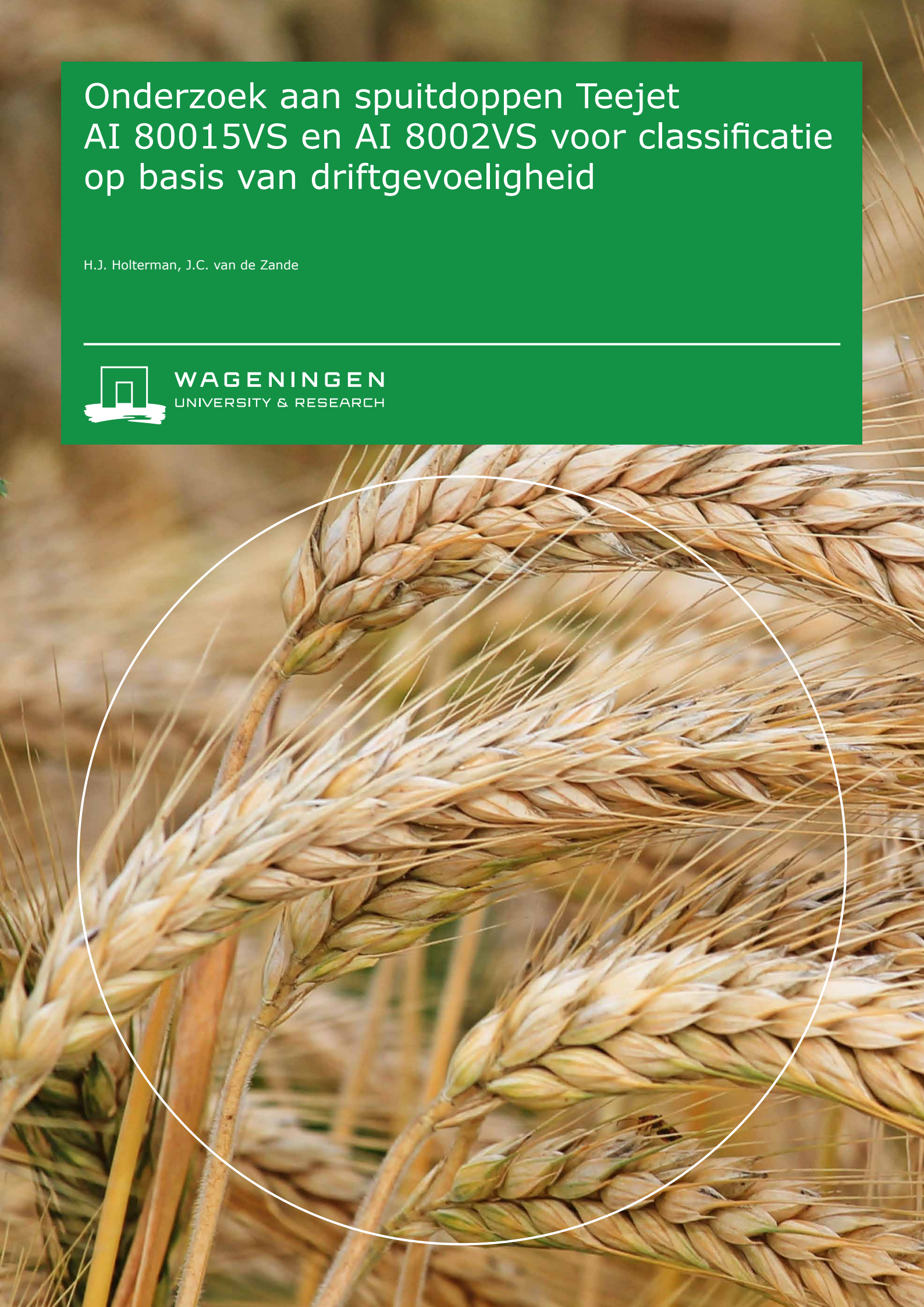


Onderzoek aan spuitdoppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS voor classificatie op basis van driftgevoeligheid

H.J. Holterman, J.C. van de Zande



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Onderzoek aan spuitdoppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS voor classificatie op basis van driftgevoeligheid

H.J. Holterman en J.C. van de Zande

Dit onderzoek is in opdracht van TeeJet Technologies Netherlands uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde (projectnummer 3710470800).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2022

Rapport WPR-997

Holterman, H.J., J.C. van de Zande, 2022. *Onderzoek aan spuitdoppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS voor classificatie op basis van driftgevoeligheid*. Wageningen Research, Rapport WPR-997. 30 blz.; 5 fig.; 7 tab.; 19 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/546835>

In deze studie zijn doppen van Teejet AI 80015VS en AI 8002VS onderzocht om hun driftgevoeligheid te classificeren voor toepassingen in zowel neerwaartse als op- en zijwaartse toedieningen. Voor de dopclassificatie bij neerwaartse toediening werden druppelgroottemetingen gedaan, waarvan de resulterende druppelgroottespectra en druppelsnelheden gebruikt werden in het IDEFICS driftmodel. Er zijn verschillende configuraties van de spuitboom onderzocht, door te variëren in dopafstand en spuitdophoogte. Van deze configuraties is eerst op een spuitbord vastgesteld of zij een voldoende gelijkmatige verdeling zouden geven, dat wil zeggen een lage variatiecoëfficiënt ($VC < 10\%$). Vervolgens zijn driftsimulaties uitgevoerd, waarna driftreducties ten opzichte van de referentiesituatie werden berekend en de configuraties werden vergeleken met de classificatiegrenzen. Volgens het huidige classificatiesysteem zijn alleen de situaties van belang waarbij spuitdophoogte 50 cm is en de buitenste dop zich op 50 cm vanaf de gewasrand bevindt. Hiervoor zou dootype AI 80015VS op grond van de berekende driftreducties bij een dopafstand van 50 cm ingedeeld kunnen worden in klasse DRD75 bij 200 kPa spuitdruk en in klasse DRD50 bij 500 kPa spuitdruk. Voor dit dootype is bij een dopafstand van 25 cm klasse DRD75 bereikbaar voor een spuitdruk van 200 en 300 kPa; voor 500 kPa spuitdruk zou dit klasse DRD50 zijn. Dotype AI 8002VS komt bij een dopafstand van 50 cm in aanmerking voor DRD75 bij 500 kPa spuitdruk. Bij een dopafstand van 25 cm komt dit dootype in aanmerking voor indeling in klasse DRD90 bij een spuitdruk van 200 kPa; bij 300 en 500 kPa zou dat dan klasse DRD75 zijn. Bij lagere spuitdophoogtes zijn hogere driftreducties mogelijk; deze situaties vallen echter buiten het huidige DRD-classificatiesysteem. Voor de dopclassificatie bij op- en zijwaartse toedieningen speelt alleen de volumefractie van kleinere druppels (V100) een rol. Deze V100 werd vergeleken met die van de grensdoppen voor driftreductieclassen bij op- en zijwaartse toedieningen, waarna een classificatie mogelijk was. Hieruit bleek dat de AI 80015VS bij een spuitdruk van 200 en 300 kPa voor op- en zijwaartse toepassingen als DRD90 zou kunnen worden geclassificeerd en bij 500 kPa als DRD75. Evenzo zou dootype AI 8002VS bij 200 kPa ingedeeld kunnen worden in klasse DRD95, bij 300 kPa in klasse DRD90 en bij 500 kPa in klasse DRD75.

Trefwoorden: druppelgrootte, drift, driftreductie, classificatie, simulatie

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-997

Foto omslag: licentievrije foto (CC0; www.pexels.com)

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en methoden	12
2.1 Selectie van spuitboomconfiguraties	13
2.2 Meetmethodiek druppelgrootte	13
2.3 Modelberekeningen	14
2.4 Indeling in driftreductieklassen	17
3 Meetresultaten	18
3.1 Vloeistofverdeling van spuitboomconfiguraties	18
3.2 Vloeistofafgifte	18
3.3 Druppelgroottespectrum	19
3.4 Driftdepositie en dopclassificatie neerwaarts	19
3.5 Dopclassificatie op- en zijwaarts	21
4 Conclusie	23
Literatuur	24
Bijlage 1 Overzicht metingen van druppelgroottes	25



Woord vooraf

Dit onderzoek naar de driftreducerende eigenschappen van spuitdoppen voor akkerbouw en fruitteelt is uitgevoerd in opdracht van Spraying Systems - TeeJet Technologies Netherlands. In zekere zin bijzonder, omdat nog niet eerder in één rapport dopclassificatie voor zowel neerwaartse als op- en zijwaartse toepassingen zijn onderzocht. Dit onderzoek is begeleid door dhr. Philip Lenaers (TeeJet Technologies Netherlands).

