



Effectiviteit van driftreducerende spuittechnieken in ziektebestrijding

Laboratoriumonderzoek naar het effect van driftreducerende spuittechniek en spuitvolume op de effectiviteit van de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappels

Gerrit van Steenberghe, Trudy van den Bosch, Bert Evenhuis, Helen Goossen,
Jean-Marie Michiels, Ard Nieuwenhuizen, Mostafa Snoussi en Hein Stallinga

WPR-1307



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effectiviteit van driftreducerende spuittechnieken in ziektebestrijding

Laboratoriumonderzoek naar het effect van driftreducerende spuittechniek en spuitvolume op de effectiviteit van de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappels

Gerrit van Steenberg¹, Trudy van den Bosch², Bert Evenhuis³, Helen Goossen², Jean-Marie Michiels¹, Ard Nieuwenhuizen¹, Mostafa Snoussi¹ en Hein Stallinga¹

Wageningen University & Research, business units ¹ Agrosysteemkunde, ² Biointeracties & Plantgezondheid en ³ Open Teelten

Dit onderzoek is in opdracht van BO Akkerbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde in het kader van het project effectieve, emissiearme spuittechnieken (projectnummer 3710493800)

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

Wageningen, maart 2024

Rapport WPR-1307

Gerrit van Steenberg, Trudy van den Bosch, Bert Evenhuis, Helen Goossen, Jean-Marie Michielsen, Ard Nieuwenhuizen, Mostafa Snoussi en Hein Stallinga, 2024. *Effectiviteit van driftreducerende spuittechnieken in ziektebestrijding; Laboratoriumonderzoek naar het effect van driftreducerende spuittechniek en spuitvolume op de effectiviteit van de bestrijding van Phytophthora infestans in aardappels*. Wageningen Research, Rapport WPR-1307. 41 blz.; 19 fig.; 3 tab.; 8 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/650008>

Een goede bestrijding van *Phytophthora infestans* is belangrijk voor een geslaagde aardappelteelt. Het effect van driftreducerende spuittechniek en spuitvolume op de effectiviteit in bestrijding van *Phytophthora* is onderzocht in dit onderzoek op drie verschillende bladlagen in de plant. De fungicidebespuitingen en inoculatie zijn uitgevoerd onder gecontroleerde omstandigheden. Daarnaast zijn depositie en bladbedekking van spuitvloeistof vastgesteld op dezelfde lagen. Spuitvolume had geen significant effect op effectiviteit van Ranman Top op de *Phytophthora* bestrijding. Alleen op de bovenste bladlaag werd een significant verschil gevonden tussen de spuittechnieken waarbij het sleepdoeksysteem een lagere effectiviteit had dan de andere spuittechnieken. Dit resultaat hing samen met een lagere depositie en bladbedekking op deze bladlaag. Bij de middelste en onderste bladlagen hadden de verschillende driftreducerende spuittechnieken geen effect op effectiviteit.

Trefwoorden: *Phytophthora infestans*, driftreductie, spuitdrift, gewasbescherming, effectiviteit, ziektebestrijding,

© 2023 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-1307

Foto omslag: Gerrit van Steenberg

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en Methode	13
2.1 Proefopzet	13
2.2 Opkweek planten	14
2.3 Bespuitingen	14
2.4 Inoculatie	16
2.5 Beoordeling effectiviteit	17
2.6 Analyse depositie	18
2.7 Analyse bedekking	18
2.8 Statistische analyse	19
3 Resultaten	21
3.1 Aantasting	21
3.2 Effectiviteit	22
3.3 Depositie rondfilters	24
3.4 Bedekkingsscore op blad	27
4 Discussie	31
5 Conclusie	33
6 Aanbevelingen	35
Literatuur	37
Bijlage 1 Effectiviteitsdata	39

Woord vooraf

Een goede beheersing van *Phytophthora infestans* is belangrijk voor een geslaagde aardappelteelt. De effectiviteit van bespuitingen is in dit onderzoek bepaald van bespuitingen onder gecontroleerde omstandigheden met verschillende driftreducerende spuittechnieken en spuitvolumes. De bespuitingsscenario's zijn opgesteld in samenwerking met de begeleidingscommissie van BO Akkerbouw.

