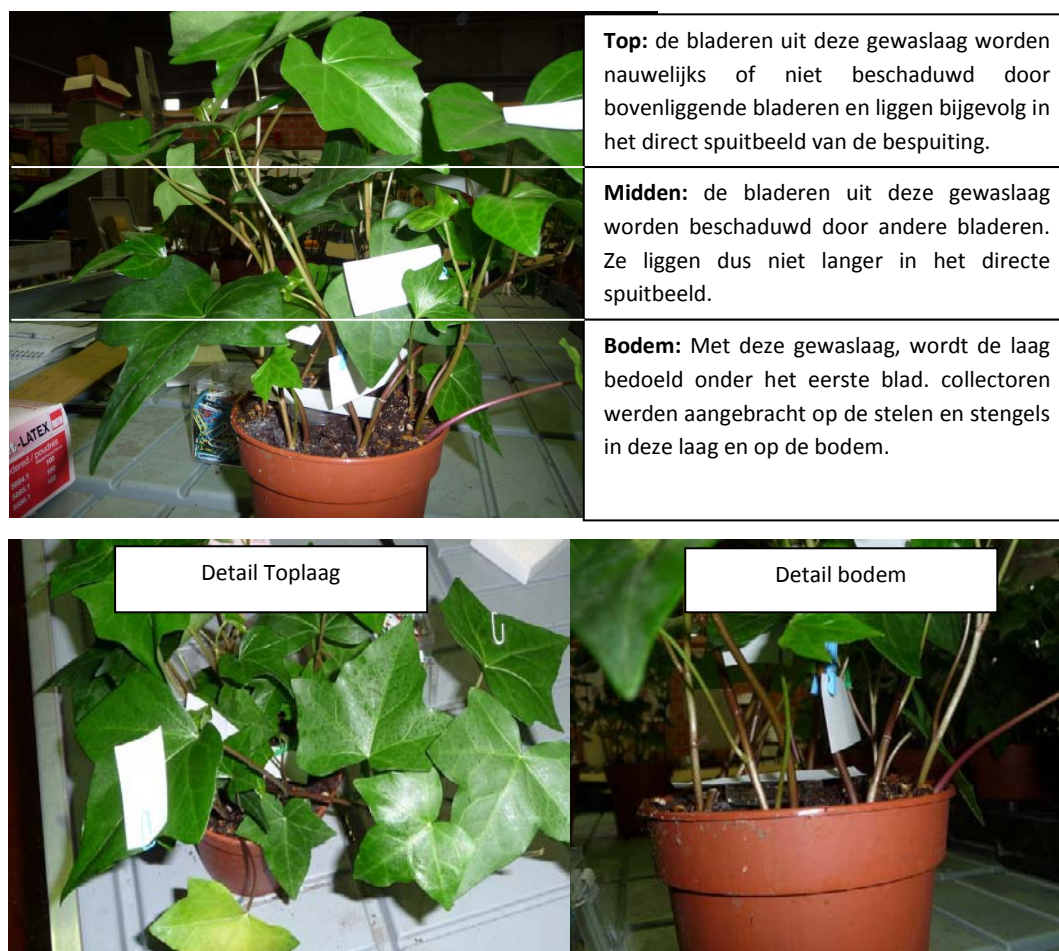
3. PDPA-laser: druppelgroottes en –snelheden spuitnevels

Aanvullend op de informatie verstrekt door de producent van de gebruikte doppen werd van elke doppenset uit 2.3.2 het druppelspectrum en de druppelsnelheid opgemeten met de PDPA-laser (Aerometric Phase Doppler Particle Analyser) zoals beschreven door Nuyttens *et al.* (2006 & 2007) opnieuw bij hun overeenkomstige druk (Tabel 1).

2.4. DEPOSITIE EN INDRINGING (CHELATEN EN FILTERPAPIERTJES)

Uit voorgaande onderzoeken die uitgevoerd werden bij het ILVO (De Moor *et al.*, 2002; Langenakens *et al.*, 2002; Nuyttens *et al.*, 2004) bleek dat het opvangen van metaalchelaten op collectoren uit filtreerpapier een relatief goedkope, veilige en kwantitatieve techniek is om depositietesten uit te voeren. Deze techniek heeft als grote voordeel dat verschillende bespuitingen (met verschillende chelaten) op dezelfde collectoren kunnen uitgevoerd worden. De gebruikte collectoren (2,6cm*5,7cm) werden vervaardigd uit filterpapiertjes (2,6cm*7,6cm)

Bij deze eerste reeks experimenten wordt de depositie opgemeten op 3 hoogtes in het gewas (top, midden, bodem). In de gebladerde gewaslagen (top en midden-laag) werden er per plant steeds twee bladeren bemonsterd. De twee collectoren per gewaslaag werden één maal aan de bovenzijde en één maal aan de onderzijde van een blad geplaatst met behulp van een geplastificeerde (om de contaminatie met metaal te vermijden) paperclip.



Figuur 3 Plaatsing collectoren in het gewas

Ook in de bladloze bodemlaag werden er twee collectoren aangebracht. Eén collector werd horizontaal met de bodem op een horlogeglasje geplaatst. Deze collector geeft een indicatie over de indringing en de verliezen naar de bodem van een bepaalde

experimentele dopconfiguratie. De andere collector in deze gewaslaag, wordt met behulp van een miniatuur wasknijper (3,2cm op 0,4cm) aan een stengel bevestigd. Deze collector kan, naast verliezen naar de bodem en indringing, een indicatie geven van de hoeveelheid run-off.

Naast de collectoren op het gewas, werden er in en buiten het gewas ook twaalf off-target posities voorzien: zes op de teeltafel buiten het gewas, maar nog wel binnen het direct spuitbeeld, zes in het gewas op plaatsen met hoge (4x) en minder hoge (2x) gewasdensiteit (Figuur 4). Deze collectoren werden geplaatst om bijkomende informatie te verzamelen per dopconfiguratie (ondermeer verliezen naar de bodem tussen planten en buiten het gewas).

Op deze manier werden per proef twintig planten bemonsterd, (genummerd van 1 tot 20 in Figuur 4) verspreid over het gewas (zie 2.6). Tussen twee bespuitingen werd aan de filterpapiertjes de kans gegeven om te drogen zodat ze terug in staat werden om vloeistof op te nemen. Zodra alle bespuitingen van deze proef (Tabel 1) waren afgewerkt, werden de gedroogde collectoren verzameld voor analyse.

Zoals hoger aangehaald werd er, voor de depositie experimenten, gebruik gemaakt van mineraalchelaten als tracer. Het betreft hier commercieel beschikbare minerale bladmeststoffen (Chelal-producten firma BMS Micro-Nutrients NV) van de mineralen mangaan, koper, kobalt, zink, ijzer en molybdeen. Deze producten werden verspoten in een tankoplossing met een (theoretische) concentratie van 1 gram/liter.

Om eventueel effect van een verminderde opname van de filterpapiertjes te beperken, werd de volgorde waarin de verschillende chelaten gebruikt werden zoveel mogelijk gewijzigd (dus bijvoorbeeld niet altijd Zn als eerste chelaat) tussen de verschillende proefherhalingen. Hoewel er uit voorgaand onderzoek (De Moor *et al.*, 2002) is gebleken dat er geen invloed van het gebruikte chelaat wordt waargenomen en er geen significante interacties plaatsvinden tussen de chelaten, werd er bovendien tijdens de proefuitvoer getracht om het gebruik van hetzelfde chelaat per doptype zoveel mogelijk te beperken. Op deze manier kan ook een eventuele invloed van het gebruikte chelaat op de deposities uitgesloten worden.

De filterpapiertjes worden na extractie (6u) in 14N salpeterzuur (HNO_3) geanalyseerd met behulp van Inductively Coupled Plasma (ICP) analyse. Met deze techniek zijn de metalen detecteerbaar in zeer kleine hoeveelheden (De Moor *et al.*, 2002). Vervolgens werden de resultaten van deze analyses ($\mu\text{g/l}$), op basis van de chelaatconcentraties ($\mu\text{g/l}$) in de tank- en blancostalen, de oppervlakte van de collector (2,6 cm*5,7 cm) en de hoeveelheid HNO_3 (20 ml) waarin de collectoren geëxtraheerd werden, omgezet naar deposities (in $\mu\text{l/cm}^2$). Conform voorgaande proeven die uitgevoerd werden bij ILVO (Nuyttens *et al.*, 2004; Braekman & Sonck, 2007; Nuyttens *et al.*, **in press**; Braekman *et al.*, 2010), werden deze resultaten genormaliseerd voor het beoogde spuitvolume (1000 l/ha).

Om uitsluitsel te kunnen geven over de resultaten van deze bespuitingproef, volstaat het niet om slechts één bespuitingsronde uit te voeren. Daarom werd gekozen om deze proef drie maal te herhalen. De tijd tussen de verschillende bespuitingproeven werd zoveel

mogelijk beperkt om de invloed van de verouderende teelt en strekkingsgroei (ten gevolge van de beperkte hoeveelheid licht aanwezig in het Laboratorium Spuittechniek van het gewas te minimaliseren. De opbouw van het gewas en de plaats van de verschillende collectorplanten, off-target posities werd bij elke herhaling willekeurig bepaald. Vermits er per proefherhaling 120 plantcollectoren, 24 tankstalen en 8 blancostalen verzameld werden, werden er in totaal 456 stalen geanalyseerd bij deze eerste proef wat overeenkomt met 2160 depositiemetingen, 432 tankstaalmetingen en 144 blancometingen.

2.5. BEDEKKING EN INDRINGING (WGP)

Uit proeven bij graan tegen schimmels bleek dat de betrekkingsgraad (uniformiteit van de bedekking van een blad) van een bespuiting veel meer invloed had op de biologische efficiëntie dan de hoeveelheid werkzame stof die er op het blad terecht kwam, en dit bij zowel systemische als niet systemische middelen (Barber et al., 2003).

Het gebruik van watergevoelig papier (WGP) is een snelle, visuele, nette en goedkope manier om de bedekkingsgraad (en druppelgrootte) van een bespuiting na te gaan (Wolf et al., 1999) .

Om de bedekkingsgraad met de verschillende experimentele spuitdoptypes en - configuraties te bepalen, werden er bij elke bespuiting ook zes planten voorzien van WGP (2,6 cm*7,6 cm).

Per plant werden er opnieuw 6 collectoren aangebracht: 2 in de toplaag, 2 in de middelste gewaslaag en 2 nabij de bodem. De gebladerde gewaslagen werden per blad voorzien van een in twee gevouwen WGP. Op deze manier werd de boven- en onderzijde van eenzelfde blad bemonsterd met een collectoroppervlakte van 2,6 cm*3,8 cm.

Vanwege hun dikte, drogen de WGP trager dan de chelaatcollectoren. Omdat de WGP toch elke bespuiting dienden vervangen te worden is het vrijwel onmogelijk de collectoren op exact dezelfde plaats te bevestigen. Daarom werden de planten met WGP uit het gewas gehaald zodra dit voldoende gedroogd was en vervangen door zes nieuwe, droge planten met nieuwe WGP. Op deze manier kon de tijd tussen de verschillende proeven gereduceerd worden. Eens de WGP van de verwijderde planten voldoende droog waren, werden de WGP verwijderd, in gestructureerde vorm opgeslagen in plastic visitekaart-mapjes (A4) en droog bewaard. De WGP uit de top- en middenlaag werden steeds met de collectoroppervlakte die aan de bovenzijde van het blad werd bevestigd naar links wijzend in de map geplaatst.

Nadien werden deze mapjes gescand (kleur; 600dpi) en vervolgens verwerkt met beeldverwerkingsoftware (MVTec, Halcon 8.0). Gezien de WGP uit de top- en de middenlaag gedeeltelijk aan de bovenzijde en onderzijde van de bladeren werden bevestigd, werden de twee zijdes van de afzonderlijk geanalyseerd. Vanwege het grote aantal herhalingen en vermits het gebruik van WGP nog meermaals zal terugkeren gedurende de loop van het project, werd deze verwerkingstechniek geautomatiseerd (J. Baert, T&V, ILVO). Voor een aantal willekeurig geselecteerde scanbladen werden de resultaten van deze nieuwe

verwerkingstechniek vergeleken met deze verkregen via de verwerking via DepositScan. DepositScan is een beeldverwerkingsprogramma dat met hetzelfde doeleinde door H. Zhu en S.M. Sciarini (USDA-ARS Application Technology Research Unit, Wooster, Ohio, VS) werd ontwikkeld in Image_J, maar dat gedeeltelijk manueel dient te worden uitgevoerd.

Bij deze eerste reeks experimenten werden er zes planten met WGP voorzien per proefherhaling. Dit betekent dat er bij deze eerste proef bij klimop 648 strookjes WGP verzameld werden (3 proefherhalingen * 6 experimenten * 6 planten per experiment * 6 hoogtes per collectorplant). Deze geven volgens de beschreven procedure, aanleiding tot een dataset van 1296 gegevens betreffende de bedekkingsgraad van de verschillende bemonsterde plaatsen in het gewas.

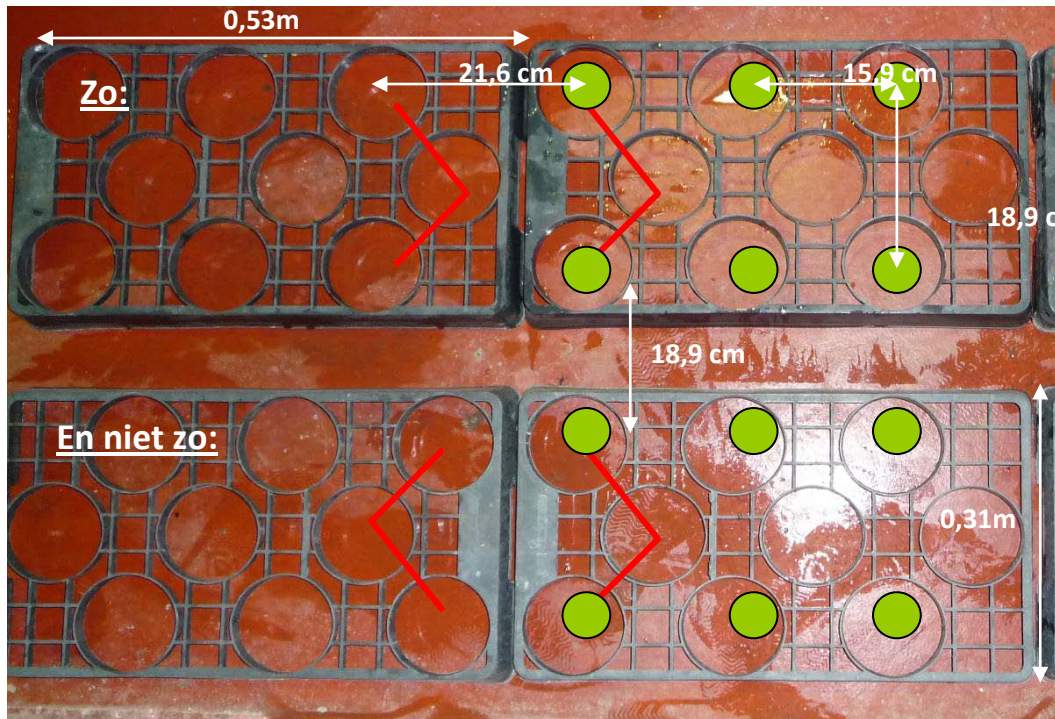
2.6. PROEFOPSTELLING & -UITVOER

1. Proefopzet gewas

Er wordt gewerkt met klimopplanten (*Hedera algeriensis* 'Montgomery'), in potten met potmaat 13 (Ø 0.13 m) met een gemiddelde planthoogte van $19,6 \pm 3,1$ cm. De potplanten werden per zes in zwart plastieken plantpaletten (trays) van 53 cm* 31 cm geplaatst en vervolgens op de teelttafel geschikt (2,00 m *3,50 m) in gecentraliseerde rijen van 6 trays. De plaats die tussen twee rijen wordt bewaard, komt overeen met de plantafstand (= afstand tussen de centra van potgaten) die in die richting wordt gehanteerd bij planten van dezelfde tray. Op deze manier wordt er gemiddeld genomen gewerkt met een plantdichtheid van 32,6 planten per m².