Samenvatting

In deze studie zijn doppen van Teejet AI 80015VS en AI 8002VS onderzocht om hun driftgevoeligheid te classificeren voor toepassingen in zowel neerwaartse als op- en zijwaartse toedieningen. Voor de dopclassificatie bij neerwaartse toediening werden druppelgroottemetingen gedaan, waarvan de resulterende druppelgroottespectra en druppelsnelheden gebruikt werden in het IDEFICS driftmodel. Er zijn verschillende configuraties van de spuitboom onderzocht, door te variëren in dopafstand en spuitdophoogte. Van deze configuraties is eerst op een spuitbord vastgesteld of zij een voldoende gelijkmatige verdeling zouden geven, dat wil zeggen een lage variatiecoëfficiënt ($VC < 10\%$). Vervolgens zijn driftsimulaties uitgevoerd, waarna driftreducties ten opzichte van de referentiesituatie werden berekend en de configuraties konden worden geclassificeerd. Volgens het huidige classificatiesysteem zijn alleen de situaties van belang waarbij spuitdophoogte 50 cm is en de buitenste dop zich op 50 cm vanaf de gewasrand bevindt. Hiervoor zou dootype AI 80015VS op grond van de berekende driftreducties bij een dopafstand van 50 cm ingedeeld kunnen worden in klasse DRD75 bij 200 kPa spuitdruk en in klasse DRD50 bij 500 kPa spuitdruk. Voor dit dootype is bij een dopafstand van 25 cm klasse DRD75 bereikbaar voor een spuitdruk van 200 en 300 kPa; voor 500 kPa spuitdruk zou dit klasse DRD50 zijn. Dotype AI 8002VS komt bij een dopafstand van 50 cm in aanmerking voor DRD75 bij 500 kPa spuitdruk. Bij een dopafstand van 25 cm komt dit dootype in aanmerking voor indeling in klasse DRD90 bij een spuitdruk van 200 kPa; bij 300 en 500 kPa zou dat dan klasse DRD75 zijn. Bij lagere spuitdophoogtes zijn hogere driftreducties mogelijk; deze situaties vallen echter buiten het huidige DRD-classificatiesysteem.

Voor de dopclassificatie bij op- en zijwaartse toedieningen speelt alleen de volumefractie van kleinere druppels (V_{100}) een rol. Deze V_{100} werd vergeleken met die van de grensdoppen voor driftreductieclassen bij op- en zijwaartse toedieningen, waarna een classificatie mogelijk was. Hieruit bleek dat de AI 80015VS bij een spuitdruk van 200 en 300 kPa voor op- en zijwaartse toepassingen als DRD90 zou kunnen worden geclassificeerd en bij 500 kPa als DRD75. Evenzo zou dootype AI 8002VS bij 200 kPa ingedeeld kunnen worden in klasse DRD95, bij 300 kPa in klasse DRD90 en bij 500 kPa in klasse DRD75.

Summary

In this study nozzle type Teejet AI 80015VS and AI 8002VS were investigated to establish their drift reduction classification for both downward and upward and sideways application techniques. For downward applications, drop size distributions and drop speeds were measured, which were fed into the IDEFICS spray drift model. Various sprayer boom setups were tested by varying sprayer boom height and inter-nozzle distance. These configurations were tested first on a patternator to evaluate the evenness of the spray liquid distribution, by quantifying the coefficient of variation (VC) and selecting the situations where $VC < 10\%$. Subsequently, drift simulations were carried out and drift reductions were determined with respect to a reference spray application. Finally, the configurations were classified regarding their drift reducing capabilities.

Currently, the Dutch classification system is for boom heights of 0.50 m only, while the outer nozzle should be positioned at 0.50 m inside the crop edge. Respecting these conditions, for the investigated situations the nozzle type AI 80015VS would be classified as DRN75 at liquid pressure of 200 kPa and a nozzle distance of 0.50 m; at 500 kPa liquid pressure a DRN50 classification would be possible. At nozzle distance of 0.25 m the nozzle type AI 80015VS would reach DRN75 at 200 and 300 kPa liquid pressure, while at 500 kPa liquid pressure the reduction class would be DRN50. The other nozzle type, AI 8002VS, would yield the DRN75 class at nozzle distance of 0.50 m and 500 kPa liquid pressure. At 0.25 m nozzle spacing the DRN90 reduction class is within reach at 200 kPa liquid pressure, while at 300 and 500 kPa this would be DRN75. At lower boom height higher reductions are possible; however, such situations are not covered by the current Dutch classification system.

Nozzle classification for upward and sideways application techniques only depends on the volume fraction of smaller drops (V_{100}). Measured values of V_{100} were compared with those of boundary nozzles from the nozzle classification for spray application in fruit orchards. This resulted in the following classification suggestions. Nozzle type AI 80015VS would be classified as DRN90 at 200 and 300 kPa liquid pressure and as DRN75 at 500 kPa liquid pressure. For nozzle type AI 8002VS the reduction class DRN95 would be appropriate at a liquid pressure of 200 kPa; at 300 kPa liquid pressure the class DRN90 would fit while at 500 kPa class DRN75 would be appropriate.

1 Inleiding

Het Activiteitenbesluit Milieubeheer (I&M, 2012, 2017a) bepaalt dat bij bespuitingen van een gewas met veldspuitapparatuur het gehele veld bespoten moet worden met een 75% driftreducerende techniek (DRT75). Bijvoorbeeld een standaard veldspuit uitgerust met 75% driftreducerende doppen (DRD75). In de "Beoordelingssystematiek emissiereducerende maatregelen open teelt" (TCT, 2017) en de daarin beschreven testmethode "Meetprotocol vaststellen driftreductie spuitdoppen-versie 15 maart 2021" (I&W, 2021; hierna kortweg aangeduid als 'meetprotocol') worden de eisen beschreven waaraan de spectra van spuitdoppen moeten voldoen om als driftarm te worden aangemerkt. Ook is hierin de toe te passen meetmethode vastgelegd. Driftarme doppen kunnen onderling behoorlijk verschillen in werkelijke driftreductie. Door de Technische Commissie Techniekbeoordeling (TCT, 2021a) worden spuitdop-druk combinaties daarom ingedeeld in driftreductieclassen (DRD50, DRD75, DRD90, DRD95) voor gebruik in de verschillende driftreducerende technieken (DRT; TCT, 2021b) en ter bepaling van de teeltvrije zone bij intensief gespoten gewassen.

Dit onderzoek omvat de doptypen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS (Spraying Systems). Bij spuitdrukken van 200, 300 en 500 kPa is de vloeistofverdeling gemeten op een spuitbord (ISO5682-1, 2014; ISO5682-2; 2017) voor verschillende combinaties van spuitdophoogte en dopafstand. Volgens ISO 16119-2, 2013 moet de variatiecoëfficiënt van deze vloeistofverdeling kleiner dan 7% bedragen; ISO 16122-2, 2015 noemt een variatiecoëfficiënt kleiner dan 10%, overeenkomstig het TCT-DRD meetprotocol (I&W, 2021). Voor de genoemde dop-drukcombinaties zijn druppelgroottemetingen gedaan. De resulterende druppelgroottespectra zijn gebruikt in berekeningen met het driftmodel IDEFICS (Holterman *et al.*, 1997) om de drift te bepalen naar het wateroppervlak van een standaardslot, voor alle situaties waarvoor de variatiecoëfficiënt van de verdeling op het spuitbord kleiner dan 7% was. Voor de situaties met variatiecoëfficiënt tussen 7 en 10% zijn allen die gevallen uitgewerkt waarvoor de spuitdophoogte 0,50 m bedroeg. Aan de hand van de uit de modelsimulaties berekende driftreductie ten opzichte van een referentiebespuiting zijn de onderzochte dop-drukcombinaties ingedeeld naar driftreductieclassen 75, 90 en 95%, analoog aan de methode beschreven door Porskamp *et al.* (1999), ISO22369 (2006) en het meetprotocol voor de bepaling en de classificatie van de driftreductie van spuitdoppen (I&W, 2021).

De onderzochte doppen kunnen ook toegepast worden in op- en zijwaartse bespuitingen. In de dopclassificatie voor de fruitteelt (Holterman *et al.*, 2015) is beschreven welke referentiedop en grensdoppen voor de diverse driftreductieclassen van toepassing zijn. Voor de dopclassificatie in de fruitteelt worden druppelgroottespectra vergeleken met die van de grensdoppen van de driftreductieclassen, om zo tot een indeling in driftreductieclassen te komen.

2 Materiaal en methoden

Van het dootype Teejet AI 80015VS en AI 8002VS (Figuur 1) werden het druppelgroottespectrum en de druppelsnelheden bepaald met behulp van de optische methode phase-doppler anemometrie (PDA) bij spuitdrukken 200, 300 en 500 kPa. Ook het druppelgroottespectrum van de grensdop Fijn/Midden voor neerwaartse toediening (F/M; Lurmark 31-03-F110 bij een spuitdruk van 300 kPa) van de klassenindeling volgens de British Crop Protection Council (BCPC, Southcombe *et al.*, 1997) is op soortgelijke wijze gemeten; deze referentiedop wordt verder aangeduid als BCPC F/M. Voor classificatie voor de fruitteelt worden andere referentiedoppen en grensdoppen gehanteerd (Holterman *et al.*, 2015). Ook deze doppen zijn in de spectrummetingen meegenomen.

Als spuitvloeistof werd leidingwater toegepast. De resulterende spectra werden gebruikt in het simulatiemodel IDEFICS (versie 0.434; Holterman *et al.*, 1997) om de verwachte drift naar een standaardslot te berekenen voor een gestandaardiseerde volvelds bespuiting. De evaluatiestrook voor driftdepositie komt overeen met de positie van het wateroppervlak; dit is 1,625-2,625 m vanaf de gewasrand. De simulaties met de onderzochte dooptypen werden uitgevoerd voor een dopafstand van 0,50 m of een dopafstand van 0,25 m. In het laatste geval is voor een goede aansluiting van het spuitbeeld tussen verschillende spuitgangen, de strook tussen spuitgangen in principe 0,25 m smaller dan voor een bespuiting met dopafstand van 0,50 m. Hieruit is af te leiden dat in de eerste spuitgang de buitenste spuitdop de helft hiervan, dus 0,125 m, dichterbij de gewasrand geplaatst moet zijn dan de buitenste dop bij een standaardbespuiting. Voor de referentiesituatie (BCPC F/M) bevindt de eerste spuitdop zich 0,50 m binnen de gewasrand, zodat de evaluatiestrook 2,125-3,125 m vanaf deze dop ligt (zie Figuur 3). Voor de geteste situaties met dopafstand 0,25 m bevindt de eerste dop zich op 0,375 m binnen de gewasrand; de evaluatiestrook ligt dan op 2,000-3,000 m vanaf de buitenste dop (zie Figuur 4).