Samenvatting

De bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappelen wordt bij voorkeur preventief uitgevoerd. Bij de bespuitingen moeten telers zich houden aan het gebruik van een driftreducerende techniek van minimaal 75%. Het doel van dit onderzoek is het effect vaststellen van spuittechnieken in verschillende driftreductieklassen van 75% en hoger en het spuitvolume op de effectiviteit van de bestrijding van *Phytophthora*. Naast de effectiviteitsmeting is ook de depositie van spuitvloeistof in het gewas en de bedekking op bladeren bepaald.

Als driftreducerende spuittechnieken zijn een standaard boom (50 cm dophoogte en 50 cm dopafstand), een standaard boom met luchtondersteuning, een verlaagde spuitboom (30 cm dophoogte en 25 cm dopafstand), een combinatie van luchtondersteuning en verlaagde spuitboom en een sleepdoeksysteem gebruikt. De technieken werden gebruikt in combinatie met spuitdoppen met driftreductieklassen 50%, 75% en 90%. Het spuitvolume werd gevarieerd tussen 180 en 267 l/ha door gebruik te maken van verschillende dopgroottes en spuitdruk. Als gewas werden aardappelplanten, ras Bintje, opgekweekt in een kas. De bespuitingen werden uitgevoerd in de spuitbaan met het gewasbeschermingsmiddel Ranman Top met een dosering van 10% en 33% van de adviesdosering (0.5 l/ha). Een lage dosering is nodig om eventuele verschillen in spuittechniek aan te tonen. Depositie werd gemeten door rondfilters te plaatsen op drie bladlagen (boven, midden onder) en bedekking werd bepaald door bladeren te plukken op dezelfde hoogtes en te analyseren met een camerasysteem. Eén dag na de bespuiting werden bladeren geplukt en geïnoculeerd met *Phytophthora infestans* door het bespuiten van de bladeren met een sporensuspensie van *Phytophthora infestans* isolaat. Zeven dagen na inoculatie is de mate van aantasting van de bladeren bepaald.

Sputvolume had geen bij geen van de bladlagen een significant effect op effectiviteit van Ranman Top op de bestrijding van *P. infestans*. De resultaten van de spuitvolumes zijn daarom samengevoegd. Op de bovenste bladlaag zijn geen significante verschillen in effectiviteit gevonden tussen spuittechnieken tot en met een driftreductieklasse van 97.5%. Het gebruik van het sleepdoeksysteem (DRT 99%) resulteerde tot een significant lagere effectiviteit dan verschillende andere spuittechnieken bij beide doseringen. Op de middelste en onderste bladlaag zijn geen significante verschillen in effectiviteit tussen de spuittechnieken gevonden. Spuitvloeistofdepositie en bladbedekking op de bovenste bladlaag was lager bij het sleepdoeksysteem dan bij de andere spuittechnieken.

De effectiviteit bij een dosering van 10% was lager bij elke bladlaag dan een dosering van 33% en dosering was een significante parameter in het regressiemodel. Spuitvolume bleek geen significante impact te hebben op effectiviteit, terwijl dit bij LDS onkruidbestrijding wel het geval bleek. De lagere depositie en bedekking op de bovenste bladlaag bij het sleepdoeksysteem worden waarschijnlijk veroorzaakt door het opentrekken en terugveren van het gewas. Luchtondersteuning zorgde niet voor een verhoging van de depositie op de onderste bladlagen.