Zoals hoger beschreven worden de collectorplanten (filterpapiertjes en WGP) verspreid over het gewas aangebracht. Omdat de breedte van het gewas minder bedraagt dan de breedte van het spuitbeeld (1,75 m), kan men zich afvragen of er een grote verschillen teruggevonden zullen worden tussen planten uit de randzone (planten die minimaal aan een zijde niet worden afgeschermd door aangrenzende plant) en planten uit de kernzone (planten die langs alle zijden worden afgeschermd door een andere plant). Daarom worden er van de 20 planten met chelaatcollectoren, zes planten in de randzone geselecteerd.

Meer details betreffende de gehanteerde afstanden en de plaatsing van de planten op de teelttafel vindt u terug in Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 5 Foto ter verduidelijking van de experimentele opzet en de gehanteerde afstanden.

2. Klimaatomstandigheden

In het kader van de geaccrediteerde metingen, is het spuitlabo (ILVO) uitgerust met meetinstrumenten die de relatieve vochtigheid (RV), lucht- en watertemperatuur registreren. Deze testen dienen te voldoen aan de ISO norm (ISO 5682-1).

Wat betreft de klimatologische omstandigheden betekent dit dat ze moeten uitgevoerd worden bij een RV hoger dan 50 %, met een watertemperatuur tussen 10 en 25 °C en bij een omgevingstemperatuur van 10 tot 25 °C.

Bij deze experimenten werd bij elke bespuiting de RV en omgevingstemperatuur genoteerd met het idee om de voorgeschreven ideale klimatologische omstandigheden zoveel mogelijk te benaderen. Dit diende echter te gebeuren zonder de periode tussen opeenvolgende bespuitingproeven te lang te laten oplopen, om de vergelijkbaarheid van de resultaten te bewaren.

3. Uitvoering bespuiting

Voor de spuitopstelling begon te lopen, werd er 30s ingespoten. Op deze manier had de gebruikte tracer alle doppen al bereikt, was de leiding voldoende doorgespoeld om eventuele chelaatresten voldoende te verdunnen en kon de kwaliteit van het spuitbeeld visueel gescoord worden (teneinde bv. een verstopte dop te kunnen waarnemen alvorens de proef wordt uitgevoerd).

Na uitvoer van de bespuiting werden alle dophouders en doppen van de opstelling verwijderd en gespoeld met warm kraantjeswater. Nadien worden ze kort gespoeld met gedemineraliseerd water en te drogen gelegd voor ze werden opgeborgen.

Voor de spuitresten uit het spuitvat werden verwijderd, werd er een tankstaal genomen uit het spuitvat. Dit gebeurde door 200 µl spuitvloeistof te pipetteren op een chelaatcollector (zie 2.4) die in een wegwerp petrischaaltje (94 mm*15mm, Polystyreen, Greiner®) werd geplaatst. Per chelaat werden er 4 tankstalen verzameld. Na verwijderen van de spuitresten werd het vat en de leidingen gereinigd met voldoende leidingwater.

Per proefherhaling werden er ook 8 blancostalen verzameld: 4 ongebruikte chelaatcollectoren en 4 chelaatcollectoren waarop 200 µl kraantjeswater werd gepipetteerd.

2.7. GEWESKARAKTERISTIEKEN: LAI & GEWASARCHITECTUUR

1. LAI(Leaf area index)

LAI wordt gedefinieerd als de cumulatieve bladoppervlakte per vierkante meter van de bodem ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) die door de plant gebruikt wordt (Wood, 2001; Samson *et al.*, 2005)

De LAI metingen gebeurden m.b.v. de “Sunscan”. Dit toestel berekent LAI op basis van de uitdoving van het licht in het gewas.

LAI metingen gebeurde op 3 niveaus: voet gewas, midden gewas en bovenaan gewas (= de hoogtes waarop de collectoren bevestigd werden. Voor “midden” en “bovenaan” wordt hiervoor de gemiddelde hoogte van de bladcollector genomen)

2. ELADP (Ellipsoidal Leaf Angle Distribution Parameter)

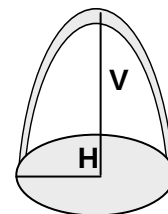
Vermits we de ELADP nodig hebben om de LAI metingen te kunnen uitvoeren, zal dit gewaskenmerk in op de eenvoudige wijze berekend worden (Potter *et al.*, 1996):

$$\text{ELADP} = H/V$$

Met

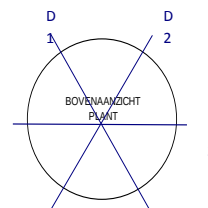
H = helft diameter bladerdek in horizontaal vlak op breedste punt

V = de hoogte van de plant (voet plant tot top bladerdek)



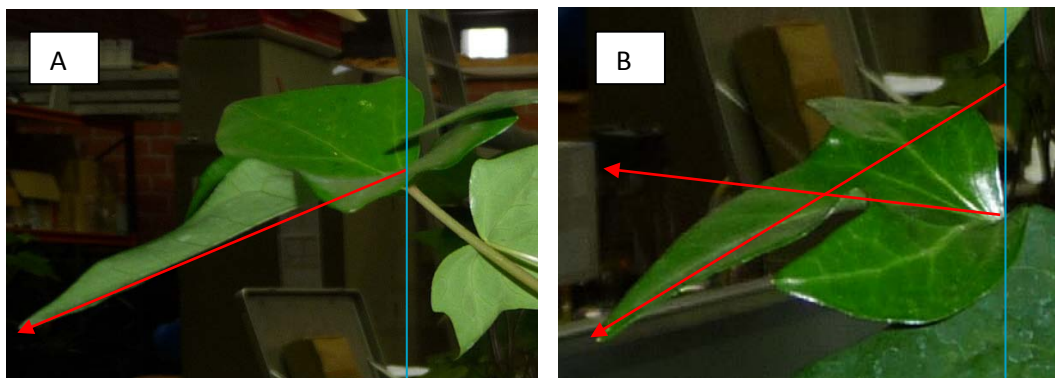
Om H te berekenen wordt de diameter van de plant gemeten drie maal gemeten op de plaats waar de plant het breedst is (in de verticale richting). Voor kleinere gewassen (cf. Hedera) kan dit gebeuren door de diameter van de planten te bepalen in bovenaanzicht.

$$H = \frac{\text{Gemiddelde (D1;D2;D3)}}{2}$$



3. BLADHOEK

De bladhoek wordt gemeten met behulp van een goniometer die waterpas wordt gehouden t.o.v. de lijn door de aanhechting van de bladsteel die parallel loopt met de verticale hoofdas van de plant. De bladhoeken van de plant worden op destructieve wijze bepaald (meten en afknippen) beginnend bij het bovenste blad en zo blad per blad afdalend in het gewas.



Figuur 6 illustreren van de twee methodes gehanteerd bij het opmeten van de bladhoeken.

De bladhoek wordt opgemeten volgens de raaklijn “aanhechting bladsteel – uiteinde blad”. Soms volstaat het om bij deze methode één meetrichting te hanteren om de hoek van een blad te bepalen (zie “A” in Figuur 6). In andere gevallen zijn er twee meetrichtingen nodig indien de buiging van het blad te groot is (zie “B” in Figuur 6). De gemiddelde hoek, berekend uit de hoeken opgemeten in de twee richtingen, wordt voor de verdere verwerking beschouwd als de bladhoek van het beschouwde blad.

4. Hoogte verschillende bladeren

Bij het plaatsen van een collector (chelaatcollectoren of water gevoelige papiertje) of bij het opmeten van een bladhoek, wordt de hoogte van dit blad bepaald met behulp van een meetlat (1 mm nauwkeurig).

De hoogte van een blad wordt bepaald als de afstand van de potrand tot de aanhechting van de bladsteel aan het blad. Bij het bepalen van de hoogte van de posities van de collectors in de onderste gewaslaag werd er gekeken naar het midden van de collector. Indien de horizontaal geplaatste collector onder de potrand werd gepositioneerd, wordt dit weergegeven als een negatief cijfer.

2.8. STATISTISCHE VERWERKING

Waar mogelijk werd statistische verwerking van de resultaten uitgevoerd aan de hand van (One Way) ANOVA's bij een betrouwbaarheidsinterval van 0,95. Voor de statistische verwerking van de bedekkingsgraad- en depositiegegevens, diende er echter gebruik gemaakt te worden van niet parametrische testen. In een eerste fase werd er daarom aan de hand van Kruskal-Wallis analyses nagegaan welke collectorplaatsen tot vergelijkbare resultaten leiden. Deze werden vervolgens samengenomen voor de verdere analyse. Nadien werden de resultaten van de verschillende dootypes/-configuratie onderling vergeleken per collectorhoogte/groep van collectorhoogtes. Alle analyses werden uitgevoerd met het softwarepakket Statistica 9.0

3. RESULTATEN & BESPREKING

3.1. VOORAFGAANDE TESTEN

1. Debiet van de dootypes

Van elk dootype (Tabel 1) werden er 10 doppen besteld. Deze doppen werden genummerd en vervolgens uitgemeten in het spuitlabo (ILVO). Deze testen werden uitgevoerd tussen 25/09/08 en 7/11/2009 volgens de voorschriften van ISO 5682-1.

Vermits we voor de uitvoer van de verdere testen slechts zeven doppen nodig hadden, werden uit de tien doorgemeten doppen de zeven doppen geselecteerd waarvan het gemeten debiet het minst afweek van nominaal debiet. De gemaakte selectie wordt weergegeven in Tabel 2. Het is dit gemiddelde dopdebiet dat gebruikt zal worden bij de verwerking van de gegevens.

Tabel 2 Selectie van zeven spuitdoppen per dootype op basis van de afwijking van hun gemiddelde dopdebiet ten opzichte van het normdebiet.

ID 90 02		TVI 80 02		TXA 80 03		XR 80 03	
Nr. spuitdop	Debiet (l.min ⁻¹)	Nr. spuitdop	Debiet (l.min ⁻¹)	Nr. spuitdop	Debiet (l.min ⁻¹)	Nr. spuitdop	Debiet (l.min ⁻¹)
dop 1	1,090	dop 2	1,105	dop 10	1,160	dop 8	1,174
dop 3	1,090	dop 4	1,106	dop 3	1,171	dop 7	1,174
dop 10	1,091	dop 6	1,107	dop 9	1,176	dop 1	1,178
dop 9	1,092	dop 9	1,109	dop 7	1,180	dop 6	1,179
dop 4	1,092	dop 10	1,109	dop 2	1,185	dop 5	1,179
dop 6	1,093	dop 3	1,111	dop 8	1,192	dop 9	1,180
dop 8	1,093	dop 8	1,122	dop 4	1,223	dop 10	1,184
NORM	1,110		1,130		1,160		1,180
GEM.	1,094		1,112		1,181		1,178
AFWIJKING	-1,5%		-1,6%		1,8%		0,1%

2. Hoogte spuitboom

De zeven doppen die per dootype geselecteerd werden at random op de horizontale spuitboom gemonteerd. De volgorde waarin ze geplaatst werden is ook de volgorde waarin ze ook in de verdere experimenten met deze doppenset gebruikt werden. Om dit te bewerkstelligen werden de dophouders genummerd van I tot VII. Hierbij is I het verst gelegen van de voeding van de spuitboom. De volgorde waarin de doppen gebruikt werden, wordt weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Volgorde van de doppen op de spuitboom

Nr. dophouder spuitboom		I	II	III	IV	V	VI	VII
Nr. spuitdop	TXA	4	10	2	7	9	3	8
	XR	10	8	5	6	1	7	9
	TVI	8	2	10	9	6	4	3
	ID	8	1	4	9	10	3	6

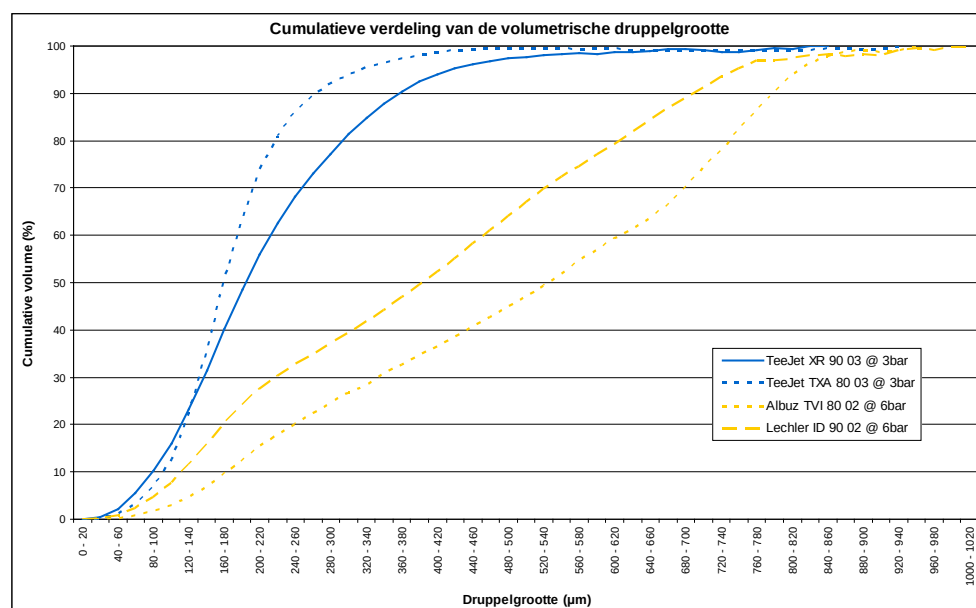
Alvorens over te kunnen gaan tot de uitvoering van de depositietesten, diende de optimale hoogte van de spuitboom bepaald te worden met behulp van de spuittafel (ISO 5682-2). Op basis van deze metingen, werd de optimale hoogte van de spuitboom bepaald als de hoogte waarbij de variatiecoëfficiënt van de verdeling van de spuitvloeistof zo laag mogelijk is voor al de geteste dootypes. Deze voorafgaande proef resulteerde in een ideale spuitboomhoogte van 0.45 m voor de verschillende dootypes (Tabel 4).

Tabel 4 Selectie van de ideale spuitboomhoogte op basis van verdelingsmetingen uitgevoerd boven de spuittafel. BB = gootjes verwerkt conform de boombreedte (1,50m) SB = gegevens verwerkt voor de gootjes in het maximale spuitbeeld (voor 0,45m hoog = 1,75m).

Dootype & -maat		TXA 80 03			XR 80 03			TVI 80 02			ID 90 02		
Spuit-hoogte (m)		0,25	0,35	0,45	0,25	0,35	0,45	0,25	0,35	0,45	0,25	0,35	0,45
Volume (ml)	BB	33,6	37,1	38,1	43,4	44,5	44,3	26,1	36,5	47,3	43,9	41,9	46,0
	Gem SB	32,4	35,0	35,8	41,8	42,6	41,9	25,3	34,1	44,1	42,3	39,9	43,7
	BB	6,8	4,9	4,2	2,5	3,2	4,0	9,75	10,0	3,9	3,0	3,5	3,9
	Stdev SB	6,9	6,1	6,0	3,9	4,6	5,7	9,523	10,6	6,9	4,5	5,0	5,5
	BB	20,2%	13,2%	11,2%	5,7%	7,2%	8,9%	37,4%	27,3%	8,2%	6,9%	8,5%	8,4%
	CV SB	21,2%	17,4%	16,5%	9,4%	10,8%	13,7%	37,6%	31,0%	15,8%	10,6%	12,4%	12,6%

3. PDPA-laser: druppelgroottes en -snelheid spuitnevels

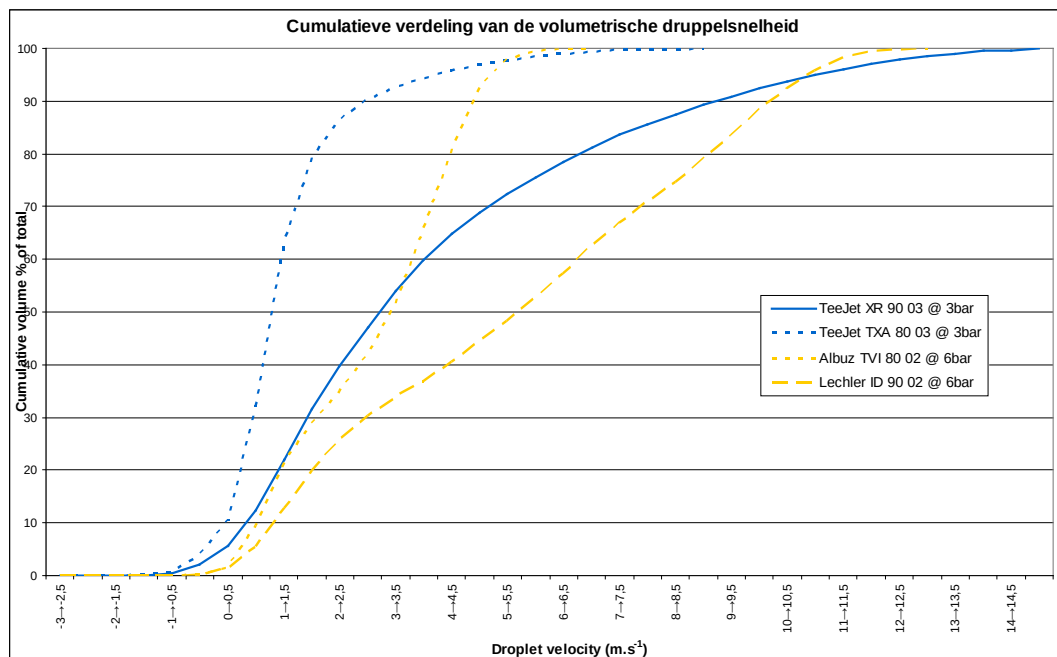
Een overzicht van de voornaamste resultaten van de metingen met de PDPA-laser wordt weergegeven in Tabel 5. De druppelkarakteristieken uit deze tabel worden beschouwd als intrinsieke waarde die vervat zitten in de geteste dop-druk combinaties (tabel 1). Zij zullen gebruikt worden om eventuele verschillen tussen de dootypes te verklaren. We duiden er echter wel op dat de druppelspectra werden doorgemeten met een spuihoogte van 0,50m en niet bij de ideale spuitboomhoogte van 0,45m, die voorheen in de proefreeks bepaald werd.