Recent is het meetprotocol voor driftreducerende doppen aangepast voor doppen met kleinere tophoek (80-90°), waarmee deze doppen getest mogen worden bij dopafstand van 0,25 m en een spuitdophoogte 0,50 m (I&W, 2021). Het meetprotocol schrijft echter nog wel voor dat de buitenste dop zich op 0,50 m vanaf de gewasrand moet bevinden. Daarmee voldoet bovengenoemde methode, waarbij alle doppen 0,125 m naar buiten worden gezet, niet aan het meetprotocol. Daarom worden bij de driftsimulaties met IDEFICS in dit rapport beide situaties behandeld. In paragraaf 2.3 wordt dit nader besproken.

Driftdepositie wordt uitgedrukt als percentage van de uitgebrachte dosering per oppervlakte-eenheid. Aan de hand van de berekende drift van de BCPC F/M referentiedop en de geteste combinaties met de Teejet-doppen werden de dop-drukcombinaties beoordeeld naar het systeem van driftreductieclassen (volgens ISO22369 t.o.v. de BCPC F/M grensdop) volgens het classificatiesysteem van de TCT (TCT, 2017).



Figuur 1 Doptype Teejet AI 8002VS en AI 80015VS.

2.1 Selectie van spuitboomconfiguraties

Op het spuitbord is de vloeistofverdeling gemeten voor verschillende combinaties van spuitdophoogte en dopafstand voor de doptypen AI 8001VS5 en AI 8002VS bij 200, 300 en 500 kPa:

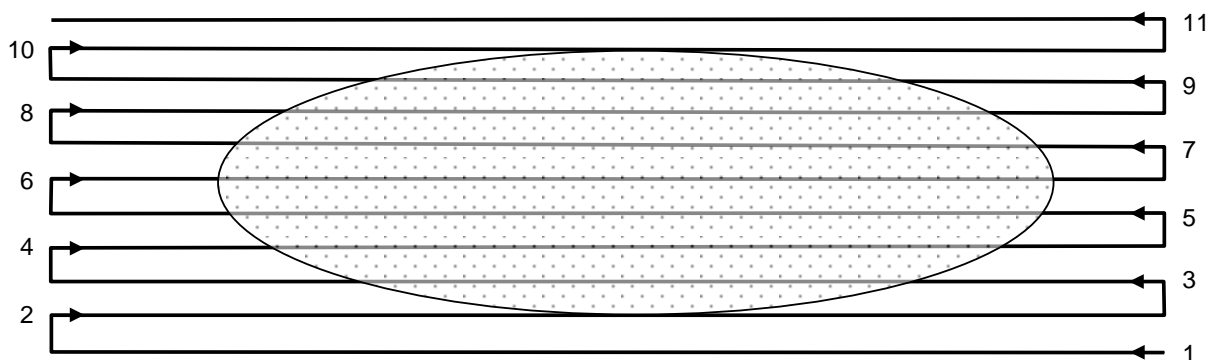
- Dopafstand 0,50 m bij spuitdophoogte 0,50 m boven het gewas
- Dopafstand 0,25 m bij:
 - Spuitdophoogte 0,50 m (boven het gewas)
 - Spuitdophoogte 0,40 m
 - Spuitdophoogte 0,30 m

Bij een dopafstand van 0,25 m konden 10 doppen boven het spuitbord geplaatst worden. Bij een dopafstand van 0,50 m was er plaats voor 5 doppen. Het spuitbord had gootjes van 0,025 m breed. Voor de bepaling van de variatiecoëfficiënt (VC) zijn steeds 4 gootjes samengenomen om een effectieve gootbreedte van 0,10 m te verkrijgen. Vervolgens is de VC berekend over een breedte van 1,00 m uit het midden van de verdeling. Combinaties die een variatiecoëfficiënt (VC) lager dan 10% opleverden, zijn verder uitgewerkt in simulaties met IDEFICS om driftdeposities en driftreducties te bepalen voor een volvelds bespuiting, met uitzondering van enkele gevallen die buiten de condities van het meetprotocol vielen (zie paragraaf 3.1).

2.2 Meetmethodiek druppelgrootte

Van 10 exemplaren van de te onderzoeken doppen is de vloeistofafgifte bepaald bij een bepaalde vloeistofdruk. Uit deze waarden is de mediaan bepaald om vervolgens de 3 doppen te kunnen selecteren, waarvan de afgifte het dichtst bij de mediaan lag. Van de geselecteerde 3 doppen werden vervolgens het druppelgroottespectrum en druppelsnelheden bepaald met een Phase Doppler Particle Analyzer (PDPA, TSI). De spuitvloeistof hierbij was leidingwater van 20°C. De meetruimte werd ingesteld op een temperatuur van 20°C en een relatieve luchtvochtigheid van 70%.

Bij de metingen van het druppelgroottespectrum beschreef de doppositie een patroon van 11 parallelle banen (Figuur 2). De lengte van de banen en hun onderlinge afstand werden per situatie zodanig ingesteld, dat het banenpatroon het totale spuitpatroon goed afdekte. De snelheid waarmee het banenpatroon werd doorlopen, werd daarbij zodanig afgesteld, dat ten minste 10000 druppels per meting werden gemeten. Voor zowel de Teejet-doppen als de referentie- en grensdoppen was de dophoogte 0,35 m boven het meetvlak. De meethoogte boven de vloer bedroeg 0,70 m. Ten slotte werd de tophoek van de spuitkegel elke dopdrukcombinatie geometrisch bepaald.



Figuur 2 *Patroon van de banen voor het scannen van de druppelgrootteverdeling in een horizontaal vlak 0,35 m onder een spuitkegel van een spleetdop. De baanlengte en de onderlinge baanafstand werden aangepast aan de spuitpatronen van de te meten doppen. Baan 6 is de middelste baan loodrecht onder de dop.*

Van elk van de drie geselecteerde doppen werd de druppelgroottebepaling in drievoud uitgevoerd. Per meetdag werden ook metingen uitgevoerd voor de referentiedop neerwaarts toediening (BCPC F/M), voor op- en zijwaartse toediening de referentiedop (Albuz Lila) en de grensdop voor de verwachte driftreductieklasse van de op die dag geteste dop-drukcombinatie van de Teejet-doppen.

Voor de bepaling van het snelheidsverloop van druppels in de spuitkegel, zijn afzonderlijke metingen uitgevoerd met de PDPA. Deze puntmetingen zijn uitgevoerd in het centrum van de spuitkegel op 4, 6, 9, 12, 15, 20, 25 en 30 cm midden onder de dop. De meetresultaten bestonden uit de verticale snelheid en de diameter van elke gedetecteerde druppel. Hieruit werd de gemiddelde druppelsnelheid afgeleid als functie van druppelgrootte en afstand onder de dop. Deze resultaten werden vervolgens gebruikt om voor het IDEFICS driftmodel de entrainment te bepalen (de luchtstromingen in de spuitkegel) en de beginsnelheid van druppels bij het verlaten van de spuitdop.

De PDPA was tijdens de metingen als volgt ingesteld:

- Laservermogen in meetpunt 25 mW
- Focus frontlens transmitter 1000 mm
- Focus frontlens detector 1000 mm
- Expander/contractor contractor
- Detectiehoek 40o
- Detectorspanning 540 V
- Signaaldrempel 50 mV
- Meetbereik 5 - 1250 μm (voor doppen in DRD95-bereik: 5 – 1500 μm)
- Diameter resolutie 2,4 μm
- Probe Volume Correction ja

Het laservermogen werd vooraf aan elke meting gecontroleerd en zo nodig bijgesteld. Ook de inkoppeling van de laserstralen in de glasvezels in de zogenaamde 'fiber-drive' werd voorafgaande aan elke meting gecontroleerd. Deze mechanische koppeling is zeer gevoelig voor temperatuurveranderingen en trillingen. Daarbij was steeds het nuttig laservermogen ter plaatse van de feitelijke meting leidend: dit vermogen werd constant gehouden op de genoemde waarde van 25 mW.

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

- D_{V10} [μm]; 10% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V10} .
- D_{V50} [μm] = VMD [μm] (Volume Median Diameter); 50% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V50} .
- D_{V90} [μm]; 90% van het volume bestaat uit druppels die een diameter hebben die kleiner is dan de waarde van D_{V90} .
- V_{100} [%]; volumepercentage van druppels met een diameter kleiner dan 100 μm .
- v_{gem} [m/s]; gemiddelde snelheid van alle gemeten druppels.

2.3 Modelberekeningen

De resultaten van de metingen van de druppelgrootteverdeling en de druppelsnelheden werden als invoer in het driftmodel IDEFICS-win (versie 0.434; maart 2020) gebruikt. Voor de modelberekeningen met de Teejet AI 80015VS en AI 8002VS doppen werden de volgende instellingen gebruikt, voor zover de VC van de spuitbordmetingen minder dan 10% zou bedragen:

- Dopafstand 0,50 m en dophoogte 0,50 m boven het gewas
- Dopafstand 0,25 m bij:
 - Spuitdophoogte 0,50 m (boven het gewas)
 - Spuitdophoogte 0,40 m
 - Spuitdophoogte 0,30 m

Voor de classificatie naar het meetprotocol (I&W, 2021) is alleen een spuitdophoogte van 0,50 m van belang. Echter, de toepassing van een dopafstand van 0,25 m biedt juist de mogelijkheid om met een verlaagde spuitboom te werken waarbij vaak toch een voldoende lage VC bereikt kan worden. Daarom zijn ook de situaties bij spuitdophoogte van 0,30 en 0,40 m in dit rapport opgenomen, maar alleen bij VC <7%.