Sputvolume (180 of 267 l/ha) had in dit experiment geen effect op de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappel. Tussen de spuittechnieken met DRT klasse 75% tot en met 97.5% werd geen verschil in effectiviteit gevonden bij alle bladlagen. Het sleepdoeksysteem resulteerde in de laagste effectiviteit op de bovenste bladlaag. Dit hing samen met een lagere depositie van spuitvloeistof en een lagere bladbedekking dan bij andere spuittechnieken. Bij de onderste en middelste bladlaag zijn geen significante verschillen in effectiviteit, depositie of bedekking tussen de verschillende spuittechnieken. De uitzondering hierop zijn twee spuittechnieken die een hogere depositie op de onderste bladlaag gaven bij een spuitvolume van 180 l/ha dan de andere technieken, maar hetzelfde resultaat werd niet gevonden bij een spuitvolume van 267 l/ha.

1 Inleiding

Phytophthora infestans is de veroorzaker van de belangrijkste ziekte in aardappelen. De ziekteverwekker tast zowel de bovengrondse als ondergrondse delen van de plant aan en is in staat om binnen twee weken een onbeschermd gewas volledige te vernietigen (Kessel & Nederpel, 2022). Een effectieve bestrijding van deze ziekte is daarom essentieel voor een succesvolle aardappelteelt. Bij voorkeur wordt er preventief gespoten voorafgaand aan een infectieperiode. Bij het bespuiten moeten telers zich houden aan driftreducerende maatregelen, zoals gebruik maken van een driftreducerende techniek van minimaal 75%. Daarnaast is voor het gebruik van verschillende gewasbeschermingsmiddelen een hogere driftreductieklasse vereist, zoals bijvoorbeeld 90%. Driftreducerend spuiten kan mogelijk leiden tot een verminderde effectiviteit door een grover druppelgroottespectra en andere verdeling op het gewas. Voor de teler is het belangrijk om een effectieve bespuiting uit te voeren. Bij voorgaande proeven in onkruidbestrijding kwam daarnaast naar voren dat spuitvolume een impact kan hebben op de effectiviteit (Wander, 2023; Van Steenberghe, 2023). De hoofdvraag van dit onderzoek is daarom: wat is het effect van driftreducerende spuittechnieken en spuitvolume op de biologische effectiviteit in de bestrijding van *Phytophthora infestans*?

Driftreducerende technieken (DRT) zijn ingedeeld in klassen op de DRT lijst die oplopen van 75% tot 99% (TCT, 2023a). Driftreducerende technieken zijn vaak erkend in combinatie met spuitdoppen in een driftreducerende dop (DRD) klasse die varieert tussen de 50% en 95% (TCT, 2023b). In dit onderzoek zijn spuitdoppen gebruikt met DRD klassen 50%, 75% en 90% in combinatie met een standaard spuitboom met 50 cm dopafstand en hoogte, een verlaagde spuitboom met 25 cm dopafstand en 30 cm hoogte, luchtondersteuning en een sleepdoeksysteem. De DRT klassen waren 75% tot en met 99%.

Om de impact van spuittechnieken zichtbaar te maken is er gewerkt met verlaagde doseringen, bespuitingen onder gecontroleerde omstandigheden en een infectie onder laboratoriumomstandigheden. Een bespuiting in de praktijk hangt af van externe invloeden, zoals het gewas en weersomstandigheden. Deze invloeden zijn zoveel mogelijk gestandaardiseerd in deze proef. Een bespuiting met deze lage doseringen is geen praktijksituatie. De resultaten kunnen echter wel vertaald worden naar een praktijksituatie door in dit onderzoek zichtbaar te maken welke spuittechnieken in dezelfde omstandigheden leiden tot een hogere effectiviteit. De verwachting is namelijk dat spuittechnieken in een praktijksituatie bij normale doseringen ook kunnen leiden tot een effectievere bespuiting in bijvoorbeeld kritische omstandigheden. Als er geen verschillen gevonden worden tussen spuittechnieken onder dezelfde omstandigheden met verlaagde doseringen laat dit zien dat in een praktijksituatie bij normale doseringen ook geen verschillen te verwachten zijn bij het gebruik van deze driftreducerende spuittechnieken.