Figuur 7 Cumulatieve druppelgrootteverdeling van de 4 geteste dop-druk combinaties

Op basis van de informatie uit Tabel 5 en Figuur 7 leiden we af dat, gaande van fijn naar grof, de dop-druk combinaties in volgende reeks gerangschikt kunnen worden: TXA 80 03 < XR 80 03 < ID 90 02 < TVI 80 02.

Voor druppelsnelheid kunnen we op basis van Tabel 5 en Figuur 8 besluiten dat er met de TXA en TVI dop eerder trage druppels worden opgewekt, terwijl met de ID dop en de XR dop druppels met een grotere variatie in snelheden genereren. Met uitzondering van de TVI dop, merken we een duidelijke correlatie tussen druppelgroottes (Fig. 7) en – snelheden (Fig. 8). Grotere druppels komen overeen met grotere snelheden en omgekeerd. De lagere druppelsnelheden bij de TVI doppen kunnen toe te schrijven zijn aan het Venturi effect.



Figuur 8 Cumulatieve druppelsnelheidsverdelingen van de 4 geteste dop-druk combinaties

Tabel 5 Resultaten van de PDPA-lasermetingen uitgevoerd voor de vier doptypes bij hun operationele druk tijdens de proefuitvoer en bij een dophoogte van 0,50 m.

	TeeJet XR 80 03 @ 3bar Gem. ± Stdev	TeeJet TXA 80 03 @ 3bar Gem. ± Stdev	Albuz TVI 80 02 @ 6bar Gem. ± Stdev	Lechler ID 90 02 @ 6bar Gem. ± Stdev
Totaal Volume (* 10 ¹⁰ μm ³)	4,19 ± 0,26	5,08 ± 0,81	4,65 ± 0,68	3,37 ± 0,25
Totaal Volume (ml)	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,03 ± 0,00
Aantal grootte bepalingen	48278,89 ± 4681,18	40518,56 ± 4289,18	9691,22 ± 1702,43	16824,33 ± 1993,38
Aantal snelheidsmetingen	53558,22 ± 4821,13	50165,33 ± 6348,09	13536,00 ± 1974,74	20017,67 ± 2020,88
Dv0.1 (μm)	99,75 ± 6,14	111,94 ± 2,69	184,67 ± 18,13	132,73 ± 5,31
Dv0.25 (μm)	145,04 ± 9,94	144,35 ± 2,05	305,80 ± 33,83	205,81 ± 11,34
VMD (μm)	203,43 ± 8,37	179,23 ± 3,48	546,15 ± 41,28	402,33 ± 22,50
Dv0.75 (μm)	289,23 ± 10,83	223,27 ± 9,57	716,60 ± 25,79	579,06 ± 26,90
Dv0.9 (μm)	376,40 ± 17,30	282,68 ± 19,09	798,34 ± 15,35	707,32 ± 22,99
D10 (μm)	80,31 ± 2,11	106,13 ± 6,17	118,61 ± 11,36	93,17 ± 3,58
D20 (μm)	98,71 ± 3,2	120,43 ± 4,88	159,82 ± 15,27	120,26 ± 4,59
D30 (μm)	118,59 ± 4,32	133,54 ± 3,48	210,21 ± 18,18	156,75 ± 5,36
D32 (μm)	171,21 ± 8,26	164,30 ± 1,78	363,99 ± 28,43	266,36 ± 10,00
V50 (%)	1,06 ± 0,12	0,4 ± 0,12	0,14 ± 0,05	0,38 ± 0,06
V75 (%)	4,68 ± 0,61	2,51 ± 0,45	0,69 ± 0,27	1,97 ± 0,25
V100 (%)	10,23 ± 1,41	6,82 ± 0,74	1,73 ± 0,65	4,74 ± 0,59
V150 (%)	27,26 ± 3,67	28,83 ± 1,43	5,71 ± 1,88	13,65 ± 1,28
V200 (%)	48,52 ± 3,79	63,73 ± 3,26	12,44 ± 2,93	24,25 ± 1,98
V250 (%)	65,42 ± 2,42	83,73 ± 3,44	19,03 ± 3,21	31,53 ± 2,30
RSF (-)	1,36 ± 0,04	0,95 ± 0,11	1,13 ± 0,13	1,43 ± 0,11
NMD (μm)	63,42 ± 1,70	97,09 ± 10,05	88,57 ± 10,65	72,68 ± 2,84
VMD/SMD	1,19 ± 0,02	1,09 ± 0,01	1,50 ± 0,03	1,51 ± 0,05
VMD/NMD	3,21 ± 0,18	1,87 ± 0,23	6,23 ± 0,78	5,54 ± 0,40
V _{vol10} (m/s)	1,16 ± 0,11	0,72 ± 0,04	1,02 ± 0,04	1,34 ± 0,09
V _{vol25} (m/s)	1,88 ± 0,18	0,99 ± 0,06	1,74 ± 0,21	2,45 ± 0,22
V _{vol50} (m/s)	3,38 ± 0,23	1,33 ± 0,09	3,40 ± 0,21	5,65 ± 0,33
V _{vol75} (m/s)	6,10 ± 0,32	1,87 ± 0,18	4,31 ± 0,13	8,52 ± 0,27
V _{vol90} (m/s)	9,36 ± 0,46	3,03 ± 0,44	4,82 ± 0,16	10,17 ± 0,18
V _{gem} (m/s)	2,45 ± 0,19	1,77 ± 0,19	1,36 ± 0,07	2,09 ± 0,12
VSF (-)	2,43 ± 0,10	1,73 ± 0,21	1,12 ± 0,10	1,57 ± 0,09

D_{v0.1}, D_{v0.25}, D_{v0.75}, D_{v0.9} : Diameter waarbij respectievelijk 10, 25, 75 and 90% van het totale spuitvolume bestaat uit kleinere druppels

VMD: Volumetrisch gemiddelde diameter, NMD: nominaal gemiddelde diameter, SMD: sauter gemiddelde diameter

D₁₀, D₂₀, D₃₀, D₃₂: arithmetic, surface, volumetrisch en sauter gemiddelde diameters

V₅₀, V₇₅, V₁₀₀, V₁₅₀, V₂₀₀, V₂₅₀: Volumetrisch aandeel (%) van druppels kleiner dan 50, 75, 100, 150, 200 en 250 μm

RSF=(D_{v0.9}-D_{v0.1})/VMD: Relative Span factor, indicator voor de uniformiteit van de druppelgrootteverdeling

V_{vol10}, V_{vol25}, V_{vol50}, V_{vol75}, V_{vol90}: Druppelsnelheid waarbij respectievelijk 10, 25, 50, 75 and 90% van het totale spuitvolume bestaat uit tragere druppels

V_{gem}: Gemiddelde druppelsnelheid

VSF: Velocity span factor, indicator voor de uniformiteit van de druppelsnelheidsverdeling (cfr. RSF)

3.2. KLIMATOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE DEPOSITIETEST

De gemiddelde klimatologische omstandigheden worden in Tabel 6 weergegeven als de gemiddelde waarde die per doctype werd opgetekend tijdens de drie proeven en als gemiddelde waarde van de relatieve vochtigheid (RV) en omgevingstemperatuur gedurende de drie proefherhalingen (H1-H3).

Tabel 6 gemiddelde waarden voor de Relatieve Vochtigheid en de omgevingstemperatuur opgemeten gedurende de drie proefherhalingen.

Per doctype	RV (%)		Omgevingstemperatuur (°C)	
	Gem. ± Stdev	CV(%)	Gem. ± Stdev	CV(%)
TXA 80 03	45 ± 7	16%	19 ± 2	11%
XR 80 03 (90°)	46 ± 8	16%	18 ± 1	3%
TVI 80 02	41 ± 10	24%	20 ± 1	6%
ID 90 02	40 ± 8	20%	20 ± 2	8%
XR 80 03 (30°)	37 ± 2	6%	20 ± 2	12%
XR 80 03 (-30°)	43 ± 5	11%	19 ± 2	8%
Gem. H1 - H3	42 ± 7	16%	19 ± 1	8%

Zoals uit de tabel blijkt, werd voor geen enkel doctype de vooropgestelde RV van 50% bereikt (ISO 5682-1). Lage luchtvochtigheden resulteren namelijk in een snellere verdamping van de geproduceerde vloeistofdruppels, voornamelijk bij fijne en zeer fijne spuitniveaus. Aangezien in praktijksituaties ook veelal gespoten wordt bij lage luchtvochtigheden stelt zich bij deze proefreeks geen echt probleem

Er kan verwacht worden dat de prestatie van de dootypes ID 90 02 en TVI 80 02 weinig of niet beïnvloed werd door de RV vanwege het grove druppelspectrum van deze dootypes. Mindere prestaties van de dootypes XR 80 03 en TXA 80 03 qua bedekking en depositie zouden om dezelfde rede echter wel toegeschreven kunnen worden aan het effect van deze lagere RV, opnieuw is dit in overeenstemming met de praktijksituaties.

De niet al te hoog oplopende RV tijdens de proeven, zorgde wel voor een correcte werking met het WGP doordat verkleuring van niet bespoten zones vermeden werd.

3.3. WERKELIJKE SPIJTPARAMETERS

De uitvoering van de drie proefherhalingen voltrok zich tussen 22/01/09 en 27/02/09 (herhaling 1: 22/01-26/01; herhaling 2: 17/02 – 22/02; herhaling 3: 25/02-27-02)

Tijdens deze proefbespuitingen werd de benodigde druk per doctype ingesteld met behulp van de manometer aan het spuitvat. Nadien werd de druk ter hoogte van de spuitboom nog bijgesteld. Bij controle van de druk voor en na de bespuiting werden, vanwege de beperkte lengte van de bespuiting (± 12 m), geen noemenswaardige drukverschillen waargenomen.

De spuitparameters waar wel variatie in gevonden werd, worden weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Spuitparameters opgemeten tijdens de uitvoer van proef 1 waarbij variatie werd vastgesteld ten opzichte van de vooropgestelde waarden uit Tabel 1

Nr. Herhaling	Nr. Experiment	Chelaat	doptype	looptijd	Afgelegde weg	rijnsnelheid	spuitvolume	Afwijking t.o.v. 1000 l/ha	tankconcentratie	
				s	m	m/s	km/u	%	g/l	
1	1	Fe	TXA	7,66	6	0,78	2,82 ^a	987	1,3%	3,19
	2	Cu	Xr	7,75	6	0,77	2,79 ^a	1016	-1,6%	2,74
	3	Co	TVI	7,53	6	0,80	2,87 ^a	945	5,5%	3,29
	4	Mo	ID	7,50	6	0,80	2,88 ^a	925	7,5%	1,95
	5	Zn	XR 30°	7,45	6	0,81	2,90 ^a	977	2,3%	3,39
	6	Mn	XR -30°	7,54	6	0,80	2,86 ^a	989	1,1%	3,22
2	1	Co	ID	6,20	5	0,81	2,90 ^b	918	8,2%	2,93
	2	Zn	Xr	6,16	5	0,81	2,92 ^b	969	3,1%	2,86
	3	Fe	TVI	6,22	5	0,80	2,89 ^b	937	6,3%	2,95
	4	Cu	XR 30°	6,28	5	0,80	2,87 ^b	988	1,2%	2,73
	5	Mn	XR -30°	6,18	5	0,81	2,91 ^b	972	2,8%	3,11
	6	Mo	TXA	6,18	5	0,81	2,91 ^b	956	4,4%	1,89
3	1	Zn	TVI	6,53	5	0,77	2,76 ^a	984	1,6%	3,05
	2	Mo	TXA	6,25	5	0,80	2,88 ^a	967	3,3%	1,99
	3	Cu	ID	6,44	5	0,78	2,80 ^a	1013	-1,3%	2,56
	4	Co	XR 30°	6,37	5	0,78	2,83 ^a	1002	-0,2%	2,66
	5	Fe	XR °	6,32	5	0,79	2,85 ^a	994	0,6%	2,73
	6	Mn	XR -30°	6,28	5	0,80	2,87 ^a	988	1,2%	2,99

De letters a en b die in superscript werden aangebracht in de kolom met de opgemeten snelheden (km/u) tonen het statistisch verschil ($p < 0,05$) aan tussen herhalingen 1,3 enerzijds en herhaling 2 anderzijds.

Omdat de spuitparameters rijnsnelheid (Shapiro-Wilk's test: $W = 0.93$; $p = 0.16$) en spuitvolume ($W = 0.95$; $p = 0.41$) normaal verdeeld bleken te zijn, konden eventuele verschillen tussen de doptypes en/of de drie herhalingen onderzocht worden aan de hand van parametrische testen (One Way ANOVA's). Bij statistische vergelijking per doptype, werden geen significante verschillen gevonden voor deze parameters. Bij tussen de verschillende herhalingen, werd een verschil in de gemiddelde snelheid van de spuitboom aangetoond tussen herhalingen 1, 3 en herhaling 2. De opgetekende verschillen komen echter niet tot uiting in de spuitvolumes, waardoor de vergelijkbaarheid van de resultaten van de drie herhalingen nog steeds kon doorgaan

Tabel 8 Resultaten statistische analyse van de variërende spuitparameters

DOPTYPES		
Spuitvolume	$F(6,11) = 0,93$	$p = 0,51$
Rijnsnelheid	$F(6,11) = 0,17$	$p = 0,98$

Tankconcentratie	H (6, N= 18) =7,25	p =,30
HERHALING 1-3		
Spuitvolume	F(2,15)=2,73	p=0,09
Rijsnelheid	F=5,43	p= 0,02
Tankconcentratie	H (2, N= 18) =3,36	p =0,19

Uit Tabel 7 blijkt dat de vooropgestelde tankconcentraties (1 g/l) bij geen enkel experiment bereikt werd. Om na te gaan of er hierdoor mogelijk problemen zouden ontstaan bij vergelijking van de gegevens van verschillende doppen, herhalingen, diende ook deze verschillen in concentratie onderzocht te worden. Dit gebeurde aan de hand van Kruskal-Wallis ANOVA's, vermits de concentratiegegevens de normaalverdeling niet volgde ($W=0,89$, $p=0,04$). Deze analyse toonde aan dat de concentratie voor de verschillende doptypes en tussen de verschillende herhalingen niet significant van elkaar zijn te onderscheiden. De concentratie die gebruikt werden in de proef zijn dus onderling perfect vergelijkbaar. Hierbij komt nog dat de depositieresultaten van de experimenten ($\mu\text{g/l}$) werden herrekend naar de hoeveelheid spuitvloeistof die per collector werd opgevangen ($\mu\text{l/cm}^2$) waardoor dus gecorrigeerd werd voor de verschillen in tankconcentratie.

Er kan besloten worden de deposities van de verschillende doppen uit de drie herhalingen onderling vergeleken konden worden en dat normalisatie van de gegevens naar het beoogde spuitvolume van 1000 l/ha en correctie van de verschillen in chelaatconcentratie verantwoord was. De statistisch gelijke spuitvolumes maakt het daarenboven mogelijk om de resultaten van de WGP's (bedekkingsgraad) onderling te vergelijken.