Verder waren de volgende instellingen van toepassing:

- Bij dopafstand 0,25 m: plaats van de laatste spuitdop 0,375 m binnen het gewas*
- Bij dopafstand 0,50 m: plaats van de laatste spuitdop 0,50 m binnen het gewas*
- Een gewashoogte van 0,50 m;
- Rijsnelheid 1,67 m/s (= 6,0 km/u);
- Rijrichting evenwijdig aan de gewasrand;
- Windrichting loodrecht op de gewasrand van het gewas af gericht;
- Windsnelheid 3 m/s (op 2 m hoogte);
- Relatieve luchtvochtigheid 60%;
- Luchttemperatuur 15°C;
- Stabiliteit van de atmosfeer neutraal (geen thermiek).

In de referentiesituatie met de BCPC-F/M doppen gold een spuitdophoogte van 0,50 m en een dopafstand van 0,50 m.

* De uitgangssituatie was een gewas aardappelen met de laatste rug op 0,75 m van de insteek van de sloot, bij een dopafstand van 0,50 m staat de buitenste spuitdop op 0,125 m buiten het midden van de laatste rug; gewasontwikkeling tot de insteek. Bij de berekeningen met IDEFICS is ter correctie van een aflopende gewasrand de afstand van de laatste dop tot de gewasrand afgerond op 0,50 m (zie Figuur 3). Voor de situaties met dopafstand van 0,25 m bevindt de buitenste dop zich op 0,25 m buiten het midden van de laatste rug, dus op 0,375 m vanaf de gewasrand (Figuur 4). Dit is nog niet op deze wijze toegestaan voor de classificatie volgens het meetprotocol (I&W, 2021), waarbij de buitenste dop zich altijd 0,50 m vanaf de gewasrand moet bevinden, ook bij 0,25 m dopafstand. De landbouwpraktijk van aansluitende spuitgangen leidt echter tot een buitenste doppositie van 0,375 m, zoals beschreven in de inleiding van Hoofdstuk 2. Daarbij werkt een buitenste doppositie van 0,50 m ook als impliciete mitigerende maatregel (niet gebonden aan het doptype) en zou dus in feite ongewenst zijn.

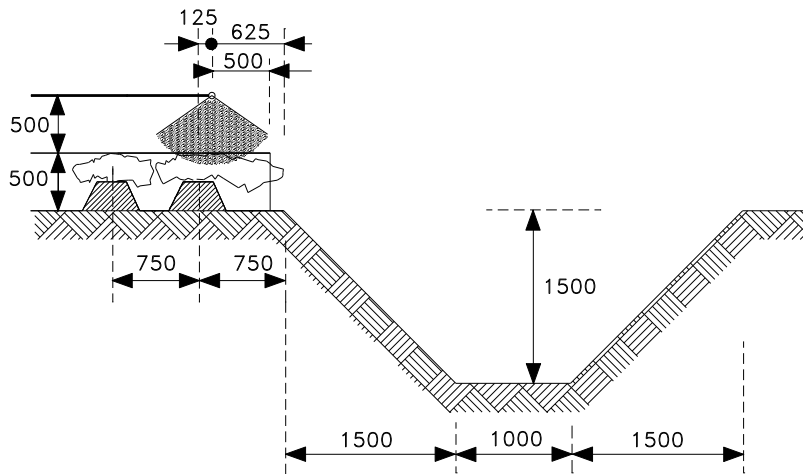
De volvelds simulaties zijn in vijfvoud uitgevoerd, met 30.000 druppels per dop, voor 14 doppen verdeeld over een spuitbreedte van 50 m. Door middel van interpolatie en extrapolatie voor niet gesimuleerde doppen is een simulatie van een volvelds bespuiting mogelijk.

De resultaten van de modelberekeningen gaven de depositiewaarden op aaneensluitende strookjes met breedte 0,25 m, gerekend vanaf de gewasrand. Deze resultaten werden bewerkt tot gemiddelde deposities op de strook 2,125-3,125 m vanaf de laatste spuitdop (bij dopafstand 0,50 m). Dit is de strook waarvoor bij de gekozen uitgangssituatie voor aardappelen het wateroppervlak van de sloot ligt (Huijsmans *et al.*, 1997). Bij dopafstand 0,25 m staat de buitenste dop 0,125 m verder naar buiten, zodat de evaluatiestrook op 2,000-3,000 m vanaf deze laatste dop ligt.

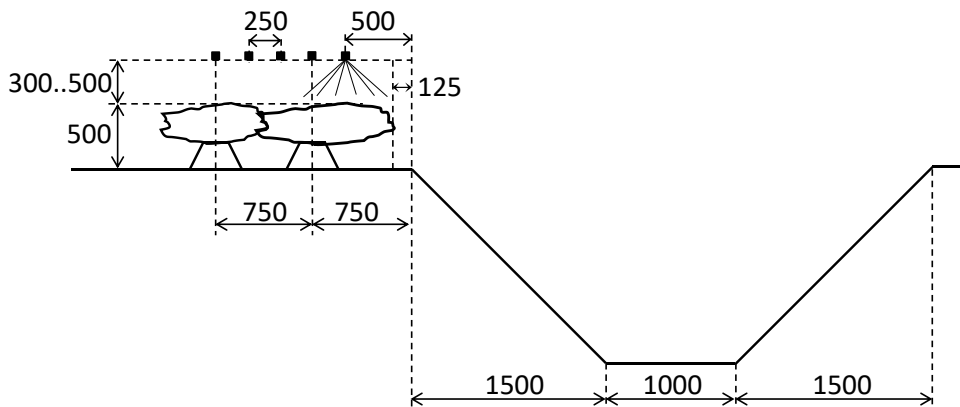
Zoals hierboven vermeld, voldoet deze werkwijze met verschoven dopposities niet aan het meetprotocol voor driftreducerende doppen (I&W, 2021), waarbij de buitenste doppositie altijd 0,50 m vanaf de gewasrand moet zijn. De simulaties zijn echter uitgevoerd met een buitenste doppositie van 0,375 m. Zie Figuur 5; de dopposities in de simulaties zijn posities aangeduid met B, waarvoor de buitenste dop zich 0,375 m vanaf de gewasrand bevindt. Het meetprotocol schrijft voor dat posities A gebruikt moeten worden, met de buitenste dop 0,50 m vanaf de gewasrand. De uitgevoerde simulaties (bij posities B) kunnen als volgt gebruikt worden om in zeer goede benadering de driftdepositie te schatten wanneer de dopposities A zouden zijn toegepast, zonder de simulaties opnieuw te hoeven uitvoeren voor doppen op posities A.

De gesimuleerde situatie met doppen op posities B noemen we situatie 1. Omdat de buitenste dop van de B-reeks dicht bij de gewasrand staat dan die van de A-reeks, is de volvelds driftdepositie met doppen op de B-posities hoger dan met doppen op de A-posities. Wanneer nu de buitenste dop (van de B-reeks) dicht gezet zou worden (hierna te noemen: situatie 2), zou de volvelds driftdepositie juist lager zijn dan met de

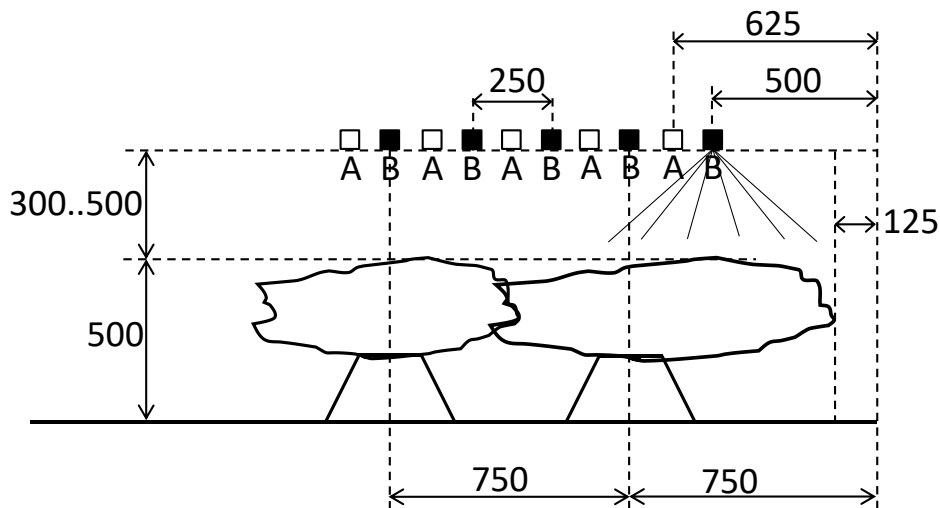
doppen op posities A. Door de driftdeposities van situaties 1 en 2 te middelen, wordt een goede schatting verkregen van de driftdeposities met doppen op de vereiste posities A. Deze methodiek is toegepast om de driftdeposities te bepalen voor doppen op posities A, om te voldoen aan het meetprotocol.



Figuur 3 Overzicht van de situatie voor de modelberekeningen bij een gewas aardappelen (afmetingen in mm).



Figuur 4 Overzicht van de situatie voor de modelberekeningen bij een gewas aardappelen voor de situatie met spuitdophoogtes 0,30 tot 0,50 m en dopafstand 0,25 m (afmetingen in figuur in mm). De buitenste dop bevindt zich 0,375 m vanaf de gewasrand.



Figuur 5 Verduidelijking voor aanpassing simulaties bij 0,25 m dopafstand om te voldoen aan meetprotocol. Dopposities A zijn voorgeschreven in meetprotocol, maar posities B zijn gebruikt in de simulaties (afmetingen in figuur in mm).