Naast de effectiviteitsmeting op verschillende bladlagen in het gewas, is ook de depositie van spuitvloeistof en bedekking op de bladeren bepaald. Het doel hiervan is om een verklaring te vinden voor verschillen in biologische effectiviteit.

2 Materiaal en Methode

De spuittechnieken, opkweek van de aardappelplanten, inoculatie en verschillende analyses worden in dit hoofdstuk beschreven.

2.1 Proefopzet

De opbouw van de driftreductieklassen vond plaats door spuitdoppen te gebruiken in de DRD klasse van 50%, 75% en 90% in combinatie met een standaard spuitboom (50 cm dopafstand) of verlaagde spuitboom (25 cm dopafstand), een spuitboom zonder of met luchtondersteuning en een sleepdoeksysteem. Dit resulteerde in DRT klassen van 75% tot en met 99%, zie Tabel 1.

Tabel 1 Driftreducerende techniek klassen volgens DRT lijst (TCT, 2023a).

DRT klasse (%)	DRT codering	Spuittechniek	DRD klasse (%)
75%	75	Standaard	75%
90%	90a	Standaard	90%
90%	90b	Luchtondersteuning	50%
90%	90c	Verlaagde spuitboom (25 cm dopafstand)	50%
95%	95b	Luchtondersteuning	90%
95%	95c	Verlaagde spuitboom (25 cm dopafstand)	75%
97.5%	97.5	Verlaagde spuitboom (25 cm dopafstand)	50%
		+ luchtondersteuning	
99%	99	Sleepdoeksysteem (25 cm dopafstand)	50%

Het spuitvolume werd gevarieerd tussen 180 en 270 l/ha door gebruik te maken van dopgroottes 03 en 04 bij een standaard spuitboom, dopgroottes 015 en 02 bij een verlaagde spuitboom en dopgroottes 015 en 025 bij het sleepdoeksysteem. Als sleepdoeksysteem werd de single wing van Wingssprayer gebruikt. De spuitdoppen zijn geselecteerd om een vergelijkbaar doptype te hebben bij een standaard en verlaagde spuitboom. Daarnaast zijn doppen geselecteerd die in beide groottes zo veel mogelijk in dezelfde DRD klasse hebben om een druppelgrootte-effect bij een hogere afgifte te minimaliseren. De spuitdoptypes staan in Tabel 2.

Tabel 2 Spuitdoptypes met DRD klasse volgens DRD lijst (TCT, 2023b).

DRD klasse (%)	Standaard 50 cm dopafstand	Verlaagde spuitboom 25 cm dopafstand	Sleepdoeksysteem 25 cm dopafstand
50%	Albuz ADI 110	Lechler AD 90C	TeeJet AIXR 110VP
75%	TeeJet AIC 110VP	TeeJet AI 80VS	
90%	Lechler ID3-120 POM		

Vanwege een update in de DRD lijst sinds december 2022 is de TeeJet AIC 110-03VP dop toegestaan in de 75% DRD klasse tot 2.5 bar in plaats van 3.0 bar. Om deze reden werden de bespuitingen met de 03 dop voor standaard spuitboom en 015 dop voor verlaagde spuitboom uitgevoerd op 2.5 bar. De TeeJet AIXR 110VP dop is toegestaan tot 2.0 bar in de 50% DRD klasse. Om dezelfde afgifte te krijgen als de andere spuittechnieken werd een spuitdop met grootte 015 gebruikt met een snelheid van 1.8 m/s in plaats van 2 m/s en een 025 grootte in plaats van een 02 grootte. Het overzicht van alle combinaties van technieken en doppen is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 *Overzicht spuittechnieken, doppen en spuitvolumes.*