3.4. DEPOSITIETESTEN

1. Plantcollectoren

De depositiedataset is niet normaal verdeeld ($W = 0.64$, $p < 0.05$) en kon via geen van de conventionele transformaties omgezet worden naar een normaalverdeling. Daarom werd de verdere verwerking van deze gegevens uitgevoerd met behulp van niet parametrische statistische testen.

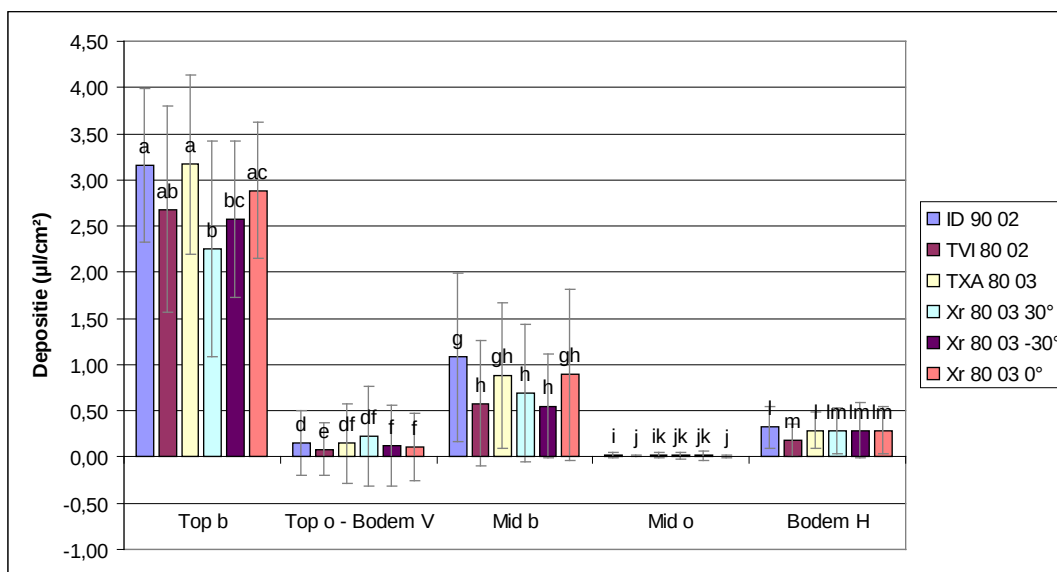
De eerste analyse (Kruskal-Wallis ANOVA), toonde aan dat enkel de deposities op collectorplaatsen "Top o" en "Bodem V" met elkaar vergeleken konden worden ($H (5, N= 1440) = 1044.78$, $P < 0.05$). Deze twee plantlagen werden daarom samengenomen voor de verdere verwerking van de depositieresultaten. Vervolgens werd de depositieresultaten van de verschillende doptypes (-configuraties) apart vergeleken, per (groep van vergelijkbare) collectorplaats(en).

In Tabel 9 worden deze resultaten van de Kruskal-Wallis analyses weergegeven. Op elke beschouwde collectorplaats in het gewas, blijken significante verschillen te bestaan tussen de doptypes. Deze verschillen worden in Figuur 9 en Tabel 1 weergegeven aan de hand van een verschillend label (a tot m).

Tabel 9 Resultaten van de Kruskal-Wallis analyses, uitgevoerd om het effect van de verschillende doptypes, -configuraties op de depositie op de verschillende collectorplaatsen in het gewas te kunnen onderzoeken

Collector(groep)	Top b	Top o & Bodem V	Mid b	Mid o	Bodem H
H	59.91	59.91	26.31	65.76	20.04
N	360	720	360	360	360
df	5	5	5	5	5
P	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05

28



Figuur 9 Depositieresultaten (gemiddelde±Stdev) voor de verschillende doptypes, -configuraties voorgesteld per groep van vergelijkbare collectorplaatsen

Tabel 10 Gemiddelde depositie(µl/cm²: gemiddelde ± Stdev) per doptype voor de verschillende posities

Collector positie	Top b	Top o - Bodem V	Mid b	Mid o	Bodem H
ID 90 02	3,16 ± 0,83 ^a	0,15 ± 0,34 ^d	1,08 ± 0,92 ^e	0,02 ± 0,03 ⁱ	0,32 ± 0,22 ^l
TVI 80 02	2,68 ± 1,11 ^{ab}	0,08 ± 0,29 ^e	0,58 ± 0,68 ^h	0,005 ± 0,01 ^j	0,18 ± 0,17 ^m
TXA 80 03	3,17 ± 0,97 ^a	0,15 ± 0,43 ^{df}	0,88 ± 0,78 ^{gh}	0,02 ± 0,03 ^{ik}	0,29 ± 0,19 ^l
Xr 80 03 30°	2,25 ± 1,17 ^b	0,23 ± 0,54 ^{df}	0,69 ± 0,75 ^h	0,02 ± 0,04 ^{jk}	0,28 ± 0,25 ^{lm}
Xr 80 03 -30°	2,57 ± 0,85 ^{bc}	0,12 ± 0,44 ^f	0,55 ± 0,56 ^h	0,02 ± 0,05 ^{jk}	0,29 ± 0,3 ^{lm}
Xr 80 03 0°	2,89 ± 0,74 ^{ac}	0,11 ± 0,36 ^f	0,89 ± 0,93 ^{gh}	0,01 ± 0,01 ^j	0,29 ± 0,25 ^{lm}

Op de opwaarts gerichte plantcollectoren (Top b, Mid b) bleek de depositie het laagst te zijn indien de bespuiting werd uitgevoerd met XR 80 03 doppen met een spuihoek van 30° of -30°. De resultaten van deze geïnclineerde XR spleetdoppen zijn, op deze

plantniveaus echter niet statistisch te onderscheiden van de resultaten die geboekt werden met de TVI Venturi werveldop (TVI 80 02).

In de toplaag (Top b) lijkt de TXA werveldop tot de beste resultaten te leiden, al kan dit doptype niet (statistisch) onderscheiden worden van de ID Venturi spleetdop (ID 90 02) de TVI Venturi werveldop (TVI 80 02) en de XR spleetdop (bij een normale spuihoek: XR 80 03 0°). De resultaten van de achterwaarts gerichte (XR 80 03 -30°) spuitdop kunnen in deze plantlaag, naast met de TVI dop, ook vergeleken worden met deze bekomen met de XR 80 03 0° doppen.

In de middelste gewaslaag (Mid b) scoren de ID, TXA en XR 0°doppen nog steeds het best. De deposities van TXA en XR doppen, zijn echter statistisch vergelijkbaar met deze van alle overige technieken terwijl de ID doppen wel significant hogere deposities geven dan de TVI, de XR 80 03 30° en de XR 80 03 -30° spuitdoppen..

De resultaten van de opwaarts gerichte collectoren (Bodem H) aan de voet van het gewas, laten toe om de doptypes in te delen in drie groepen: een groep van goed scorende doptypes (goede penetratie in het gewas), die vertegenwoordigd worden door de doptypes ID en TXA, een groep van lag scorende groep, die enkel vertegenwoordigd wordt door de TVI dop en een groep van dopconfiguraties, bestaande uit de XR dop, getest bij 3 spuihoeken, die leidt tot resultaten die niet significant verschillend genoemd kan worden van de andere twee groepen. Het lijkt er dus op dat de TVI doppen een lagere penetratiegraad in het gewas hebben, maar dus ook tot een lager verlies naar de bodem leiden. Dit zou kunnen worden toegeschreven aan de tragere druppels veroorzaakt door het Venturi effect.

Op basis van de plantcollectoren kunnen we dus voorlopig besluiten dat er geen run-off optreedt bij een spuitvolume van 1000 l/ha.

Voor wat betreft de onderzijde van de bladen betreft (Top o & Mid o) scoort de TVI Venturi werveldop eveneens het laagst. Ook dit fenomeen zou kunnen worden toegeschreven aan de lagere druppelsnelheid (lage initiële kinetische energie). Bij het raken van een targetpositie, spatten de kleine druppeltjes, die ontstaan bij impact, mogelijk niet hoog genoeg op om de onderzijde van hoger gelegen bladeren te raken.

Indien enkel het raken van de onderzijde van de bladeren in de toplaag (en wegens vergelijkbare depositieresultaten dus ook Bodem V) wordt beschouwd, scoorde de voorwaarts gerichte (30°) XR spleetdop het beste. De resultaten van dit doptype zijn bij deze plantenlagen echter niet statistisch te onderscheiden van de meeste andere technieken. Ze blijken echter wel significant verschillend zijn met deze bekomen met de TVI doppen.

In de middelste gewaslaag (Mid o) doen weerom de ID en TXA dop het goed. De TXA dop leidt echter tot gelijkaardige resultaten als deze bekomen met de XR 30° en XR -30° doptypes. Deze dopconfiguraties zijn echter op hun beurt niet te onderscheiden van de TVI en de XR 0° doppen, welke het laagst scoren in deze gewaslaag.

We kunnen dus besluiten dat bespuitingen uitgevoerd met een geïnclineerde spuithoek een positief effect hebben op de depositie aan de onderzijde van de bladeren bij een standaard spleetdop, hier XR 80 03. Hierbij kan best de voorkeur gegeven worden aan een voorwaarts gerichte spuitdop, omdat deze zowel op in de toplaag als in de middenlaag tot goede resultaten kan leiden.

Algemeen kan gesteld worden dat de depositie aan de onderzijde van de bladeren, bekomen door bespuitingen met klassieke hydraulische doptypes, laag is. Deze conclusie werd ook gerapporteerd door Turner & Matthews (2001)

Gezien echter het belang van het raken van de onderzijde van de bladeren, zoals aangehaald door verschillende betrokken telers, zou de kleinste verbetering mogelijk kunnen leiden tot een verbetering in het resultaat van de bespuiting. Of het gebruik van een horizontale spuitboom uitgerust met de ID Venturi spleetdop, de TXA werveldop of de XR standaard spleetdop met geïnclineerde spuithoek effectief kan leiden tot een verbetering ten opzichte van de meest voorkomende praktijksituatie, zal blijken uit depositietesten en bio-efficiëntieproeven, waarin de prestaties van een (semi-)geautomatiseerde horizontale spuitboom vergeleken zal worden ten opzichte van de prestaties van de veel gebruikte spuitlans.

Als de deposities op alle niveaus beschouwd worden, blijkt dat de beste prestaties bekomen werden door gebruik te maken van de werveldop (**TXA 80 03**), de standaard spleetdop (**XR 80 03**) of de Venturi spleetdop (**ID 90 02**). **Het lijkt dus opportuun om bij bespuitingen met een horizontale spuitboom gebruik te maken van deze doptypes. Hierbij merken we op dat:**

1. Het gebruik van de TXA 80 03 werveldop, omwille van zijn driftgevoeligheid, dient afgeraden te worden voor open lucht toepassingen, zeker indien er gebruik gemaakt wordt van een klassieke spuittechniek.
2. Indien de XR 80 03 dop gekozen wordt, lijkt het op basis van deze eerste resultaten, ondanks de hoge standaardafwijking (Stdev), de moeite te lonen om dit doptype voorwaarts gericht te monteren. Op deze manier zou er mogelijk een betere depositie van de onderzijde van de bladeren kunnen gerealiseerd worden.

De goede scores van de doptypes ID, XR en TXA, worden bevestigd door andere onderzoeken bij andere gewassen (laurier: Braekman *et al.*, 2007; aardbei: Braekman *et al.*, 2009b; chrysant: Turner & Matthews, 2001). De beter penetratie van het ID doptype werd door Braekman *et al.* (2009b) uitgelegd als een gecombineerd effect van de druppelgrootte en de gemiddelde druppelsnelheid. Turner & Matthews (2001) stelde dat de betere bedekking en penetratie bekomen met TXA-doppen toe te schrijven is aan het dwarrelende gedrag van de kleine druppels die zo gemakkelijker tussen de openingen in het bladerdek zouden geraken. Gezien in deze publicaties het belang van druppelgrootte en –snelheid wordt onderstreept, werd er ook in ons onderzoek gezocht naar mogelijke verbanden tussen deze (en andere) spuitparameters en depositie. Dit wordt verderop besproken (3.7).

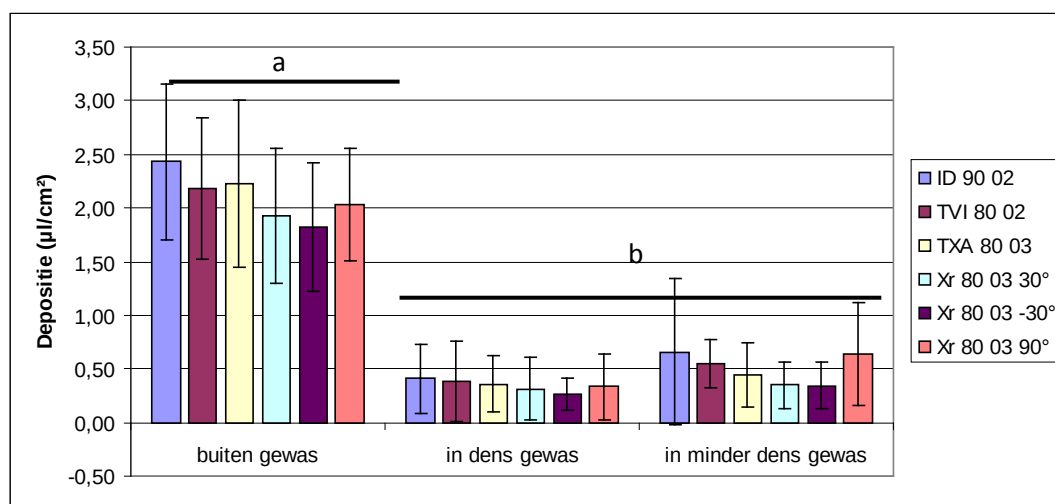
2. Off-target posities

zijn ($W=0,91529$, $p < 0,05$), werden ook deze resultaten verder geanalyseerd met behulp van een Kruskal-Wallis test. Eerst en vooral werd met deze test een verschil aangetoond ($H(2, N=222) = 157,36$, $p < 0,05$) tussen de collectoren die buiten het gewas werden opgesteld en deze die tussen de potplanten werden aangebracht (Tabel 11 en Figuur 10). Er kon geen onderling verschil worden aangetoond tussen de collectoren binnen het gewas, ook al werden een hogere depositie verwacht op de minder dense plaatsen in het gewas. Verder konden er geen andere verschillen gevonden met behulp van statistische technieken. Hierdoor bedraagt de depositie (voor alle dooptypes) gemiddeld (gemiddelde $\pm$ Stdev) $2,10 \pm 0,67 \mu\text{l}/\text{cm}^2$, voor de off-target posities buiten het gewas ($H(5, N=102) = 9,990762$; $p = 0,08$) en $0,42 \pm 0,32 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ voor de collectorposities tussen de plantpotten in ($H(5, N=108) = 3,30$; $p = 0,65$).

Tabel 11 Deposities ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$) op de off-target posities in en buiten het gewas

	buiten gewas		in dens gewas		in minder dens gewas	
	Gem. $\pm$ Stdev	CV	Gem. $\pm$ Stdev	CV	Gem. $\pm$ Stdev	CV
ID	$2,43 \pm 0,73$	30%	$0,41 \pm 0,33$	80%	$0,66 \pm 0,68$	103%
TVI	$2,18 \pm 0,66$	30%	$0,39 \pm 0,37$	96%	$0,55 \pm 0,22$	40%
TXA	$2,23 \pm 0,78$	35%	$0,36 \pm 0,26$	73%	$0,44 \pm 0,30$	69%
Xr 30°	$1,93 \pm 0,63$	33%	$0,31 \pm 0,29$	94%	$0,35 \pm 0,22$	62%
Xr -30°	$1,82 \pm 0,59$	33%	$0,26 \pm 0,15$	58%	$0,34 \pm 0,22$	63%
Xr	$2,03 \pm 0,53$	26%	$0,33 \pm 0,31$	92%	$0,64 \pm 0,48$	75%
ALGEMEEN	$2,10^a \pm 0,67$	32%	$0,34^b \pm 0,29$	84%	$0,50^b \pm 0,39$	77%

Gemiddelde deposities met dezelfde letter (a-b) in superschrift, geven vergelijkbare deposities weer



Figuur 10 Off-target deposities (gemiddelde $\pm$ Stdev): collectoren geplaatst buiten het gewas en tussen de planten

Uit deze resultaten kunnen we besluiten dat:

- alle dootypes een vergelijkbare bedekking van de collectoren buiten het gewas veroorzaken, waardoor nogmaals de vergelijkbaarheid van de spuitvolumes voor de verschillende dopconfiguraties onderlijnd wordt.
- voor geen van de dootypes verhoogde verliezen naar de bodem tussen de planten kunnen worden vastgesteld en er dus op deze manier geen bewijzen zijn voor het optreden van run-off.
- in vergelijking van met de plantcollectoren Top o en Mid o, de verliezen naar de bodem hoger zijn dan de depositie van spuitvloeistof aan de onderzijde van het gewas.