2.4 Indeling in driftreductieklassen

De driftreductie is berekend analoog aan de methode van Porskamp *et al.* (1999) ten opzichte van een referentiedop BCPC F/M en zoals weergegeven in het meetprotocol (I&W, 2021). Het referentiespectrum is op dezelfde dagen gemeten als waarop de druppelgroottemetingen van de onderzochte Teejet-doppen zijn uitgevoerd.

Er is enige statistische spreiding te verwachten in zowel het gemiddelde druppelgroottespectrum (wat gevolgen heeft voor de berekende drift) als in de resultaten van de driftberekeningen op zich. Door de herhaalde metingen van druppelgroottespectra en de herhalingen in de driftsimulaties zijn deze onzekerheden sterk te reduceren. Het blijkt dat de onzekerheid in de berekende driftwaarden ongeveer 1% bedraagt. Hieruit is af te leiden dat bij een driftreductie van 75% de onzekerheid ca. 0,4% is, bij 90% ca. 0,2% en bij 95% ca. 0,1%. Gewoonlijk wordt de driftreductie afgerond op hele procenten, wat dus altijd een ruim voldoende zekerheid biedt. Bij de voorgestelde indeling van dop-drukcombinaties in driftreductieklassen is hiermee in deze rapportage geen rekening gehouden. Analoog aan de klassenindelingen in Duitsland (Ganzelmeier en Rautmann, 2000) en Engeland (Gilbert, 2000) en de beoordeling van resultaten van veldproeven (ISO-22369, 2006; I&M, 2017b) is uitgegaan van de absolute waarden 50, 75, 90 en 95% voor het vastleggen van de grenzen van de reductieklassen.

Voor de dopclassificatie voor op- en zijwaartse toediening wordt de V_{100} van de te onderzoeken dop-drukcombinatie vergeleken met de V_{100} -waarden van de grensdoppen voor driftreductieklassen die in de fruitteelt zijn vastgesteld (Holterman *et al.*, 2015). Een dop-drukcombinatie kan worden ingedeeld in een zekere driftreductieklasse als de gemeten V_{100} gelijk is aan of kleiner dan de V_{100} van de grensdop van die klasse, maar groter is dan de V_{100} van de grensdop bij de eerstvolgende hogere klasse. De referentie- en grensdoppen voor de fruitteelt staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1 Referentiedop en grensdoppen voor classificatie van doppen naar driftreductie in de fruitteelt (Holterman *et al.*, 2015).

Doptype	Spuitdruk [kPa]	Grensdop
Albuz Lila (ATR 80)	700	REF
Teejet DG 8002	700	DRD50
Albuz AVI 80015	700	DRD75
Lechler ID 9001	500	DRD90
Albuz TVI 80025	700	DRD95

3 Meetresultaten

3.1 Vloeistofverdeling van spuitboomconfiguraties

Op het spuitbord zijn de verdelingspatronen gemeten van de Teejet AI 80015VS en AI 8002VS doppen bij 200, 300 en 500 kPa en verschillende combinaties van spuitdophoogte en dopafstand zoals genoemd in paragraaf 2.1. De variatiecoëfficiënt (VC) bij een effectieve gootbreedte van 10 cm is bepaald over een lengte van 1,00 m uit het midden van de vloeistofverdeling. De resultaten staan in Tabel 2. De gevallen waarbij de VC kleiner dan 7% was, zijn gemarkeerd als een blauwe cel in de tabel. Aanvankelijk zijn alleen de combinaties met VC < 7% verder uitgewerkt in de driftsimulaties met IDEFICS en de bepaling van driftreducties. In een later stadium zijn daaraan vier combinaties met VC ≤ 10% aan toegevoegd, maar alleen de combinaties waarbij de spuitdophoogte 0,50 m bedroeg, conform het DRD-meetprotocol. Deze extra combinaties zijn oranje en cursief gemarkeerd in de tabel. De VC voor de AI 8002 bij 0,50 m boomhoogte, 0,50 m dopafstand en 500 kPa ligt exact op 10,0% en is daarmee een grensgeval (en strikt genomen dus niet < 10%). In de meeste gevallen is bij hogere spuitdruk de VC van de verdeling lager is dan bij lagere spuitdruk bij gelijke spuitdophoogte en dopafstand.

Tabel 2 Variatiecoëfficiënt van onderzochte combinaties van spuitdophoogte en dopafstand voor AI 80015VS, AI 8002VS bij 200, 300 en 500 kPa spuitdruk.

Doptype	Dopafstand [m]	Spuitdophoogte.[m]	VC [%] ¹		
			200 kPa	300 kPa	500 kPa
AI 80015VS	0,50	0,50	7,7	11,1	7,6
		0,25	5,7	4,1	4,0
	0,40	0,40	8,9	5,0	3,1
		0,30	14,7	5,8	3,7
AI 8002VS	0,50	0,50	17,5	14,6	10,0
		0,25	8,8	4,7	5,9
	0,40	0,40	5,3	5,6	4,7
		0,30	17,8	8,3	4,9

¹ combinaties waarvoor VC < 7%, zijn blauw gekleurd. Combinaties met VC tussen 7 en 10% en spuitdophoogte 0,50 m zijn cursief gezet en oranje gekleurd.

3.2 Vloeistofafgifte

Tien doppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS werden genummerd en voor elk van deze doppen werd vervolgens de vloeistofafgifte gemeten bij vloeistofdruk van 300 kPa. De drie doppen met een afgifte het dichtst bij de mediaan werden geselecteerd voor de metingen van de druppelgrootteverdelingen met de PDPA. De gemeten afgifte, mediaan en nummers van de drie geselecteerde doppen staan vermeld in Tabel 3.

Tabel 3 Afgiftemetingen voor tien doppen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS bij een vloeistofdruk van 300 kPa. In de laatste twee kolommen zijn de bijbehorende mediaan en de nummers van de drie geselecteerde doppen, waarvan de afgifte het dichtst bij de mediaan ligt, gegeven.

Doptype	Dopnummers en afgifte [ml/min]										mediaan	gekozen doppen
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 [ml/min]		
AI 80015VS	607,5	599,0	597,5	605,0	618,5	609,0	608,0	602,5	604,0	620,5	606,3	1 4 7
AI 8002VS	782,5	797,5	782,5	797,5	790,0	787,5	787,5	780,0	790,0	782,5	787,5	6 7 9

3.3 Druppelgroottespectrum

In Tabel 4 is het gemiddelde van de karakteristieke grootheden voor de geteste Teejet-doppen bij verschillende vloeistofdrukken samengevat, zoals bepaald met de PDPA. De bijbehorende metingen van de BCPC-F/M referentiedop voor de neerwaartse toedieningen als ook de Albuz-Lila referentiedop en grensdoppen voor op- en zijwaartse toedieningen zijn eveneens in deze tabel opgenomen. Van elk van de drie geselecteerde doppen (Tabel 3) werd de druppelgrootteverdeling in drievoud gemeten. De meetwaarden van de individuele metingen staan in Bijlage 1.

Voor de driftsimulaties met IDEFICS is ook de tophoek van de spuikegel van belang. Deze zijn eveneens in Tabel 4 vermeld. Voor dopclassificatie op- en zijwaarts worden geen driftsimulaties gedaan en is alleen het spectrum bepalend. Voor de referentie- en grensdoppen voor op- en zijwaartse toediening zijn dan ook geen tophoekbepalingen uitgevoerd.

Tabel 4 *Samenvatting van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de Teejet AI 80015VS en AI 8002VS -doppen bij verschillende vloeistofdrukken. Tevens soortgelijke gegevens voor de referentiedop neerwaarts (BCPC F/M), referentiedop op- en zijwaarts (Albuz Lila) en de grensdoppen op- en zijwaarts. Gemeten met PDPA.*

Doctype	Vloeistof- druk kPa]	D _{v10} [µm]	D _{v50} [µm]	D _{v90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Tophoek [°] ¹	Gem. aantal druppels
BCPC F/M: Ref	300	112	215	358	6,73	3,57	110	34800
Albuz Lila: Ref	700	77	125	175	24,7	1,39	-	20300
DG 8002: DRD50	700	124	242	390	5,05	4,14	-	25100
AVI 80015: DRD75	700	144	286	477	3,10	3,56	-	17600
ID 9001C: DRD90	500	249	538	868	0,74	2,14	-	15100
TVI 80025: DRD95	700	309	620	1020	0,29	1,91	-	12000
AI 80015VS	200	326	664	1052	0,30	2,21	72	11400
	300	260	531	862	0,55	2,42	81	12400
	500	197	412	681	1,18	2,63	108	16000
AI 8002VS	200	336	684	1061	0,25	2,42	74	10600
	300	268	549	879	0,48	2,62	83	11500
	500	206	430	713	1,00	2,97	95	13600

¹ voor de referentie- en grensdoppen voor op- en zijwaartse toediening is een tophoekbepaling niet nodig en daarom niet uitgevoerd.

3.4 Driftdepositie en dopclassificatie neerwaarts

Met het driftmodel IDEFICS zijn volvelds berekeningen uitgevoerd voor de gekozen situaties van vloeistofdruk, spuitdophoogte en dopafstand zoals geselecteerd op basis van VC; zie Tabel 2. De driftsimulaties zijn in vijfvoud uitgevoerd, waarvan vervolgens het gemiddelde en de standaardfout van het gemiddelde (SEM, standard error of mean) van de driftdepositie op de evaluatiestrook werden bepaald. Deze waarden staan in Tabel 5 vermeld; hierbij bevond de buitenste dop zich voor de Teejet AI-doppen op 0,375 m binnen de gewasrand. De gemiddelde driftreductie op die strook is bepaald ten opzichte van de driftdepositie voor een referentiebespuiting met BCPC-F/M doppen. Ten slotte is de verwachte indeling in driftreductieclassen op grond van deze driftreducties in de tabel opgenomen. De standaardfouten in de driftwaarden zijn erg klein, zodat de toevallige fout in de driftreducties ook klein is: 0,1% voor de hoogste driftreducties, oplopend tot 0,4% voor de laagste driftreducties in de tabel.