DRT klasse (%)	Spuit- techniek	Dootype	Dop- grootte	Spuitdru- k (bar)	DRD klasse (%)	Druppel- grootte	Dop- afstand (cm)	Snelheid (m/s)	Spuit- volume (L/ha)
75	Standaard	TeeJet AIC 110	03	2.5	75	UC	50	2	180
			04	3.0	75	XC	50	2	270
90	Standaard	Lechler ID3- 120 POM	03	2.5	90	XC	50	2	180
			04	3.0	90	XC	50	2	270
90	Luchtonder- steuning	Albuz ADI 110	03	2.5	50	M	50	2	180
			04	3.0	50	C	50	2	270
90	Verlaagde spuitboom	Lechler AD 90C	015	2.5	50	M	25	2	180
			02	3.0	50	M	25	2	270
95	Luchtonder- steuning	Lechler ID3- 120 POM	03	2.5	90	XC	50	2	180
			04	3.0	90	XC	50	2	270
95	Verlaagde spuitboom	TeeJet AI 80	015	2.5	75	XC	25	2	180
			02	3.0	75	XC	25	2	270
97.5	Verlaagde spuitboom + luchtonder- steuning	Lechler AD 90C	015	2.5	50	M	25	2	180
			02	3.0	50	M	25	2	270
99	Sleepdoek- systeem	TeeJet AIXR 110VP	015	2.0	50	VC	25	1.8	180
			025	2.0	75	XC	25	2	270

Bij de technieken met luchtondersteuning werd gebruik gemaakt van de elektrisch aangedreven ventilator (Gebhardt Ventilatoren TZA 01-0315-6, 1.56 kW) van de spuitbaan in combinatie met een Hardi luchtzak. Bij dit systeem is de hoek van de uitstroomopening ongeveer 15° naar voren gericht bij een verticale doppositie. Bij een dophoogte van 50 cm was de ventilatorsnelheid ingesteld op het maximale toerental van 3000 rpm en bij een dophoogte van 30 cm op 2500 rpm waardoor de lichtsnelheid bij beide dophoogtes ongeveer 4 m/s ter hoogte van de bovenkant van het gewas bedroeg. De lichtsnelheid bij de uitstroomopeningen was 16 m/s bij een dophoogte van 50 cm en 14 m/s bij een dophoogte van 30 cm.

2.2 Opkweek planten

De aardappelplanten werden opgekweekt in een kascompartiment met belichting van Unifarm in Wageningen. De aardappels, ras Bintje, werden gepoot op 16 en 23 maart in potten. Op beide dagen werden 125 planten gepoot om verschil in groei te krijgen met als doel om de bespuitingen op twee verschillende dagen uit te voeren. De reden hiervan was dat de ruimte in de beschikbare klimaatcel beperkt was. Bij beide bespuitingen waren de aardappelplanten ongeveer 30 cm hoog.

2.3 Bespuitingen

De bespuitingen werden uitgevoerd op 25 april en 9 mei 2023 in de spuitbaan van Wageningen Plant Research. De temperatuur in de spuitbaan was ingesteld op 20 °C met een relatieve luchtvochtigheid van 70%. Op beide dagen werd één volledige herhaling uitgevoerd.

Als gewasbeschermingsmiddel werd Ranman Top gebruikt met de werkzame stof cyazofamide (160 g/l). De adviesdosering van dit middel is 0.5 l/ha. Om verschillen tussen spuittechnieken en volumes zichtbaar te maken moet Phytophthora kunnen ontwikkelen na inoculatie. Daarom werd gekozen voor een verlaagde dosering van 10% en 33% van de adviesdosering, wat neerkomt op een middeldosering van 0.05 en 0.165 l/ha. Voor de eerste bespuiting werd de tank met water en de benodigde hoeveelheid middel voor de 10% dosering en 267 l/ha tankmix gevuld.

Na deze bespuitingen werd middel toegevoegd om 10% dosering en 180 l/ha tankmix te spuiten en vervolgens 33% dosering en 267 l/ha en als laatste 33% dosering en 180 l/ha tankmix. Op deze manier werd de concentratie van middel in de tank telkens verhoogd om de juiste hoeveelheid actieve stof (l/ha) in combinatie met het spuitvolume (l/ha) toe te dienen. Aan de spuitvloestof werd de fluorescerende tracer Acid Yellow 250 (AY250, DC Fine Chemicals, CAS nummer 93859-32-6, 0.1 g/l) toegevoegd om beeldanalyse van de druppels en bedekking mogelijk te maken en depositie te meten in het gewas.