3.5. BEDEKKINGSGRAAD

1. Vergelijking van de resultaten van de beeldverwerkingstools

Tabel 12 Bedekkingsgraden (%) bekomen door gebruik van de twee vermelde beeldverwerkingstools

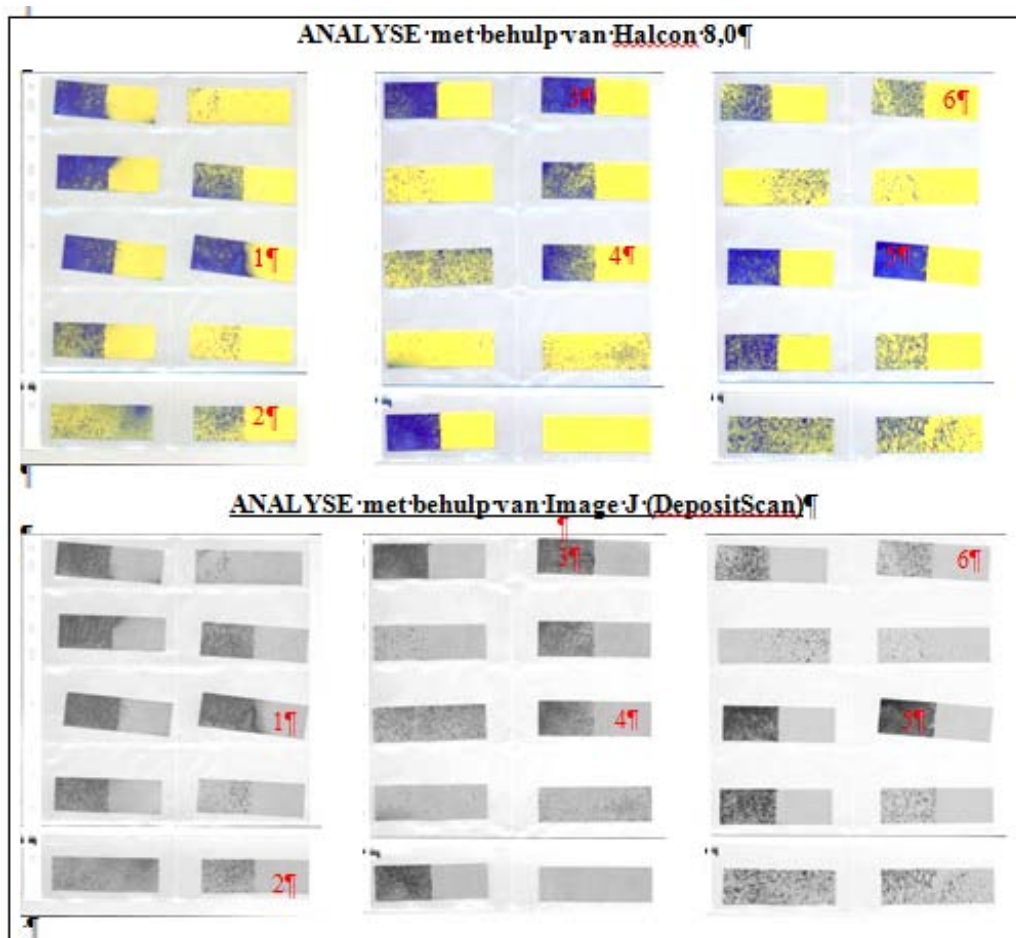
Afwijking bekeken als			Tool ST - Halcon, 8,0 <i>J. Baert</i>	DepositScan – Image_J <i>H. Zhu en S.M. Sciarini</i>	Afwijking
Scanblad 1	Minimale	1	1,26	0,20	-531%
	Maximale	2	0,00	6,54	100%
	Σ bedekking scanblad		361,20	386,30	6%
Scanblad 36	Minimale	3	90,65	41,04	-121%
	Maximale	4	0,00	27,68	100%
	Σ bedekking scanblad		400,52	346,00	-16%
Scanblad 62	Minimale	5	94,44	34,29	-175%
	Maximale	6	0,01	0,02	67%
	Σ bedekking scanblad		399,82	398,75	0%

De resultaten van drie at random geselecteerde scanbladen (10 WGP per blad; 2 analyses per WGP => dataset van 60 resultaten), geanalyseerd met de DepositScan en de beeldverwerkingstool die in het kader van dit project werd ontwikkeld, werden met elkaar vergeleken.

Hieruit bleek dat de verschillen in bedekkingsgraad tussen beide technieken aanvaardbaar zijn, indien de bedekkingsgraden per scanblad bekeken worden (zie Figuur 11 en Tabel 12).

Voor de lage bedekkingsgraden (Vb 1 & 6 in figuur en tabel) geldt vaak dat de procentuele afwijking die wordt meegegeven hoger is dan de impact die het verschil in bedekking (bv 0% t.o.v 1%) zou hebben op het succes van een bespuiting. Na visuele beschouwing van de WGP, blijkt dat voor 2, 3, 4, en 5 geldt dat de nieuwe verwerkingswijze tot een correctere inschatting van de bedekkingsgraad leidt. Vermoedelijk is het verschil tussen de twee analyses toe te schrijven aan het werken met kleuren of grijstinten. Uit Figuur 11 blijkt duidelijk dat het verschil tussen geraakt door de spuitvloeistof (blauw) en ongeraakt (geel) het duidelijkst waarneembaar is op de kleurencans.

Het verschil op het aantal druppels dat per cm² geteld werd, was van een veel grotere grootteorde (t.o.v. totaal aantal getelde druppels/cm² per scanblad: 12 tot 66%) en wordt daarom niet gebruikt bij de verdere bespreking van de resultaten.



Figuur 11 Scanbladen met WGP die geanalyseerd werden met de 2 verwerkingstools

2. Bedekkingsgraad van de gewascollectoren gepositioneerd op verschillende hoogtes.

Net als bij depositie werden de resultaten van de WGP verder geanalyseerd aan de hand van niet parametrisch testen (Shapiro-Wilk $W=0,71310$, $p<0,05$). In de eerste fase werd weerom nagegaan welke gewascollectoren gegroepeerd konden worden voor verdere analyse ($H(5, N=1194)=903,6536$; $p=0,000$). Hieruit bleek dat naast Top o – Bodem V ook de gewaslagen Mid b en Bodem H mogen worden samengenomen voor verdere analyse.

Verdere analyses brachten voor elke groep van vergelijkbare collectorposities, behalve voor Mid b – bodem H (zie Tabel 13) verschillen naar voor betreft de bedekkingsgraad veroorzaakt door een bepaald doptype. Deze verschillen worden in Figuur 12 en Tabel 14 aangegeven met behulp van labels (a tot h).

Voor wat betreft de bedekking van de opwaarts gerichte WGP kunnen we stellen dat de resultaten van alle dopconfiguraties tot een vergelijkbaar resultaat leiden. Enkel de bedekkinggraad veroorzaakt door de TXA werveldop in de toplaag (Top b) ligt iets hoger

dan deze van de meeste andere doptypes voornamelijk omwille van de fijne druppels. Enkel de XR 80 03 dop toegepast met een wijkend spuitbeeld (-30°) leidde tot vergelijkbare deposities in de toplaag. Gezien de bedekkingsgraad in de toplaag ($\pm 60\%$) echter voor alle doptypes hoger ligt dan in de andere beschouwde gewaslagen, zal dit verschil niet aan de basis liggen van de keuze voor een bepaald doptype.

Tabel 13 Resultaten van de Kruskal-Wallis analyses, uitgevoerd om het effect van de verschillende doptypes, -configuraties op de bedekkingsgraad waargenomen per collectorplaatsen (groep van vergelijkbare colleren) te onderzoeken

Collector(groep)	Top b	Top o & Bodem V	Mid b & Bodem H	Mid o
H	21,72	23,38	7,14	35,73
N	200	400	394	200
df	5	5	5	5
P	0,0006	0,0003	0,21	<0,005

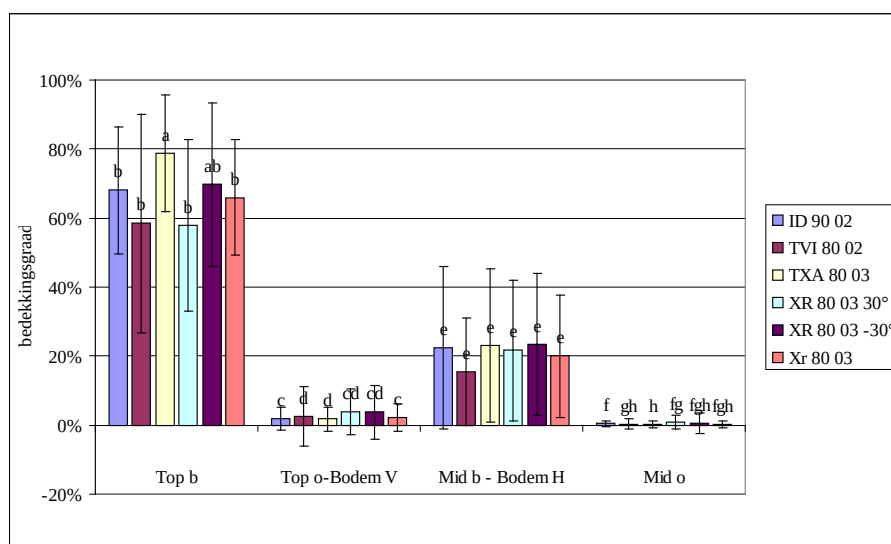
Als de bedekkingsgraden voor de onderzijde van de bladeren bekeken wordt, lijken het vooral de geïnclineerde standaard spleetdoppen (XR 30° & XR -30°) te zijn die goed te scoren. Ook hier dient er echter gewezen te worden op de hoge standaardafwijking bij deze doptypes. Hierdoor wordt met deze doptypes een statistisch vergelijkbare depositie behaald als met de overige doptypes.

In de middenlaag van het gewas veroorzaken de XR 30°-configuratie en de ID dop een vergelijkbare bedekkingsgraad die significant verschillend is van deze van het laagst scorende doptype (TXA 80 03). Dit is niet zo voor de overige doptypes.

In de toplaag van het gewas zijn het de TVI en TXA werveldop die een statistisch evenwaardige bedekking veroorzaken als de geïnclineerde spleetdoppen. De ID dop en XR dop veroorzaken hier de minst hoge bedekkingsgraad.

Wat opmerkelijk te noemen is, is dat TVI Venturi werveldop nog behoort tot een van de beter scorende doptypes indien bedekkingsgraad wordt bekeken, terwijl dit doptype minder goed scoort indien enkel depositie wordt beschouwd. Aanvullend werden er minder goede prestatie vastgesteld van de ID, XR 0° en TXA doptypes op posities aan de onderzijde van de bladeren, terwijl deze doppen het juist goed deden indien depositie beschouwd werd.

Dit fenomeen zou verklaard kunnen worden door aan te nemen dat de druppels afkomstig uit de TVI werveldop na impact meer uitvloeien over de oppervlakte aan de onderzijde van het bladeren terwijl de druppels van de ID, XR 0° en TXA doptypes compacter blijven.



Figuur 12 Gemiddelde bedekkingsgraad (gemiddelde±Stdev) voorgesteld per vergelijkbare groep van plantcollectoren.

Tabel 14 Gemiddelde bedekkingsgraad (%) uitgedrukt als gemiddelde ± Stdev per dopconfiguratie

Doptype	Top b	Top o-Bodem V	Mid b - Bodem H	Mid o
ID 90 02	68±18 ^b	2±3 ^c	23±23 ^e	0,5±1 ^f
TVI 80 02	59±32 ^b	3±9 ^d	15±15 ^e	0,3±1 ^{gh}
TXA 80 03	79±17 ^a	2±3 ^d	23±22 ^e	0,2±1 ^h
XR 80 03 30°	58±25 ^b	4±7 ^{cd}	22±20 ^e	0,8±2 ^{fg}
XR 80 03 -30°	7±24 ^{ab}	4±8 ^{cd}	23±21 ^e	0,6±3 ^{fgh}
Xr 80 03	66±17 ^b	2±4 ^c	20±18 ^e	0,3±1 ^{fgh}

3.6. VARIATIECOËFFICIËNT (CV) ALS MAAT VOOR DE HOMOGENITEIT

In een Brits onderzoek (Barber *et al.*, 2003) in graangewassen, vonden de onderzoekers aanwijzingen dat de variatiecoëfficiënt (CV) van de *bedekkingsgraad* de enige depositiekaracteristiek was die het bestrijdingssucces van meeldauw (*Bulmeria graminis*) kon verklaren. Er werd door hen geconcludeerd dat de CV een goede maat is voor de uniformiteit van de bedekking in het gewas: hoe lager de CV, hoe homogener de distributie. Ook andere auteurs (Zhu *et al.* 2002 & 2004, Dorr, 1990) maken gebruik van de CV om de kwaliteit van de bespuiting in te schatten.

Met deze informatie in het achterhoofd, worden de *deposities en bedekkingsgraden* van de verschillende doptypes, -configuraties opnieuw geëvalueerd. Dit gebeurt enerzijds per beschouwd niveau in de plant om het meest geschikte doptype voor dit plantniveau naar voor te brengen. Anderzijds ook op niveau van de hele plant, om zo de homogeniteit, herhaalbaarheid van de verdeling over heel het gewas te kunnen onderzoeken. In Tabel 15 worden de gemiddelde deposities per collectorplaats in het gewas alsook de gecumuleerde depositie (som van de bladcollectoren per plant) weergegeven. In Tabel 16 wordt de gemiddelde bedekkingsgraad per hoogte in het gewas en als gemiddelde voor de plant weergegeven.