Tabel 5 Berekende driftdepositie en driftreducties op de strook 1,625-2,625 m vanaf de gewasrand¹ voor de Teejet AI 80015VS en AI 8002VS-doppen bij verschillende vloeistofdrukken en spuitdophoogtes en voor de referentiebespuiting (BCPC F/M); met bijbehorende mogelijke indeling in driftreductieklassen. Voor de situaties met dopafstand 0,25 m zat de buitenste dop op 0,375 m vanaf de gewasrand; voor de situaties met dopafstand 0,50 m zat de buitenste dop 0,50 m vanaf de gewasrand.

Dootype	Vloeistofdruk [kPa]	Dopafstand [m]	Spuitdophoogte [m]	Drift [% dosering]	SEM ² [% dosering]	Reductie [%]	Driftreductie- klasse		
							50%	75%	90%
BCPC F/M	300	0,50	0,50	2,125	0,018	-			
AI 80015VS	200	0,50	0,50	0,240	0,002	89		X	
		0,50	0,50	0,676	0,006	68	X		
		0,25	0,50	0,248	0,001	88		X	
	300	0,25	0,50	0,376	0,004	82		X	
		0,25	0,40	0,237	0,001	89		X	
		0,25	0,30	0,148	0,002	93			X
	500	0,25	0,50	0,690	0,004	68	X		
		0,25	0,40	0,438	0,004	79		X	
		0,25	0,30	0,276	0,006	87		X	
AI 8002VS	500	0,50	0,50	0,508	0,002	76		X	
		0,25	0,50	0,219	0,001	90			X
	200	0,25	0,40	0,135	0,001	94			X
		0,25	0,50	0,340	0,001	84		X	
	300	0,25	0,40	0,216	0,002	90			X
		0,25	0,50	0,524	0,007	75		X	
500	0,25	0,40	0,337	0,003	84		X		
	0,25	0,30	0,210	0,003	90			X	

¹ bij dopafstand 0,50 m komt dit overeen met 2,125-3,125 m vanaf de buitenste dop;

bij dopafstand 0,25 m is dit 2,000-3,000 m vanaf de buitenste dop.

² SEM = standard error of mean, rekening houdend met 5 onafhankelijke driftsimulaties in elke situatie.

Volgens het huidige meetprotocol moet de buitenste dop ook in situaties met 0,25 m dopafstand op de positie 0,50 m binnen de gewasrand zitten. Met behulp van de methode beschreven in paragraaf 2.3 is voor deze situatie de driftdepositie bepaald, zonder de simulaties met IDEFICS opnieuw te moeten doen. De resulterende driftdeposities, bijbehorende SEM, driftreductiepercentage en verwachte driftreductieklasse indeling staan vermeld in Tabel 6. Doordat voor dopafstand 0,25 m alle spuitdoppen nu 0,125 m verder vanaf de gewasrand zitten, is de driftdepositie lager, ten opzichte van de overeenkomstige situaties uit Tabel 5. Gemiddeld blijkt de driftdepositie op de standaardslot ca. 8% lager uit te vallen. Dit leidt tot driftreducties die gemiddeld ca. 1% hoger zijn. Wat betreft de mogelijke indeling in driftreductieklassen is er maar één verschil: de AI 80015VS bij 300 kPa en spuitdophoogte 40 cm zou nu in de DRD90-klasse kunnen komen (Tabel 6). Overigens valt deze laatste situatie buiten de classificatie volgens het meetprotocol, omdat de spuitdophoogte slechts 40 cm is. Alleen de blauw gemarkeerde regels in Tabel 6 voldoen aan de vereisten voor classificatie volgens het DRD-meetprotocol (namelijk spuitdophoogte 0,50 m).

Tabel 6 Berekende driftdepositie en driftreducties op de strook 1,625-2,625 m vanaf de gewasrand¹ voor de Teejet AI 80015VS en AI 8002VS-doppen bij verschillende vloeistofdrukken en spuitdophoogtes en voor de referentiebespuiting (BCPC F/M); in alle gevallen bevond de buitenste dop zich op 0,50 m vanaf de gewasrand, conform het DRD-meetprotocol (I&W, 2021). Voor de situaties met dopafstand 0,25 m is daartoe de in paragraaf 2.3 beschreven methode toegepast om de juiste driftdeposities te bepalen. Met bijbehorende mogelijke indeling in driftreductieclassen. De blauw gemarkeerde situaties voldoen aan de voorschriften van het DRD-meetprotocol (d.w.z. spuitdophoogte is 0,50 m).

Doptype	Vloeistofdruk [kPa]	Dopafstand [m]	Spuitdophoogte [m]	Drift		SEM ²	Reductie [%]	Driftreductie- klasse		
				[% dosering]	[% dosering]			50%	75%	90%
BCPC F/M	300	0,50	0,50	2,125	0,018		-			
AI 80015VS	200	0,50	0,50	0,240	0,002	89		X		
			0,50	0,676	0,006	68	X			
	200	0,25	0,50	0,225	0,001	89		X		
			0,50	0,343	0,003	84		X		
	300	0,25	0,40	0,217	0,001	90			X	
			0,30	0,136	0,002	94			X	
		0,50	0,25	0,50	0,630	0,005	70	X		
			0,25	0,40	0,403	0,005	81		X	
	AI 8002VS	500	0,25	0,30	0,256	0,006	88		X	
				0,50	0,508	0,002	76		X	
200		0,25	0,50	0,197	0,001	91		X		
			0,40	0,123	0,001	94		X		
300		0,25	0,50	0,309	0,001	85		X		
			0,40	0,198	0,002	91		X		
500	0,25	0,50	0,480	0,006	77		X			
		0,40	0,311	0,003	85		X			
		0,25	0,30	0,194	0,003	91		X		

¹ bij dopafstand 0,50 m komt dit overeen met 2,125-3,125 m vanaf de buitenste dop.

² SEM = standard error of mean, rekening houdend met 5 onafhankelijke driftsimulaties in elke situatie.

3.5 Dopclassificatie op- en zijwaarts

Voor classificatie van de dop-drukcombinaties voor op- en zijwaartse toedieningen is de waarde van V_{100} van belang in relatie tot die van de grensdoppen van de diverse DRD-classes; zie Tabel 4. De driftreductieklasse van een dop-drukcombinatie wordt dan bepaald door de hoogst mogelijke klasse van de grensdoppen, zodanig dat de V_{100} van de bijbehorende grensdop gelijk is aan of hoger dan de V_{100} van de onderzochte dop-drukcombinatie. Bijvoorbeeld de AI 80015VS bij 200 kPa heeft een V_{100} van 0,30% (Tabel 7). De eerstvolgende hogere V_{100} van de grensdoppen is 0,74%, namelijk voor grensdop DRD90. Zodoende komt de AI 80015VS bij 200 kPa in aanmerking voor indeling in klasse DRD90. Tabel 7 vermeldt ook de overige voorgestelde klasse-indelingen. De AI 80015VS komt bij 200 en 300 kPa in aanmerking voor indeling als DRD90, bij 500 kPa als DRD75. De AI 8002VS komt bij 200 kPa in aanmerking voor indeling in klasse DRD95, bij 300 kPa voor DRD90 en bij 500 kPa voor DRD75.

Tabel 7 Classificatie van Teejet AI 80015VS en AI 8002VS -doppen voor op- en zijwaartse toediening, op basis van vergelijking van V100 waarden met die van de diverse grensdoppen fruitteelt.

Doptype	Vloeistofdruk [kPa]	V₁₀₀ [%]	DRD50	DRD75	DRD90	DRD95
Albuz Lila: Ref	700	24,7				
DG 8002: DRD50	700	5,05	X			
AVI 80015: DRD75	700	3,10		X		
ID 9001C: DRD90	500	0,74			X	
TVI 80025: DRD95	700	0,29				X
AI 80015VS	200	0,30			X	
	300	0,55			X	
	500	1,18		X		
AI 8002VS	200	0,25				X
	300	0,48			X	
	500	1,00		X		

4 Conclusie

Voor de dooptypen Teejet AI 80015VS en AI 8002VS zijn druppelgroottemetingen verricht bij 200, 300 en 500 kPa. Aan de hand van verdelingsmetingen op een spuitbord is voor een aantal configuraties onderzocht welke combinaties van spuitdophoogte en dopafstand voldeden aan de norm van een variatiecoëfficiënt (VC) kleiner dan 10%. De spuitdophoogte kon daarbij nog waarden aannemen van 0,50, 0,40 of 0,30 m. Voor deze configuraties zijn met het IDEFICS driftmodel simulaties van volvelds bespuitingen uitgevoerd. De resulterende driftdeposities werden vergeleken met de driftdepositie bij een gesimuleerde standaardbespuiting met BCPC-F/M referentiedoppen. Hieruit werd de driftreductie op een standaardslot berekend, waarna de configuraties ingedeeld zouden kunnen worden in driftreductieklassen DRD50, DRD75 of DRD90 (Tabel 5 en Tabel 6).