De aardappelplanten werden opgesteld op de vloer van de spuitbaan. Hierbij is niet vastgehouden aan standaard rijafstanden zoals gebruikelijk in de aardappelteelt, maar een praktijksituatie van een gesloten bladerdek nagebootst waar normaal op gespoten wordt. De planten werden hierbij neergezet in een raster van 25 x 25 cm, zie Figuur 1. In het midden van de planten werden na elke bespuiting twee planten verwisseld. Met behulp van een collectordoeek (Technofil TF 290, 10x100 cm) ter hoogte van de bovenkant van het gewas werd de afgifte gecontroleerd.



Figuur 1 Aardappelplanten in de spuitbaan (links) met afgiftedoeek. Boven-aanzicht met twee wisselplanten in het midden en statieven met rondfilterpapier (rechts).

Naast de twee wisselplanten werden statieven geplaatst met 2 rondfilters (Hahnmühle, DP 2282 048, Ø 48 mm) op 3 hoogtes (10, 20 en 30 cm planthoogte). Bij de bespuitingen met het sleepdoeksysteem was het niet mogelijk om de statieven te gebruiken omdat deze in aanraking zouden komen met het doek. Daarom werden de rondfilters vastgemaakt aan flexibele plastic stokjes, zie Figuur 2.



Figuur 2 Statief met twee chromatografiefilterpapiertjes op 3 hoogtes tussen de planten (links). De wisselplanten zijn in deze afbeelding weggehaald. Flexibele plastic stok bij het sleepdoeksysteem (rechts).

De spuitboom werd in hoogte versteld om een hoogte van 50 cm of 30 cm boven het gewas te krijgen. Het sleepdoeksysteem werd afgesteld zodat de onderkant de bovenkant van het gewas raakt en het gewas opengetrokken wordt, zie Figuur 3. Omdat er gewerkt werd met planten in potten en om een constanter resultaat te krijgen werd het sleepdoek geïnstalleerd onder een achterwaartse hoek van ongeveer 20° en vastgezet op deze positie.



Figuur 3 Afstelling sleepdoeksysteem bij de aardappelplanten in potten.

Na de bespuitingen werden de twee wisselplanten gecodeerd en overgebracht naar een ruimte met een constante temperatuur van 20 °C.

2.4 Inoculatie

Eén dag na elke bespuiting werden van elke wisselplant op 3 hoogtes (10, 20 en 30 cm) twee samengestelde bladeren met minstens 5 deelblaadjes geplukt. De onderste bladlaag had in veel gevallen geen 5 deelblaadjes waarbij dan alleen het topblad geplukt werd. De blaadjes werden vervolgens in natte oase gestoken en per plant in één afgedekte bak vervoerd, zie Figuur 4.



Figuur 4 Samengestelde bladeren van drie bladlagen (onder: links, midden: midden, boven: rechts) van één wisselplant in een bak na het plukken.

De inoculatie van de blaadjes werd uitgevoerd in een flowkast met behulp van een spuit op perslucht, zie Figuur 5. Een sporensuspensie werd gemaakt door *Phytophthora infestans* geïnfecteerd blad (isolaat NL15083, SSR genotype EU_13)) af te spoelen in kraanwater. Met behulp van een Fuchs Rosenthal telkamer werd een concentratie van 5000 sporangia/ml gemaakt. Per bak werd 8 ml suspensie verneveld.



Figuur 5 Samengestelde bladeren na inoculatie.

Na inoculatie werd elke bak afgesloten met een plastic zak en overbracht naar een klimaatcel. In de klimaatcel werd een constante temperatuur ingesteld van 15 °C met een lichtinstelling van 16 uur licht en 8 uur donker per dag.