Tabel 15 Gemiddelde depositie ($\mu\text{l}/\text{cm}$) per beschouwde gewashoogte en de gemiddelde gecumuleerde depositie per plant, beide weergegeven met hun variatiecoëfficiënt

	Top b		Top o		Mid b		Mid o		Bodem V		Bodem H		Σ Plant	
Dop-type	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV	Gem $\pm$ Stdev	CV
ID 90 02	3,16 $\pm$ 0,83	26 %	0,18 $\pm$ 0,47	268 %	1,08 $\pm$ 0,92	85%	0,02 $\pm$ 0,03	103 %	0,13 $\pm$ 0,13	103 %	0,32 $\pm$ 0,22	70%	4,44 $\pm$ 1,09	24 %
TVI 80 02	2,68 $\pm$ 1,11	42 %	0,1 $\pm$ 0,39	397 %	0,58 $\pm$ 0,68	117 %	0 $\pm$ 0,01	174 %	0,07 $\pm$ 0,09	132 %	0,18 $\pm$ 0,17	100 %	3,36 $\pm$ 1,33	39 %
TXA 80 03	3,17 $\pm$ 0,97	31 %	0,21 $\pm$ 0,6	292 %	0,88 $\pm$ 0,78	89%	0,02 $\pm$ 0,03	131 %	0,09 $\pm$ 0,08	86%	0,29 $\pm$ 0,19	67%	4,28 $\pm$ 1,4	33 %
Xr 80 03 30°	2,25 $\pm$ 1,17	52 %	0,3 $\pm$ 0,68	226 %	0,69 $\pm$ 0,75	108 %	0,02 $\pm$ 0,04	247 %	0,16 $\pm$ 0,33	213 %	0,28 $\pm$ 0,25	88%	3,24 $\pm$ 1,58	49 %
Xr 80 03 - 30°	2,57 $\pm$ 0,85	33 %	0,15 $\pm$ 0,61	408 %	0,55 $\pm$ 0,56	102 %	0,02 $\pm$ 0,05	283 %	0,1 $\pm$ 0,1	97%	0,29 $\pm$ 0,3	102 %	3,29 $\pm$ 1,08	33 %
Xr 80 03 0°	2,89 $\pm$ 0,74	26 %	0,12 $\pm$ 0,5	419 %	0,89 $\pm$ 0,93	104 %	0,01 $\pm$ 0,01	126 %	0,1 $\pm$ 0,09	89%	0,29 $\pm$ 0,25	86%	3,91 $\pm$ 1,12	29 %
Laagste CV	Xr 0°	26 %	Xr 30°	226 %	ID	85%	ID	103 %	TXA	86%	TXA	67%	ID	24 %

Belangrijke conclusies die uit deze tabellen volgen zijn dat:

- ook op basis van de CV er verschillen bestaan tussen de doptypes die per hoogte naar voren worden geschoven als meest ideale doptype op basis van de bedekkingsgraad ($\text{CV}_{\%}$) en depositie (CV_{dep}). Hierdoor blijft het ook nu nog moeilijk om eenduidige conclusies te trekken over welk doptype het best kan worden ingezet om een plaag in een bepaalde gewaslaag te bestrijden.
- omwille van de vaak tegenstrijdige informatie blijft het ook moeilijk om te achterhalen of het gebruiken van een geïnclineerde standaard spleetdop een positief effect zal hebben op het resultaat van de bespuiting.
- ondanks de hierboven aangehaalde moeilijkheden, wordt de ID Venturi spleetdop, op basis van zowel $\text{CV}_{\%}$ als CV_{dep} , naar voor geschoven als het doptype met de meest homogene vloeistofverdeling overheen het gewas (Niveau van de plant). Ook de andere doptypes scoren nog betrekkelijk goed, maar zijn minder eenduidig. Of deze homogeniteit een verbetering betekent ten opzichte van de klassieke gehanteerde technieken zal echter nog moeten blijken uit de verdere proefnemingen die binnen dit project zullen worden uitgevoerd (bio-efficiëntietesten en telerproeven).
- naast de homogene verdeling over het gewas, de ID dop ook vaak goed scoort voor wat betreft de bedekking van de onderzijde van de bladeren.
- indien weerom zowel $\text{CV}_{\%}$ als CV_{dep} worden beschouwd, de TXA werveldop de meest homogene vloeistofverdeling veroorzaakt op de collectoren die aan de voet van het gewas geplaatst werden (Bodem H en Bodem V). Dit wijst op nog vrij uniforme spreiding van de spuitvloeistof over de bodem en de plantendelen in deze gewaslaag. Gezien klimop vaak nog onverhouten plantdelen bezit in deze gewaslaag (en sommige systemische middelen ook nog door de wortels opgenomen kunnen worden) is dit een interessant gegeven voor het toepassen van gewasbeschermingsmiddelen met een opwaarts systemische werking. Bovendien bevestigen deze waarnemingen de bevinding van Turner & Matthews (2001) die getuigden van een verhoogde bedekking in de onderste lagen van het gewas die toegeschreven werd aan een hogere penetratiegraad van het doptype TXA 80 03.

Tabel 16 Gemiddelde bedekkingsgraad (%) per hoogte in het gewas en de gemiddelde bedekkingsgraad per plant, beide weergegeven met hun variatiecoëfficiënt

	Top b		Top o		Mid b		Mid o		Bodem h		Bodem v		Hele Plant	
Doptype	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV	gem ± Stdev	CV
ID 90 02	68 ± 18	27%	2 ± 2	115%	32 ± 28	89%	0 ± 1	183%	14 ± 13	95%	2 ± 4	205%	26 ± 6	23%
TVI 80 02	59 ± 32	54%	3 ± 12	379%	21 ± 19	87%	0 ± 1	460%	9 ± 7	75%	2 ± 3	167%	21 ± 6	30%
TXA 80 03	79 ± 17	22%	1 ± 2	336%	32 ± 27	84%	0 ± 1	441%	14 ± 9	64%	3 ± 4	150%	27 ± 7	27%
XR 80 03 30°	58 ± 25	43%	3 ± 6	191%	27 ± 25	94%	1 ± 2	249%	17 ± 13	77%	4 ± 4	100%	22 ± 6	27%
XR 80 03 -30°	70 ± 24	34%	1 ± 4	279%	29 ± 23	81%	1 ± 3	499%	18 ± 16	88%	6 ± 10	162%	25 ± 7	26%
Xr 80 03 0°	66 ± 17	25%	1 ± 1	120%	26 ± 20	77%	0 ± 1	325%	14 ± 13	93%	3 ± 5	168%	23 ± 6	26%
Laagste CV	TXA	22%	ID	115%	Xr 0°	77%	ID	183%	TXA	64%	XR 30°	100%	ID	23%

3.7. KOPPELING VAN SPUITGEGEVENS AAN DEPOSITIERESULTATEN

Zoals ook hoger werd aangehaald, wordt in de literatuur vaak beroep gedaan op de druppelkenmerken en andere spuitparameters om een verklaring te kunnen geven aan bepaalde fenomeen. Ook in ons onderzoek werd het idee opgevat om verbanden te zoeken tussen de verschillende dopeigenschappen en spuitparameters en hun invloed op de depositieresultaten.

Bij verwerking van de resultaten botsten we echter al snel op het feit dat de depositiegegevens niet parametrisch verdeeld zijn, regressies kunnen dus (in principe) niet gebruikt worden en de bevindingen van onze studie kunnen dus niet ondubbelzinnig worden gekoppeld worden aan spuitparameters en dopkarakteristieken.

Met behulp van de Spearman rangcorrelatie kan echter wel aangetoond worden of twee parameters covariëren zonder echter een oorzakelijk verband tussen de twee aan te tonen. Een bijkomend voordeel is dat men dit type van vergelijkingen kan gebruiken als er wel een verband verwacht wordt dat niet noodzakelijk lineair is.

Hiervoor werd er gebruik gemaakt van de vergelijkbare groepen collectoren die aan de hand van de kruskal wallis analyse werden aangeduid (Top b, Top o - Bodem V, Mid b, Mid o, Bodem H).

1. De invloed van spuitdruk en druppel eigenschappen

Eest en vooral werd gezocht naar correlaties tussen depositie ($\mu\text{l}/\text{cm}$), de spuitdruk (Bar) en de door de PDPA-laser opgemeten druppel eigenschappen (weergegeven in Tabel 5). Gezien de druppelkenmerken enkel werden opgemeten voor de niet geïnclineerde doptypes, werden enkel de resultaten van de verschillende doptypes (TXA, TVI, XR, ID) beschouwd.

Tabel 17 Spearman rangcorrelaties (ρ) die significant zijn voor alle beschouwde groepen van vergelijkbare collectorposities.

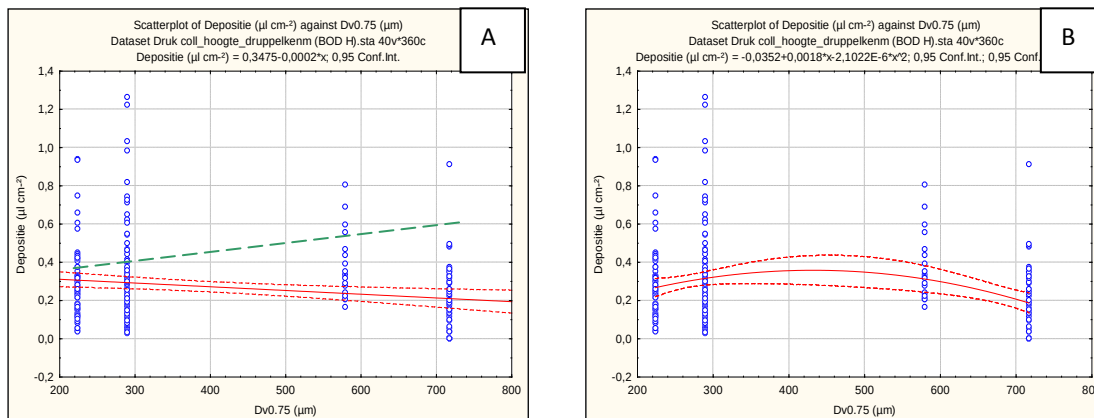
	Top B			Top o & Bodem V			Mid b			Mid o			Bodem H		
	N	ρ	p	N	ρ	p	N	ρ	p	N	ρ	p	N	ρ	p
$D_{v0.75}$ (μm)	240	-0,19	0,00	480	-0,15	0,00	240	-0,16	0,01	240	-0,31	0,00	240	-0,18	0,00
$D_{v0.9}$ (μm)	240	-0,19	0,00	480	-0,16	0,00	240	-0,16	0,01	240	-0,31	0,00	240	-0,18	0,00
D_{max} (μm)	240	-0,19	0,00	480	-0,25	0,00	240	-0,16	0,01	240	-0,31	0,00	240	-0,18	0,00
D_{30} (μm)	240	-0,13	0,05	480	0,12	0,01	240	-0,19	0,00	240	-0,24	0,00	240	-0,15	0,02
D_{32} (μm)	240	-0,19	0,00	480	-0,15	0,00	240	-0,16	0,01	240	-0,31	0,00	240	-0,18	0,00
V_{50} (%)	240	0,13	0,05	480	0,14	0,00	240	0,19	0,00	240	0,24	0,00	240	0,15	0,02
V_{75} (%)	240	0,13	0,05	480	0,22	0,00	240	0,19	0,00	240	0,24	0,00	240	0,15	0,02
V_{250} (%)	240	0,19	0,00	480	0,15	0,00	240	0,16	0,01	240	0,31	0,00	240	0,18	0,00
VSF	240	0,13	0,05	480	-0,12	0,01	240	0,19	0,00	240	0,24	0,00	240	0,15	0,02
Spuit-druk (Bar)	240	-0,18	0,01	480	-0,16	0,00	240	-0,17	0,01	240	-0,27	0,00	240	-0,15	0,02

Enkel de parameters die een significante correlatie vertonen op elk beschouwd plantniveau, werden beschouwd als mogelijk interessante variabelen om mee te nemen in verder onderzoek naar de invloed van deze parameters op de depositie. Deze worden weergegeven in Tabel 17. Hoe dichter hun correlatiecoëfficiënt bij 1 (positief) of -1 (negatief) is gelegen, des te sterker is de variabele gecorreleerd met de gerapporteerde deposities.

Uit Tabel 17 blijkt echter dat geen van de onderzochte parameters een sterke correlatie met depositie vertoont. Dit is echter voor een groot deel toe te schrijven aan de hoge variabiliteit in de gebruikte dataset.

Vermits er binnen een doptype geen variatie is wat betreft de druppelkenmerken en de gebruikte spuitdruk, diende alle depositiedata uit proef 1 te worden samengenomen voor

verdere analyse. Omwille van de gemaakte keuzes (doptype, dopmaat, druk) zit er echter al veel variatie vervat in de proefopzet.



Figuur 13 Mogelijke verbanden tussen depositie op de potbodem (Bodem H) en $D_{v0,75}$ (Diameter waarbij respectievelijk 75% van het totale spuitvolume bestaat uit kleinere druppels)

De kans is dus zeer reëel dat de geziene correlaties beïnvloed werden door een de score van één bepaald doptype. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van twee voorbeelden (de invloed van $D_{v0,75}$ & Druk op de depositie op niveau Bodem H)

In Figuur 13A wordt het negatieve verband geschetst tussen $D_{v0,75}$ (Diameter waarbij respectievelijk 75 % van het totale spuitvolume bestaat uit kleinere druppels) en de depositie ter hoogte van de voet van de plant. Indien de TVI in beschouwing wordt genomen, kan er inderdaad een negatieve correlatie worden gevonden tussen beide variabelen (hoe groter de diameter, hoe lager de depositie). Indien echter de TVI dop buiten beschouwing zou worden gelaten, zou men ook een positief verband kunnen ontwaren tussen beiden (zie groene stippellijn in Figuur 13A).

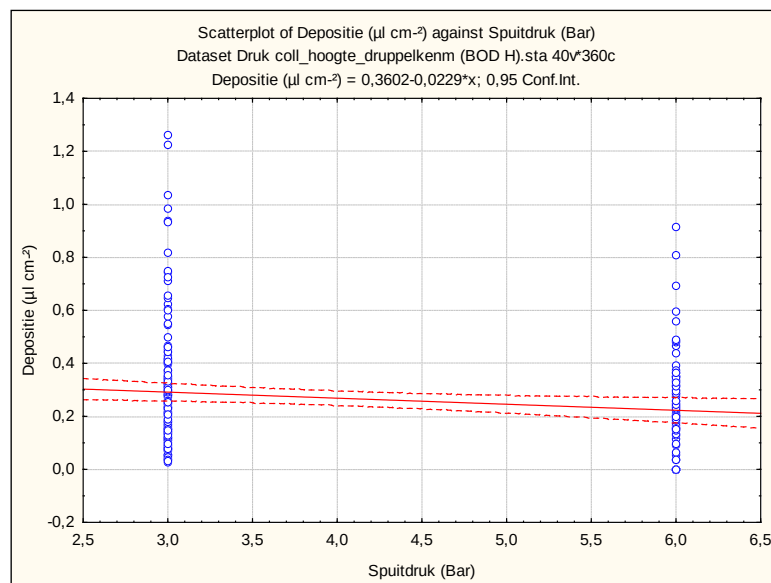
Figuur 14 geeft de correlatie weer die gevonden werd tussen druk en depositie op de bodemcollectoren (Bodem H). Eerst en vooral merken we op dat er te weinig gegevenspunten voorhanden zijn om echt uitspraken te kunnen maken over een eventuele invloed van druk op de depositie. Daarnaast merken we ook op dat de resultaten voor wat druk betreft, sterk beïnvloed werden door de scores van de dootypes die bij deze drukken gebruikt werden (3 bar was de druk die gehanteerd werd bij 2 goed scorende dootypes (TXA en XR) terwijl 6 bar werd gebruikt door één goed scorend dootype (ID) en één minder scorend dootype (TVI).

Daarnaast is het niet noodzakelijk zo dat gevonden correlaties tussen de variabelen, lineair zijn. Stel dat we er vanuit gaan dat de gevonden correlatie tussen de depositie en druppeldiameter $D_{v0,75}$ inderdaad opgaat, is het mogelijk dat de er een eerder parabolisch (polynomiaal) verband bestaat tussen beide variabelen (In Figuur 13B).

Er kan dus enkel besloten worden dat er op basis van de huidige experimentele opzet geen ondubbelzinnig bevindingen kunnen worden gehaald betreffende het verbanden tussen de besproken spuitparameters en depositie.

Om mogelijke verbanden tussen dooptypes en parameters uit Tabel 17 verder te onderzoeken, kan er best gewerkt worden met een van de goed scorende dooptypes (ID, XR, TXA) waarbij men de invloed van verschillende drukken, dopmaten (en dus verschillende druppel eigenschappen en drukken) nagaat bij een aantal spuitvolumes. Deze testen kunnen, gezien het nog drukke programma, echter niet meer uitgevoerd worden binnen het bestek van de huidige studie omwille van de zeer intensieve meetcampagne die gekoppeld is aan dit soort onderzoek. Bovendien is nog niet duidelijk of depositie effectief de meest aangewezen variabele is om de efficiëntie van een bepaalde spuittechniek aan te tonen. Dit zou echter wel kunnen volgen uit de bio-efficiëntietesten en telerproeven die nog zullen worden uitgevoerd binnen het deze studie.

Wat echter al wel opvalt in de huidige dataset, is de goede prestaties die geboekt werden door de spleetdoppen (XR en -ID) en dit ondanks de verschillen tussen deze dooptypes (o.a. druppelgrootte, spuitdruk, luchtgeïnjecteerde of niet).



Figuur 14 Correlatie zoals gevonden op basis van Spearman rangcorrelatie gevonden tussen de tussen depositie en Druk (bar)

2. De invloed van de spuithoek

Enkel de standaard spleetdop werd bij verschillende spuithoeken gebruikt. Indien er een significante verhouding zou kunnen worden gevonden tussen de drie hoeken (-30° , 0° en 30°) en de deposities die ze teweeg brengen (per hoogte), zou op deze manier kunnen achterhaald worden op welke manier de depositie (op een welbepaalde hoogte) mogelijk nog verbeterd zou kunnen worden. Gezien de eventuele verbanden niet als oorzakelijke verbanden mogen worden beoordeeld, dient een voorspelde verbetering echter nog wel bevestigd worden aan de hand van depositieresultaten.

Op geen van de vergelijkbare plantniveaus werd er echter een significante correlatie gevonden tussen spuithoek en depositie (Tabel 18).