Voor de simulaties met dopafstand 0,25 m moet de afstand tussen de buitenste spuitdoppen op de spuitboom tussen werkgangen verkleind worden om een goede aansluiting te verkrijgen van de werkgangen. Dit komt erop neer dat de buitenste dop aan de perceelrand op 0,375 m vanaf de gewasrand zit en niet op 0,50 m zoals bij een veldspuit met 0,50 m dopafstand. De resultaten in Tabel 5 horen bij deze situatie. In het geldende meetprotocol voor de indeling van spuitdoppen in driftreductieklassen (I&W, 2021) staat echter dat ook bij 0,25 m dopafstand de buitenste dop zich op 0,50 m vanaf de gewasrand moet bevinden. Deze situatie is in goed benadering rekenkundig af te leiden uit de vorige situatie (met spuitdoppen die 0,125 m naar buiten zijn verplaatst). De bijbehorende resultaten staan in Tabel 6. Uit de berekeningen blijkt dat de driftdeposities op de standaardslot in Tabel 6 ca. 8% lager zijn dan die in Tabel 5 door de opschuiving van 0,125 m. De bijbehorende driftreducties blijken dan alle ca. 1% hoger te zijn. Voor de mogelijke indeling in driftreductieklassen blijkt maar één dop-druk-hoogte combinatie hierdoor van klasse te wisselen: voor de AI 80015VS bij 300 kPa en 40 cm boomhoogte neemt de driftreductie toe van 89% naar 90%, waarmee deze combinatie in aanmerking zou kunnen komen voor indeling in de klasse DRD90.

De resultaten toonden aan dat driftreducties voor de AI 8002VS hoger waren dan voor de AI 80015VS bij gelijke spuitdophoogte. Daarnaast werd de driftreductie ook hoger wanneer de spuitboom verlaagd werd. Dit zijn trends die beantwoorden aan de verwachtingen.

Classificatie neerwaartse toediening

Voor de classificatie op basis van het huidige DRD-meetprotocol zijn alleen de situaties met spuitdophoogte 0,50 m en buitenste dop op positie 0,50 vanaf de gewasrand van belang (de blauw gemarkeerde regels in Tabel 6). Bij een dopafstand van 0,50 m komt de AI 80015VS bij 200 kPa spuitdruk in aanmerking voor indeling als DRD75; bij 500 kPa als DRD50. Bij een dopafstand van 0,25 m komt de AI 80015VS bij 200 en 300 kPa in aanmerking voor indeling als DRD75; bij 500 kPa als DRD50. Evenzo zou de AI 8002VS bij een dopafstand van 0,50 m en een spuitdruk van 500 kPa in klasse DRD75 ingedeeld kunnen worden. Bij een dopafstand van 0,25 m is de verwachte indeling DRD90 bij een spuitdruk van 200 kPa; bij 300 en 500 kPa is de verwachte klasse DRD75.

Classificatie op- en zijwaartse toediening

De doppenclassificatie voor op- en zijwaartse toedieningen vindt plaats op basis van de druppelgrootteverdeling. Daartoe werd de volumefractie V_{100} van druppels met een diameter kleiner dan 100 μm vergeleken met de V_{100} van de grensdoppen voor de fruitteelt. Op basis hiervan zouden de onderzochte dopdrukcombinaties ingedeeld kunnen worden in klassen DRD75, DRD90 of DRD95 (Tabel 7). De beide dooptypen zouden bij een spuitdruk van 500 kPa in aanmerking komen voor klasse DRD75. De AI 8002VS bij 200 kPa was de enige situatie die in klasse DRD95 ingedeeld zou kunnen worden. De andere onderzochte combinaties passen in de klasse DRD90.

Literatuur

- Ganzelmeier, H. & Rautmann D., 2000. Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide application, 2000, p1-10.
- Gilbert, A.J., 2000. Local Environmental Risk Assessment for Pesticides (LERAP) in the UK. *Aspects of Applied Biology* 57, Pesticide Application, 2000, p83-90.
- Holterman, H.J., J.C. van de Zande, H.A.J. Porskamp en J.F.M. Huijsmans, 1997. Modelling spray drift from boom sprayers. *Computers and Electronics in Agriculture* 19(1997): p1-22.
- Holterman, H.J., J.C. van de Zande, M. Wenneker, 2015. Doppenclassificatie fruitteelt. Indeling van enkele Albuz AVI TVI en Lechler AD IDK ITR spuitdoppen in driftreductieclassen op basis van grensdoppen. *Plant Research International, Wageningen UR; PRI-rapport 638*, 52 pp.
- Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp en J.C. van de Zande, 1997. Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de drift van spuitvloeistof bij bespuitingen in de fruitteelt, de volveldsteelten en de boomteelt (stand van zaken december 1996). *IMAG-DLO Rapport 97-04*, IMAG, Wageningen, 38 pp.
- I&M, 2012. Activiteitenbesluit Milieubeheer, *Staatsblad* 2012 441/643
- I&M, 2017a. Wijziging van het Activiteitenbesluit milieubeheer in verband met de vermindering van emissies van gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw en open teelten. *Staatsblad* 23 juni 2017. 305
- I&M, 2017b. Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken - versie 1 juli 2017. Op Helpdeskwater.nl.
- I&W, 2021. Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van spuitdoppen voor neerwaartse en op- en zijwaartse bespuiting - versie 15 maart 2021. Op Helpdeskwater.nl.
- ISO 16119-2, 2013. Agricultural and forestry machinery — Environmental requirements for sprayers — Part 2: Horizontal boom sprayers. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 16122-2, 2015. Agricultural and forestry machinery — Inspection of sprayers in use — Part 2: Horizontal boom sprayers. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO-22369, 2006. Crop protection equipment – Drift classification of spraying equipment. Part 1: Classes. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 5682-1, 2014. Equipment for crop protection — Spraying equipment — Part 1: Test methods for sprayer nozzles. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO5682-2, 2017. Equipment for crop protection — Spraying equipment — Part 2: Test methods to assess the horizontal transverse distribution for hydraulic sprayers. International Organization for Standardization, Geneva.
- Porskamp, H.A.J., J.C. van de Zande, H.J. Holterman en J.F.M. Huijsmans, 1999. Opzet van een classificatiesysteem voor spuitdoppen op basis van driftgevoeligheid. *IMAG-DLO Rapport 99-02*, IMAG, Wageningen, 22 pp.
- Southcombe, E.S.E., P.C.H. Miller, H. Ganzelmeier, J.C. van de Zande, A. Miralles & A.J. Hewitt, 1997. The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference - Weeds*, 1997. November 1997. Brighton. UK. p.371-380.
- TCT, 2017. Beoordelingssystematiek emissiereducerende maatregelen open teelt. Op Helpdeskwater.nl.
- TCT, 2021a. Lijst met indeling van spuitdoppen in DriftReducerende Dop-classes (DRD-classes). DRD-lijst. Op Helpdeskwater.nl. Versie 22 juli 2021.
- TCT, 2021b. Lijst met indeling van spuittechnieken in DriftReducerende Techniek-classes (DRT-classes). DRT-lijst. Op Helpdeskwater.nl. Versie 7 juni 2021.

Bijlage 1 Overzicht metingen van druppelgroottes

In Tabel B.1 is een overzicht gegeven van druppelgroottemetingen voor de referentiedop BCPC F/M, zoals uitgevoerd op de dagen waarop ook de Teejet-doppen werden gemeten. Deze 24 referentiemetingen zijn samengevoegd tot het druppelgroottespectrum voor de BCPC F/M referentiedop om te gebruiken in de IDEFICS simulaties.

In Tabel B.2 staat een overzicht van druppelgroottemetingen voor de referentiedop fruitteelt, Albus Lila (ATR 80), zoals uitgevoerd op de dagen waarop ook de Teejet-doppen werden gemeten. In Tabel B.3 volgt dan een overzicht van de metingen voor de grensdoppen in de fruitteelt.

De afzonderlijke druppelgroottemetingen voor de Teejet AI 80015VS staan in Tabel B.4, en ten slotte voor de Teejet AI 8002VS in Tabel B.5.

Tabel B.1 Overzicht van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de BCPC-F/M referentiedop bij 300 kPa vloeistofdruk; gemeten met PDPA gedurende de dagen dat ook de te onderzoeken doppen werden gemeten.

Run	Datum	D _{v10} [µm]	D _{v50} [µm]	D _{v90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Aantal druppels
1	18-5-2020	115.1	216.3	365.9	6.18	3.64	32700
2		110.3	211.6	361.3	7.03	3.46	36000
3		112.3	216.8	350.3	6.91	3.58	36300
4	19-5-2020	115.6	220.7	363.0	6.11	3.57	36100
5		112.3	215.9	371.5	6.68	3.50	34600
6		114.2	217.5	360.4	6.42	3.63	33500
7	20-5-2020	111.3	215.0	357.6	7.02	3.56	36200
8		113.2	213.8	337.9	6.58	3.50	34200
9		111.0	211.2	347.6	6.99	3.56	35600
10	25-5-2020	113.0	216.6	344.8	6.68	3.67	33800
11		113.1	216.7	355.9	6.61	3.64	35000
12		112.1	212.5	344.4	6.72	3.55	34900
13	26-5-2020	110.3	210.6	344.6	7.22	3.45	36000
14		113.7	219.2	360.6	6.48	3.63	33800
15		109.3	215.4	375.8	7.37	3.57	37400
16	27-5-2020	112.1	218.6	374.4	6.87	3.46	34400
17		111.6	214.5	356.3	6.86	3.50	34700
18		112.4	218.3	373.2	6.82	3.52	34900
19	28-5-2020	114.5	217.4	359.5	6.34	3.66	33600
20		113.4	215.1	356.3	6.54	3.64	33400
21		114.0	217.1	366.8	6.36	3.60	31800
22	29-5-2020	110.9	213.5	364.8	7.07	3.51	36100
23		111.6	214.2	353.8	6.94	3.57	36600
24		112.1	212.0	353.1	6.83	3.60	34700
gemiddeld		112.5	215.4	358.3	6.73	3.57	34800

Tabel B.2 Overzicht van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de referentiedop voor fruitteelt, Albuza Lila (ATR 80) bij 700 kPa vloeistofdruk; gemeten met PDPA gedurende de dagen dat ook de te onderzoeken doppen werden gemeten.