2.5 Beoordeling effectiviteit

Zeven dagen na de inoculatie is de aantasting beoordeeld door per samengesteld blad het percentage aantasting te bepalen van de behandelde en onbehandelde planten.



Figuur 6 *Phytophthora* aantasting van een onbehandeld blad (links, gemiddelde aantasting 70%) en behandeld blad (rechts, 90% DRD spuitdop, 180 l/ha, 33% dosering). De mate van aantasting van het behandelde blad is boven: 15%, midden: 2% en onder: 45%).

Effectiviteit werd vervolgens berekend met de volgende formule.

$$\text{Effectiviteit} = \frac{\text{Aantasting onbehandelde planten} - \text{Aantasting behandelde planten}}{\text{Aantasting onbehandelde planten}} * 100\%$$

Effectiviteit = effectiviteit van de behandeling [%]
Aantasting onbehandelde planten = percentage aantasting van het blad van de onbehandelde planten [%]
Aantasting behandelde planten = percentage aantasting van het blad van de behandelde planten [%]

De berekening werd uitgevoerd per bladlaag en per herhaling om verschillen in reactie tussen bladlagen en tussen de inoculaties op de 2 verschillende dagen te corrigeren. Het kon voorkomen, vooral bij de onderste bladlaag, dat de aantasting van de behandelde planten hoger was dan van de onbehandelde planten. De resulterende negatieve effectiviteit werd in dat geval gecorrigeerd naar de waarde 0.

2.6 Analyse depositie

De ronde chromatografiefilterpapiertjes werden geanalyseerd om de depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) van spuitvloeistof vast te stellen op de drie verschillende hoogtes. De filterpapiertjes werden gespoeld met 50 ml gedemineraliseerd water. De fluorescentiewaarde van de oplossing werd daarna gemeten met een spectrofotometer (Perkin Elmer FL 8500; $\lambda_{\text{ex}}=450 \text{ nm}$; $\lambda_{\text{em}}=500 \text{ nm}$) om de concentratie van AY250 te bepalen. Om de achtergrondconcentratie te bepalen werden ook onbehandelde filterpapiertjes gemeten. De gemeten fluorescentiewaarde werd omgerekend naar depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) volgens de volgende formule

$$D_{\text{monster}} = \frac{(F_{\text{monster}} - F_{\text{demi}} - F_{\text{blanco}}) \times f_{\text{ijk}} \times V_{\text{spoel}}}{C_{\text{tm}} \times A_{\text{monster}}}$$

D_{monster} = depositie [$\mu\text{L}/\text{cm}^2$]
 F_{monster} = fluorescentiewaarde van het monster [-]
 F_{demi} = fluorescentiewaarde van demiwater [-]
 F_{blanco} = fluorescentiewaarde van een blanco (onbespoten) rondfilter [-]
 f_{ijk} = ijkfactor van fluorescentiewaarde naar $\mu\text{g}/\text{L}$ [-]
 V_{spoel} = spoelvolumen [L]
 C_{tm} = concentratie van de tracer in de tank [g/L]
 A_{monster} = oppervlakte van het filterpapier [cm^2]

2.7 Analyse bedekking

Van elke wisselplant is op 3 hoogtes (10, 20 en 30 cm) één samengesteld blad geplukt. Met de Pathoscreen is vervolgens een afbeelding gemaakt van het Green Fluorescence Protein (GFP) en RGB kanaal. Het GFP kanaal visualiseert de gebruikte tracer en daarmee de spuitvloeistof en met het RGB kanaal wordt het aardappelblad zichtbaar. Afbeeldingen van beide kanalen zijn vervolgens samengevoegd met behulp van een Python script (packages OpenCV en Pillow). Het analyseprogramma van de Pathoscreen geeft daarnaast informatie over het percentage bedekking op het blad. Uit proeven is gebleken dat de gemeten bedekking op plantmateriaal lager is dan op filterpapier, maar dat er wel een verband is tussen de twee methoden waarbij de gemeten depositie op blad 2,5 keer hoger is dan op papier (Nieuwenhuizen *et al.*, 2022). Daarom is er in de verdere analyse gewerkt met een bedekkingsscore tussen 0 en 10 waarbij de gemeten bedekking vermenigvuldigd is met 0,25 met een maximum van 10.