Tabel 18 Spearman rangcorrelaties (ρ) per beschouwde groepen van vergelijkbare collectorposities

Plantlaag	N	ρ	p
Top b	180	-0,10	0,17
Top o & Bodem V	180	0,02	0,77
Mid b	180	0,06	0,42
Mid o	180	-0,01	0,90
Bodem H	180	-0,10	0,17

3.8. KARAKTERISTIEKEN VAN KLIMOP IN GEWASVERBAND

41

1. LAI

Tijdens de uitvoering van de proef, werden een aantal pogingen ondernomen om de LAI op te meten in het Suijlabo (ILVO) in de drie gewaslagen (top-midden-bodem). Er werden telkens drie herhalingen per hoogte uitgevoerd op verschillende plaatsen in het gewas. Per meetplaats werden er drie metingen uitgevoerd, terwijl de SunScan op een stabiele manier in het gewas werd gehouden met behulp van een statief. Dit stemt overeen met 27 LAI metingen.

Bij uitlezen van de gegevens bleek dat de metingen voor eenzelfde gewaslaag, maar ook voor eenzelfde meetplaats, een te grote variatie te vertoonden en onrealistische waardes gaven. Eerst werd gedacht aan een te lage hoeveelheid licht en een verschil in beschaduwning van het gewas in het labo. Ook de optimale zenithhoek (65°) voor de LAI metingen werd nog niet bereikt tijdens de uitvoering van deze eerste proefreeks (22/01/09 en 27/02/09). Daarom werden er nieuwe pogingen ondernomen om de LAI te meten tijdens de uitvoering van proefreeks 2 en 3 (nieuwe planten). Deze metingen werden zowel in het Suijlabo (ILVO) als in open lucht herhaald met opnieuw geen realistische LAI waarden op. Ook de mensen van het PCS ondervonden rond dezelfde periode dezelfde problemen met het meettoestel.

Eens de problemen met het meettoestel van de baan waren, was het gebruikte gewas bij proefreeks 2 en 3 al danig verouderd, dat het niet meer representatief was voor het gewas waarop de bespuitingsexperimenten werden uitgevoerd.

In het kader van de voorbereidende werkzaamheden van de geplande bio-efficiëntieproef, werden er echter nieuwe klimopplanten, van dezelfde variëteit (*H. algeriensis* 'Montgomery'), en groeistadium (densiteit gewas en gemiddelde hoogte vergelijkbaar als bij proefreeks 1) aangekocht. Zo konden er op 30/06/2009 toch nog representatieve LAI metingen worden uitgevoerd bij klimopplantjes. Deze metingen leverden een gemiddelde LAI van 2,1 op in de toplaag, 5,5 in de middenlaag en 6,9 onderaan het gewas.

In een onderzoek van Zhu *et al.* (2004) werd een lineair verband beschreven tussen de LAI van planten (opgemeten tijdens de verschillende groeistadia) en de deposities bereikt met verschillende conventionele doptypes (standaard spleetdop, holle kegel, luchtmengdop en twin jet dop).

Gebaseerd op dit onderzoek, werd de LAI opgemeten in de verschillende gewaslagen uitgezet ten opzichte van de gemiddelde depositie (van de 3 proefherhalingen) die er per doptype werd opgemeten. Dit werd afzonderlijk gedaan voor de deposities aan de bovenzijde en de onderzijde van het blad:

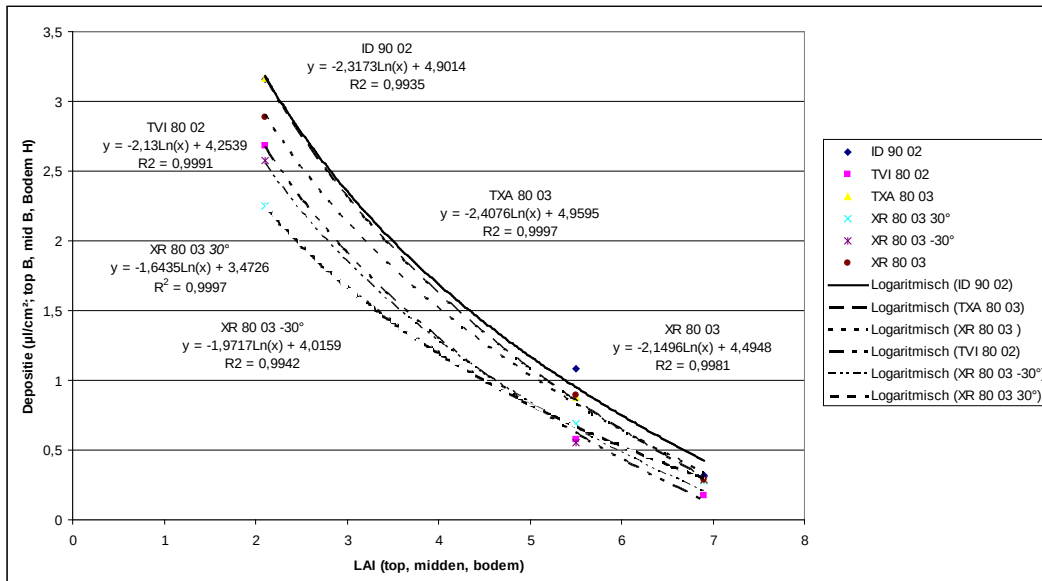
Voor de deposities aan de bovenzijde van de bladeren werden de collectoren top b, mid b en bodem H uitgezet ten opzichte van de LAI per gewaslaag. Deze collectoren hadden immers allen dezelfde oriëntatie in het gewas (Figuur 15).

Voor de deposities aan de onderzijde van de bladeren werden eerst en vooral de collectoren top o en mid o beschouwd. Om toch nog een derde depositiemeting te kunnen beschouwen, werd ook de verticaal geplaatste collector meegenomen bij deze eerste" beschouwing (Figuur 16). Deze collector wordt immers ook in min of meerdere mate afgeschermd door het gewas en werd op basis van de Kruskal – Wallis analyse vergelijkbaar genoemd met de collectoren uit Top o .

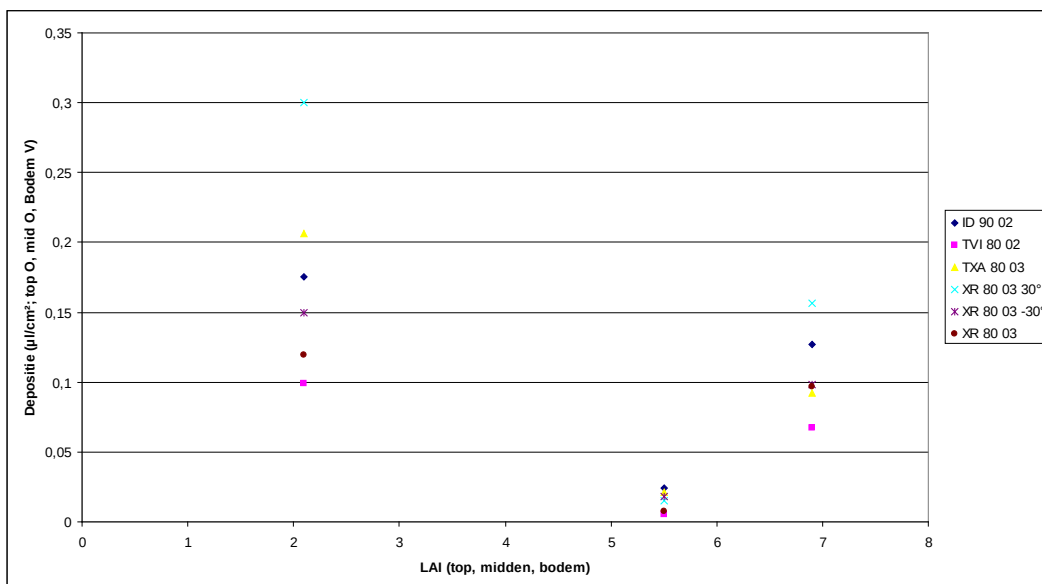
Door de deposities op bovenstaande wijze uit te zetten, zou er bijvoorbeeld een logaritmische verbanden voor alle doptypes kunnen worden gesuggereerd (*let op de vrij hoge R^2 waarden!*) tussen de depositie en de LAI voor de naar boven gerichte collectorplaatsen (zie Figuur 15).

Hoewel de curves in Figuur 15 slechts gebaseerd zijn op 3 meetwaarden en regressies niet mogelijk zijn (niet parametrisch verdeelde dataset) kan reeds gesuggereerd worden dat:

- het verloop van de trendlijnen gebruikt zou kunnen worden om bepaalde bevindingen, uit deze proefreeks beter te onderbouwen. *Zo zie je bijvoorbeeld dat de XR 30° dop die eerder slecht scoorde in de toplaag, de andere curves begint te kruisen bij een hogere LAI waarde wat duidt op een betere penetratie.*
- de gevonden functies gebruikt zouden kunnen worden om deposities in klimop bij een ander groeistadium te kunnen voorspellen en zo het meest ideale doptype te selecteren voor de te bestrijden plaag. Hiervoor dient echter het oorzakelijk verband tussen de depositie en de plaats van de collectoren aangetoond te worden

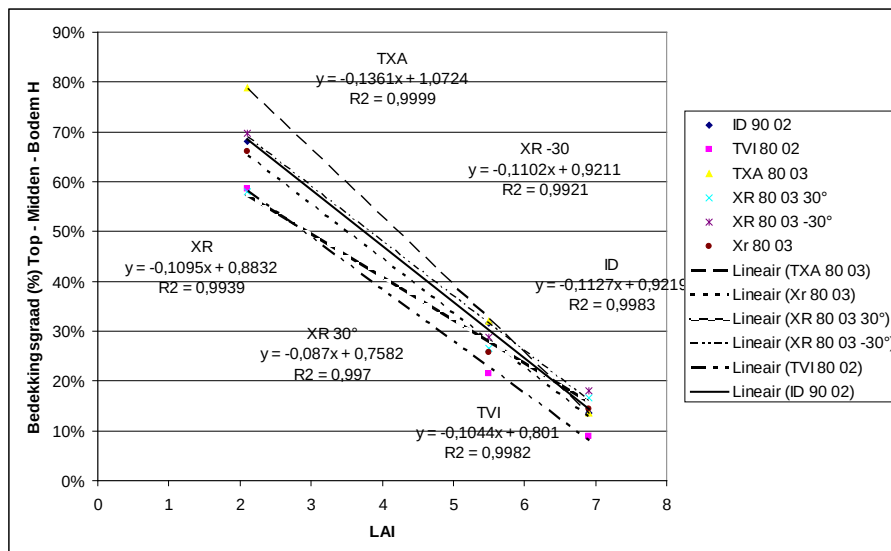


Figuur 15 Effect van de LAI per gewaslaag op de deposities (µl/cm²) die de verschillende dooptypes veroorzaken aan de bovenzijde van de bladeren in de verschillende gewaslagen



Figuur 16 Effect van de LAI per gewaslaag op de deposities (µl/cm²) die de verschillende dooptypes veroorzaken aan de onderzijde van de bladeren in deze gewaslaag

Voor bedekkinggraad werd dezelfde oefening gemaakt. Hierbij kan een lineair verband gesuggereerd worden (met een hoge R^2 waarde) tussen de bedekkingsgraad aan de bovenzijde van de bladeren en de LAI per gewaslaag. Voor de bedekking van de onderzijde van de bladeren, kon ook nu geen significant verband worden gevonden.

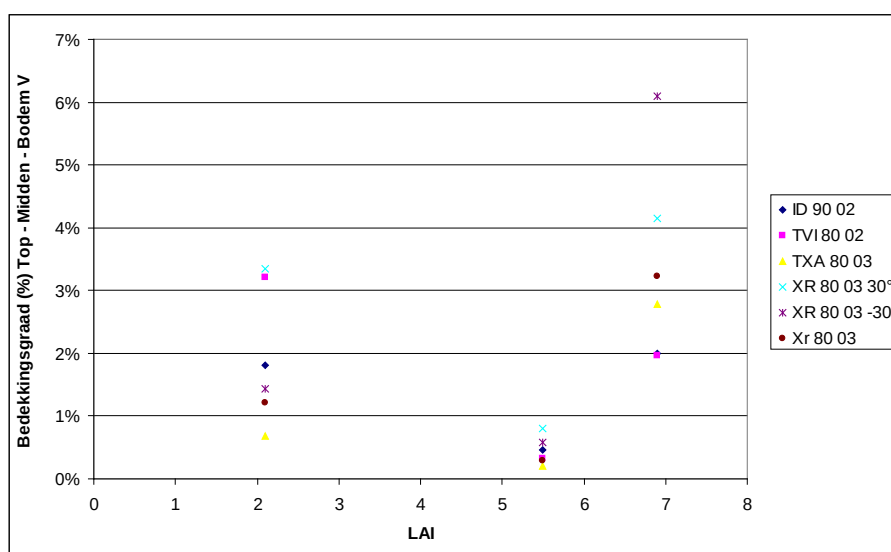


Figuur 17 Effect van de LAI per gewaslaag op de bedekkingsgraad (%) die de verschillende doptypes veroorzaken aan de bovenzijde van de bladeren in deze gewaslaag

Uit Figuur 17 blijkt dat het ook voor de bedekkingsgraad de moeite loont om de relatie met de LAI verder te onderzoeken. Hierbij gelden echter dezelfde opmerkingen als gegeven voor depositie (meer LAI -meetpunten beschouwen).

Uit Figuur 16 en Figuur 18 kunnen we besluiten dat bij het beschouwen van de onderzijde van de bladeren het misschien beter is om bij de verdere verwerking van de gegevens enkel de meetpunten Top o en Mid o te beschouwen. De grafieken illustreren wel duidelijk waarom Bodem V, voor zowel depositie als bedekking, gelijk werd gesteld aan Top o door de uitgevoerde Kruskal-Wallis testen.

Het loont dus zeker de moeite om het verband tussen LAI, depositie en bedekkingsgraad verder te onderzoeken.



Figuur 18 LAI per gewaslaag en de bedekkingsgraad (%) van de verschillende doptypes in deze gewaslaag

2. ELADP & Bladhoek

Verspreid over de proefuitvoer werden er vijf planten gebruikt om de ELADP van het gewas te bepalen volgen de in 2.7.2 beschreven verkorte methode. Hieruit werd een gemiddelde ELADP van 0,70 bepaald.

Gezien de problemen met de LAI meting, werd het opmeten van de gewaskenmerken meerdere malen uitgesteld (met het idee om alle gewaskenmerken samen op te meten). Om toch al een idee te krijgen van dit gewaskenmerk, werden er tijdens de proefuitvoer al twee planten verwerkt volgens de beschreven methode. Zo werd de bladhoek van 58 bladeren opgemeten. De gemiddelde bladhoek die op deze manier gevonden werd voor de beschouwde klimopvariant bedraagt $-7,38^\circ$.

Uit deze twee gewaskarakteristieken kan besloten worden dat het beschouwde gewas (klimopvariant *H. algeriensis* 'Montgomery' in het beschouwde groeistadium) beschreven kan worden als een verticaal georiënteerd gewas met een horizontale bladstand.

3. Lengteklasse en plaatsing collectoren

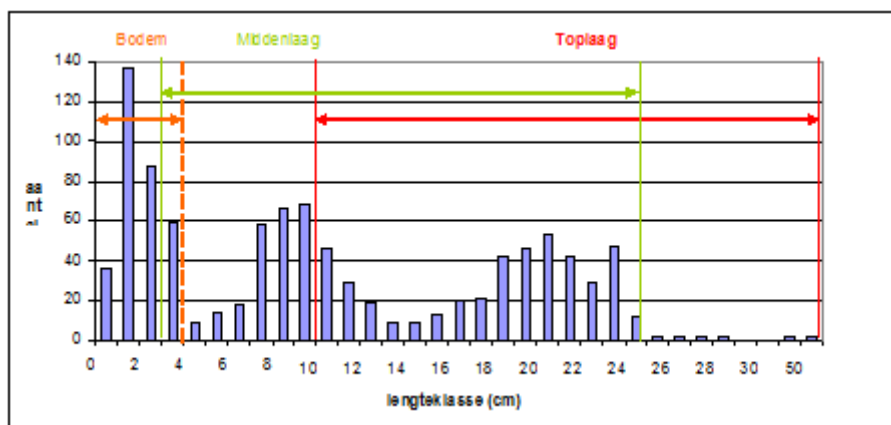
Zoals voorgesteld in 2.7.4 werd de hoogte van elk beschouwd blad opgemeten als de afstand tussen de potrand en de aanhechting van de bladsteel aan de bladschijf. Indien we deze lengtes uitzetten als lengteklassen van 1 cm, blijkt dat er effectief onderscheid gemaakt kan worden tussen drie grote lengteklassen Figuur 19.