Run	Dopnummer	Datum	D _{v10} [µm]	D _{v50} [µm]	D _{v90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Aantal druppels
1	1	18-5-2020	76.7	123.0	171.8	25.47	1.41	19400
2	1		77.5	124.1	171.3	24.53	1.42	29800
3	1		78.2	125.3	176.4	23.66	1.41	28800
4	1	19-5-2020	79.1	130.1	189.6	22.01	1.41	17900
5	7		79.4	131.4	189.3	21.50	1.47	18300
6	9		76.3	124.5	174.5	24.86	1.43	20200
7	1	20-5-2020	76.8	123.7	172.4	24.95	1.33	19600
8	7		79.7	131.3	197.9	21.42	1.46	19000
9	9		74.7	122.6	172.9	26.17	1.43	20200
10	1	25-5-2020	77.0	123.9	172.1	24.91	1.38	19300
11	7		77.5	123.8	175.5	24.47	1.38	20100
12	9		76.9	124.3	171.3	24.90	1.43	19600
13	1	26-5-2020	75.7	122.8	173.9	26.12	1.37	19100
14	7		76.7	123.0	173.5	25.00	1.35	19700
15	9		76.4	124.4	174.0	24.77	1.37	19600
16	1	27-5-2020	77.5	124.0	174.3	24.81	1.38	19400
17	7		76.1	123.9	174.3	25.42	1.37	18600
18	9		76.4	124.6	174.3	24.91	1.40	19500
19	1	28-5-2020	75.5	122.4	171.5	26.04	1.29	19800
20	7		76.4	122.1	168.9	25.86	1.36	19900
21	9		76.6	123.4	171.4	25.09	1.40	19800
22	1	29-5-2020	76.6	123.6	172.3	25.59	1.34	19000
23	9		76.9	123.7	173.3	24.78	1.28	19500
24	7		76.3	124.0	173.2	25.15	1.49	19900
gemiddeld			77.0	124.6	175.4	24.68	1.39	20300

Tabel B.3 *Overzicht van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de grensdoppen voor fruitteelt; gemeten met PDPA gedurende de dagen dat ook de te onderzoeken doppen werden gemeten.*

Grens- dop	Omschrijving doptype	Dop- nummer	Datum	D _{v10} [µm]	D _{v50} [µm]	D _{v90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Aantal druppels	
DRD50	Teejet	6	20-5-2020	124.7	245.8	398.4	4.97	4.16	25600	
	DG 8002	7		126.5	241.8	388.6	4.72	4.18	23100	
	700 kPa	1		120.9	239.5	382.3	5.45	4.09	26700	
			gemiddeld	124.0	242.4	389.8	5.05	4.14	25100	
DRD75	Albuz	4	19-5-2020	141.1	280.6	479.1	3.24	3.51	18800	
	AVI 80015	6		141.9	277.9	447.1	3.24	3.58	17900	
	700 kPa	9		148.2	299.1	505.1	2.82	3.59	16100	
			gemiddeld	143.7	285.9	477.1	3.10	3.56	17600	
DRD90	Lechler	8	19-5-2020	245.0	544.9	878.0	0.76	2.15	15100	
	ID 9001C	2	20-5-2020	256.1	552.4	893.1	0.76	2.11	15400	
	500 kPa	8		248.6	525.9	850.1	0.80	2.15	15300	
		2		251.9	537.3	869.1	0.70	2.18	14600	
		2	25-5-2020	250.1	540.4	869.5	0.69	2.18	14300	
		8		249.9	555.2	856.7	0.74	2.10	16000	
		8		240.9	515.5	844.2	0.76	2.11	15200	
		2		251.5	531.8	883.7	0.68	2.15	14900	
				gemiddeld	249.2	537.9	868.0	0.74	2.14	15100
	DRD95	Albuz	1	26-5-2020	316.5	642.4	1026.0	0.25	1.92	11100
TVI 80025		2		342.2	671.2	1081.1	0.25	1.89	9100	
700 kPa		9		309.1	616.1	1040.3	0.30	1.86	13500	
		1	27-5-2020	309.8	620.5	1027.0	0.29	1.93	11700	
		2		308.3	624.4	1006.1	0.27	1.95	11900	
		9		290.9	591.2	954.5	0.34	1.91	12900	
		2	28-5-2020	296.4	589.5	988.4	0.34	1.91	13300	
		1		299.9	608.5	1034.5	0.30	1.93	12500	
				gemiddeld	309.1	620.5	1019.7	0.29	1.91	12000

Tabel B.4 Overzicht van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de Teejet AI 80015VS bij 200, 300 en 500 kPa.

Spuitdruk [kPa]	Dop- nummer	Datum	D _{V10} [µm]	D _{V50} [µm]	D _{V90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Aantal druppels	
200	1	27-5-2020	322.8	651.0	1031.2	0.28	2.25	13500	
	4		331.0	665.6	1054.6	0.28	2.25	10200	
	7		319.6	658.7	1043.4	0.30	2.20	11000	
	7		327.5	672.2	1024.7	0.31	2.21	11100	
	1		318.7	645.8	1080.6	0.31	2.21	11300	
	4		326.0	654.6	995.6	0.26	2.29	10600	
	1		28-5-2020	331.5	671.2	1046.2	0.31	2.20	11600
	4			321.2	669.6	1085.1	0.35	2.13	11300
	7			334.2	684.7	1104.7	0.30	2.17	11600
				gemiddeld	325.8	663.7	1051.8	0.30	2.21
300	1	20-5-2020	259.6	534.5	862.3	0.53	2.43	12100	
	7		266.7	536.6	871.9	0.49	2.47	11800	
	4		255.2	516.4	807.5	0.60	2.40	12300	
	4		258.7	531.7	870.8	0.56	2.40	12500	
	1		256.1	520.8	862.5	0.56	2.40	13000	
	7		264.8	541.3	902.9	0.53	2.42	12700	
	7		260.8	530.7	847.9	0.56	2.43	12400	
	4		259.2	534.9	878.3	0.50	2.43	11600	
	1		258.3	531.8	855.1	0.59	2.39	13200	
				gemiddeld	259.9	531.0	862.1	0.55	2.42
500	4	18-5-2020	195.5	411.1	661.5	1.27	2.59	15700	
	4		198.7	418.0	718.5	1.19	2.62	16400	
	1		199.9	412.6	673.3	1.13	2.65	16200	
	7		204.5	418.9	702.9	1.06	2.73	15100	
	7		195.6	407.0	671.9	1.24	2.65	16000	
	1		188.1	394.3	647.6	1.37	2.54	17400	
	1		196.3	414.8	703.9	1.07	2.64	15500	
	4		199.5	419.6	681.8	1.13	2.61	15400	
	7		197.8	413.2	665.3	1.18	2.67	16200	
				gemiddeld	197.3	412.2	680.7	1.18	2.63

Tabel B.5 Overzicht van de karakteristieke grootheden van het druppelgroottespectrum, gemiddelde druppelsnelheid en aantal gemeten druppels voor de Teejet AI 8002VS bij 200, 300 en 500 kPa.

Spuitdruk [kPa]	Dop- nummer	Datum	D _{V10} [µm]	D _{V50} [µm]	D _{V90} [µm]	V ₁₀₀ [%]	V _{gem} [m/s]	Aantal druppels
200	6	26-5-2020	335.9	690.3	1040.4	0.24	2.46	10300
	6		346.1	703.6	1089.2	0.24	2.41	10600
	7		330.2	683.6	1093.4	0.25	2.40	11100
	9		344.9	696.4	1031.4	0.24	2.42	9900
	9		336.5	681.1	1053.6	0.27	2.40	10800
	7		332.8	662.9	995.0	0.24	2.44	10800
	6		340.6	689.3	1079.4	0.24	2.45	10200
	7		326.6	680.1	1113.5	0.27	2.38	11300
	9		328.9	670.0	1053.1	0.25	2.45	10400
			gemiddeld		335.8	684.1	1061.0	0.25
300	6	25-5-2020	265.2	554.0	900.9	0.48	2.61	14300
	7		268.0	540.6	826.5	0.52	2.54	11500
	9		270.6	556.5	888.3	0.51	2.62	11300
	9		277.9	553.6	859.6	0.45	2.67	10900
	6		265.6	551.4	886.7	0.50	2.65	11000
	7		262.1	544.2	854.0	0.47	2.61	11600
	7		267.5	550.2	900.9	0.45	2.65	11200
	9		267.7	550.5	882.4	0.47	2.65	10700
	6		265.2	539.3	914.0	0.50	2.58	10900
			gemiddeld		267.7	548.9	879.2	0.48
500	6	19-5-2020	206.3	432.3	706.8	0.95	2.99	12900
	7		202.4	422.5	696.7	1.08	2.96	13800
	9		210.4	443.0	717.8	0.94	3.03	12800
	9		215.1	447.9	721.2	0.87	3.00	11000
	6		196.0	413.7	712.2	1.26	2.83	15700
	7		207.9	427.7	717.7	1.02	2.97	14900
	7		205.7	423.1	711.0	0.98	2.97	14200
	9		208.0	439.8	739.4	0.90	3.00	13400
	6		204.3	421.6	691.2	1.02	2.94	14000
			gemiddeld		206.2	430.2	712.7	1.00

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-997



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-997

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