Tabel 19 gemiddelde, min. en max. hoogte opgetekend voor de verschillende collectoren in de verschillende gewaslagen. De vet gedrukte cijfers in de tabel, geven de min. en max. waarde per gewaslaag weer

	Chelaatcollectoren						WGP			
	Top b	Top o	Mid b	Mid o	Bodem H	Bodem V	Top	Midden	Bodem H	Bodem V
Gem.	20,3	19,5	8,8	9,3	0,6	2,0	19,4	7,9	0,5	1,7
Stdev	2,9	2,6	2,8	2,8	0,6	0,7	3,3	1,8	0,5	0,8
CV	14%	13%	32%	30%	97%	35%	17%	23%	101%	45%
Min.	12,7	12,0	3,5	4,8	-0,8	0,5	10,4	3,4	-0,5	0,0
Max.	31,0	23,5	23,0	23,5	3,2	3,9	46,8	13,5	1,8	3,3

Indien we de plaatsing van de collectoren in het gewas gaan bekijken per gewaslaag (Tabel 19), blijkt dat de plaatsing van de collectoren op de bladeren over het algemeen op een vrij uniforme manier gebeurde (eerder lage CV, behalve voor wat betreft de bodemlaag). Bovendien kan er een overlap gezien worden tussen de gewaslagen die onderscheiden werden (Figuur 19 en Tabel 19). Dit vormt echter nog steeds geen probleem voor de waargenomen deposities omdat:

- Collectoren die werden toegewezen aan de toplaag bevestigd werden aan bladeren die weinig of niet overschaduwd werden door andere bladeren van het gewas.
- Collectoren uit de middenlaag enkel bevestigd werden aan bladeren die overschaduwd werden door meerdere bladeren van het gewas
- Collectoren in de bodemlaag nooit op het blad zelf, maar hoogstens aan de bladsteel bevestigd werden.



Figuur 19 Hoogte van de bladeren in het gewas en onderscheiden in de beschouwde gewaslagen

Gezien van elke depositiecollector de hoogte werd opgemeten, kon aan de hand van Spearman rangcorrelaties, ook gezocht worden naar verbanden tussen depositie en collectorhoogte. Hiervoor werden de depositieresultaten van alle doptypes gebruikt, gekoppeld aan de respectievelijke hoogte van de collector waarop de spuitvloeistof werd afgezet. Op deze manier konden er significante correlaties worden gevonden tussen de deposities op de collectoren Top b en Mid b (Tabel 20). Op Bodem H na is voor alle opwaarts gerichte collectoren een verband te vinden tussen de depositie en de hoogte van de collector in het gewas. Het is echter zeer aannemelijk dat er geen correlatie kon worden gevonden voor collectorplaats Bodem H, vermits er te weinig variatie in de hoogte van deze collectoren is terug te vinden (al deze collectoren werden op een horlogeglasje geplaatst aan de voet van het gewas).

Tabel 20 Significante correlaties tussen collectorhoogte en depositie (aangetoond aan de hand van Spearman rangcorrelaties).

Plantlaag	N	ρ	p
Top b	360	0,14	0,01
Top o & Bodem V	-	-	-
Mid b	360	0,15	0,01
Mid o	-	-	-
Bodem H	-	-	-

Op basis van deze resultaten werd in een volgende fase onderzocht of er een eventueel verband terug te vinden is tussen de depositie en de hoogte in het gewas voor opwaarts

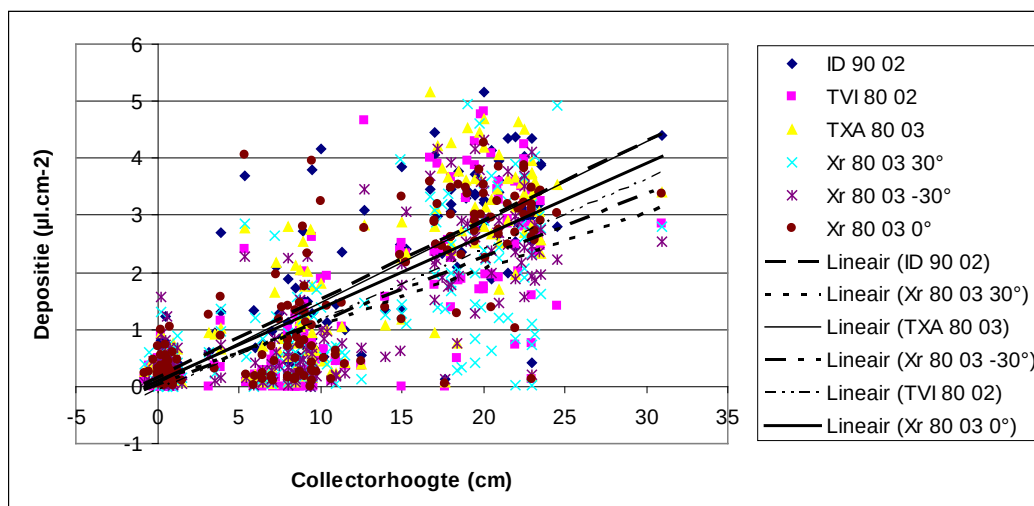
gerichte collectoren. De deposities van de verschillende dootypes op plantniveaus Bodem h, Mid b en Top b werden daarom uitgezet ten opzichte van de hoogte waarop ze werden opgetekend. Uit Figuur 20 blijkt dat er voor elk van de beschouwde dootypes een trend kan worden teruggevonden. Indien we er vanuit gaan dat het gevonden verband lineair is, volgt uit deze figuur dat de depositie van de ID 90 02 en TXA 80 03 dop meer zou worden beïnvloed door de hoogte in het gewas en de depositie van de XR 80 03 30° dopconfiguratie minder wordt beïnvloed door de hoogte. Dit zou weerom wijzen op een voordeel van het spuiten met een geïnclineerde dophoek.

Dat het geziene verband geen oorzakelijk verband is, is intuïtief aan te voelen. De afname van de depositie in het gewas is niet te wijten aan de hoogte van de collector op zich, maar zal eerder afhankelijk zijn van de afstand van de collector onder de dop en de dichtheid in het gewas.

De LAI is een goede maat voor de dichtheid van een bladerdek. Uit de definitie van deze gewaskarakteristiek, kan je afleiden dat de LAI zal stijgen als je in het gewas afdalt. Door bij een vergelijkbaar bestand van *Hedera algeriensis* 'Montgomery' planten de LAI opnieuw op te meten (>3 hoogtes) kan bekeken worden of er een eenduidig verband kan worden teruggevonden tussen de hoogte in het gewas en de LAI.

Op deze manier zou voor elke collector apart de LAI aan welke deze collector onderhevig is kunnen worden afgeleid en zou het verband tussen de depositie en dit gewaskenmerk toch nog kunnen worden onderzocht.

Ook zou op deze manier kunnen worden nagegaan of de mate waarin bepaalde dootypes zich laten beïnvloeden door de gewasarchitectuur, zoals in de vorige alinea werd beschreven voor hoogte, bevestigd worden indien de LAI wordt beschouwd.



Figuur 20 Waargenomen trend tussen de deposities van verschillende dootypes en de hoogte van de collectoren waarop ze worden afgezet.

4. CONCLUSIES

- ✚ Het beste doptype om een bestrijding uit te voeren, zal vaak afhangen van waar de plaag zich manifesteert
- ✚ De ID Venturi spleetdop, en TXA werveldop en de XR standaard spleetdop halen vaak de beste resultaten in de besproken resultaten. Vaak worden deze resultaten echter bepaald door de bedekking, depositie aan de bovenzijde van de bladeren. Geen van de beschouwde doptypes, dopconfiguraties, schijnt er echter in te slagen om de onderzijde van de bladeren beter te bedekken dan de andere. Bij het verdere onderzoek zal er vooral aandacht besteed worden aan het optimaliseren van de bedekking aan de onderzijde van de bladeren, gezien men in praktijksituaties op deze plaats in het gewas vaak geconfronteerd wordt met moeilijk te bestrijden spint-infectiehaarden (*Tetanychus sp.*).
- ✚ Algemeen gesproken komt de ID dop naar voren als meest geschikte doptype. Deze dop scoort immers steeds goed onafhankelijk van welke aspect van de bespuitingresultaten er bekeken wordt. Gezien uit deze eerste proefreeks nog niet kan worden afgeleid welke afhankelijke (depositie, bedekkingsgraad, CV_{dep} en $CV_{\%}$) er best kan gebruikt worden om de bio-efficiëntie van een bespuiting (met een contactmiddel) in te schatten, lijkt het nuttig om te adviseren om bij bespuitingen gebruik te maken van de ID dop.
- ✚ Voor wat betreft de bedekking van de collectoren aan de voet van het gewas (Bodem V & Bodem H), wordt over het algemeen een goed resultaat neergezet door de TXA werveldop. Deze bevindingen zouden kunnen wijzen op een betere indringing van dit doptype, zoals ook werd aangehaald door Turner & Matthews (2001). Dit fijndruppelige doptype zou derhalve zeer geschikt voor het aanbrengen van fytoproducten met een systemisch opwaartse werking. Er dient echter opgemerkt te worden dat dit doptype, omwille van zijn driftgevoeligheid, minder geschikt is voor outdoor toepassingen.
- ✚ Hoewel er in deze eerste proefreeks geen significante invloed konden worden opgetekend voor wat de spuithoek betreft, werd er meermaals een trend waargenomen waarbij het spuiten onder een hoek de depositie onderaan de bladeren en de penetratie zou verbeteren. Het effect van de spuithoek op de depositie en de bedekking in klimop zal verder worden onderzocht. Voorlopig kunnen we echter stellen dat het opportuun lijkt om, bij het gebruik van een standaard spleetdop, deze dop stekend te monteren (30° voorwaarts ten opzichte van de verticaal) aangezien op die manier mogelijk het raken van de onderzijde van de bladeren in de topplaag verbeterd wordt.
- ✚ Uit de besproken proeven kon geen significant effect worden afgeleid van de dopmaat, druppelgrootte, druppelsnelheid of spuitdruk. Wat wel opvalt is dat de doptypes met de hoogste druppelsnelheid (ID en XR dop), bij een normaal spuitbeeld, regelmatig leiden tot goede resultaten. Ook opmerkelijk is dat het beide spleetdoppen zijn.
- ✚ Bij deze eerste proefreeks werden aanwijzingen gevonden voor een verband tussen de depositie, bedekkingsgraad en de LAI per gewaslaag. Het loont zeker de moeite om deze verbanden nader te bekijken. Daarom zullen bij uitvoer van de geplande bio-efficiëntieproeven opnieuw data verzameld worden om deze verbanden verder te onderzoeken. Bij deze bijkomende proeven, zullen tevens ook de andere gewassenmerken opnieuw worden opgemeten (bij klimop, maar ook bij andere gewassen).

LITERATUURLIJST

- A. De Moor, G. Vergauwe, J. Langenakens (2002): Evaluation of chemical analysis of minerals for the assessment of spray deposits. *Aspects Applied Biology* 66:409-420.
- B. Panneton, M. Piché (2005) Interaction between application volume, airflow, and spray quality in air-assisted spraying. *Transactions of the ASAE*, 48(1): 37 – 44.
- D. Nuyttens, E. De Schampheleire, K. Baetens, B. Sonck (2006): PDPA Laser-Based Characterisation of Agricultural Spray Nozzles. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript PM 06 024. Vol. VIII. December, 2006.
- D. Nuyttens, K. Baetens, M. De Schampheleire, B. Sonck (2007): Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*. 97(3): 333-345.
- D. Nuyttens, P. Braekman & D. Foque (In press): Optimization of the spray application technology in bay laurel (*Laurus nobilis*). 61st International Symposium on Crop Protection, Ghent, Belgium, 19 May 2009. *Comm. Appl. Biol. Sci*, Ghent University, 74/2, 2009
- D. Nuyttens, S. Windey, B. Sonck (2004): Optimisation of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. *Biosystems Engineering* 89(4), 417 – 423
- E. Potter, J. Wood, C. Nicholl (1996): Sunscan. Canopy Analysis System. Users Manual SS1-UM-1.05. Handleiding
- F. Scudeler, C.G. Raetano (2006): Spray deposition and losses in potato as a function of air-assistance and sprayer boom angle. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 63(6), 515-521
- G.J. Dorr (1990): The effect of orientation and fan angle on spray deposition by flat fan nozzles. Conference on Agricultural Engineering. Toowoomba Queensland, 11-14 November 1990
- H.Zhu, D.L. Rowland, J.W. Dorner, R.C. Derksen, R.B. Sorensen (2002): Influence of plant structure, orifice size and nozzle inclination on spray penetration into peanut canopy. *Transactions of the ASAE* 45(5): 1295-1301
- H.Zhu, J.W. Dorner, D.L. Rowland, R.C. Derksen, H.E. Ozkan (2004): Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*, 87(3), 275-283
- ISO 5682 – 1: Equipment for crop protection -- Spraying equipment -- Part 1: Test methods for sprayer nozzles
- ISO 5682 – 2 Equipment for crop protection -- Spraying equipment -- Part 2: Test methods for hydraulic sprayers
- J. Langenakens, G. Vergauwe, A. De Moor (2002): Comparing hand-held spray guns and spray booms in lettuce crops in a greenhouse. *Aspects Applied Biology* 66: 123-128.
- J. Wood (2001): HemiView Application Note Canopy LAI calculation - Canopy LAI calculation. Handleiding.
- J.A.S. Barber, C.S. Parkin, A.B.M.N.U. Chowdhury (2003): Effect of application method on the control of powdery mildew (*Bulmeria graminis*) on spring barley. *Crop Protection* 22, 949 – 957
- K.L. Turner & G.A. Matthews (2001) Pesticide application in glasshouse chrysanthemums; an investigation comparing the effectiveness of a range of flat fan and cone hydraulic nozzles. *International Pest Control* 43 (1) 32-35
- M.Vissers (2005): Intern verslag enquête sierteelt 'Enquête spuittechniek insecticiden 2004'. PCS.
- P. Braekman, D. Foque, W. Messens, M. Van Labeke, J.G. Pieters, D. Nuyttens. 2010.: Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. *Pest Management Science* 66(2) : 203-212 (DOI.10.1002 ps.1858)
- P., Braekman, B., Sonck. (2007): Development of an appropriate spray application technique for bay laurel (*Laurus Nobilis*). 9th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing, 12 – 14 September 2007. Alnarp, Sweden

- R. Samson, S. Provoost, L. Willaert, R. Lemeur (2005). Supporting dune management by quantitative estimation of evapotranspiration, in: Herrier, J.L. et al. (Ed.) (2005). Proceedings "Dunes and Estuaries 2005" : international conference on nature restoration practices in european coastal habitats. Vliz special publication, 19: pp. 345-354
- R.E. Wolf, D.R. Gardisser, W.L. Williams (1999): Spray droplet analysis of air induction nozzles using WRK dropletscan technology. ASAE Paper No. 99-1026. St. Joseph, MI
- V.H. Knewitz, H. Koch, F. Lehn (2003): Einsatz eines Düsenverbandes und flächenbezogene Dosierung bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Gewächshaus. Gesunde Pflanzen, 55(3).

Verantwoordelijke uitgever:

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek

Eenheid Technologie en Voeding - Agrotechniek

Burg. Van Gansberghelaan 115, bus 1

B-9820 Merelbeke

Tel. 09 272 28 00

Website: <http://www.ilvo.vlaanderen.be>

Deze publicatie is te verkrijgen bij:

Elsy De Schamphelaere

Tel. 09 272 27 47

E-mail: elsy.deschamphelaere@ilvo.vlaanderen.be

Magda Van den Hauwe

Tel. 09 272 27 53

E-mail: magda.vandenhauwe@ilvo.vlaanderen.be

Foto's: Dieter Foqué & Pascal Braekman - ILVO

Wettelijk Depot: D/2008/10.970/...

Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
Eenheid Technologie & Voeding - Agrotechniek

Burg. Van Gansberghelaan 115, bus 1
B-9820 Merelbeke
tel. 09 272 28 00 – fax 09 272 28 01
T&VAT@ilvo.vlaanderen.be