2.8 Statistische analyse

De effectiviteitsdata is verwerkt door per bladlaag een quasi binomiaal regressie model te fitten met de GLM functie van het programma R. Dit model bevatte de variabelen DRT spuittechniek, dosering van het middel, spuitvolume en de interactie tussen DRT spuittechniek en concentratie. Bij geen van de 3 bladlagen had spuitvolume een significant effect, zie Tabel 4 in bijlage 1. Daarom zijn vervolgens zijn per bladlaag en per concentratie de verschillende technieken met elkaar vergeleken waarbij de resultaten van de verschillende spuitvolumes zijn samengevoegd. Post-hoc analyses zijn uitgevoerd met het R package emmeans.

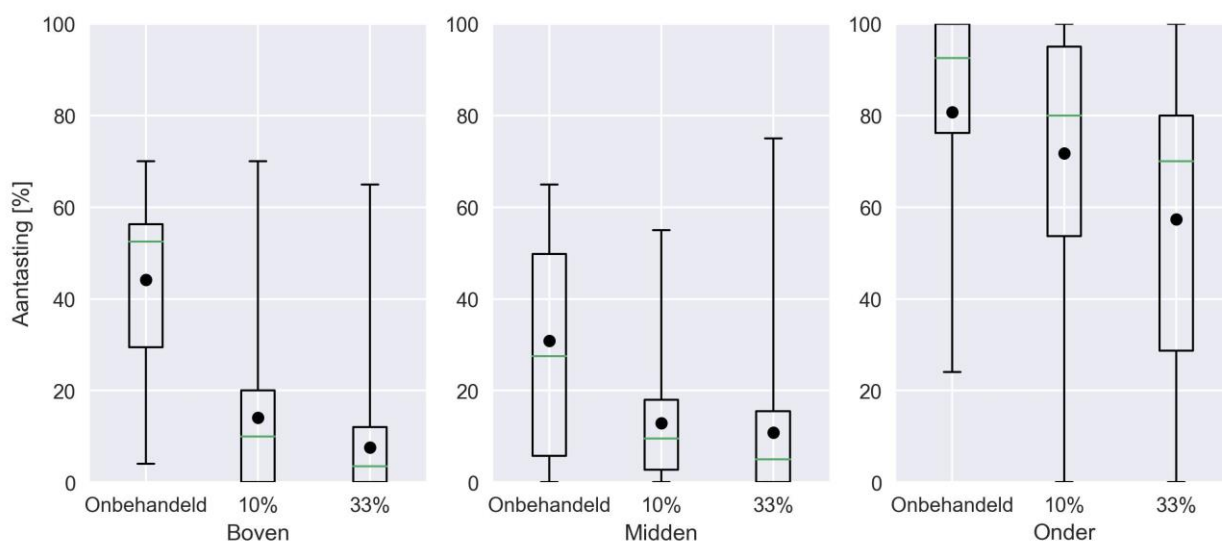
De depositie- en bedekkingsscoredata zijn verwerkt met het programma SPSS statistics. De depositie op de rondfilters en de bedekkingsscore tussen de verschillende spuittechnieken is per bladlaag en spuitvolume vergeleken met een one-way Anova en een Tukey post-hoc analyse.

3 Resultaten

De resultaten van de aantasting van de bladeren, effectiviteit van de bespuitingen, depositie van spuitvloeistof op de rondfilters en de bedekkingsscore op het blad worden in dit hoofdstuk besproken.

3.1 Aantasting

De aantasting van de bladeren met *Phytophthora infestans* voor de verschillende bladlagen en doseringen is weergegeven in Figuur 7.

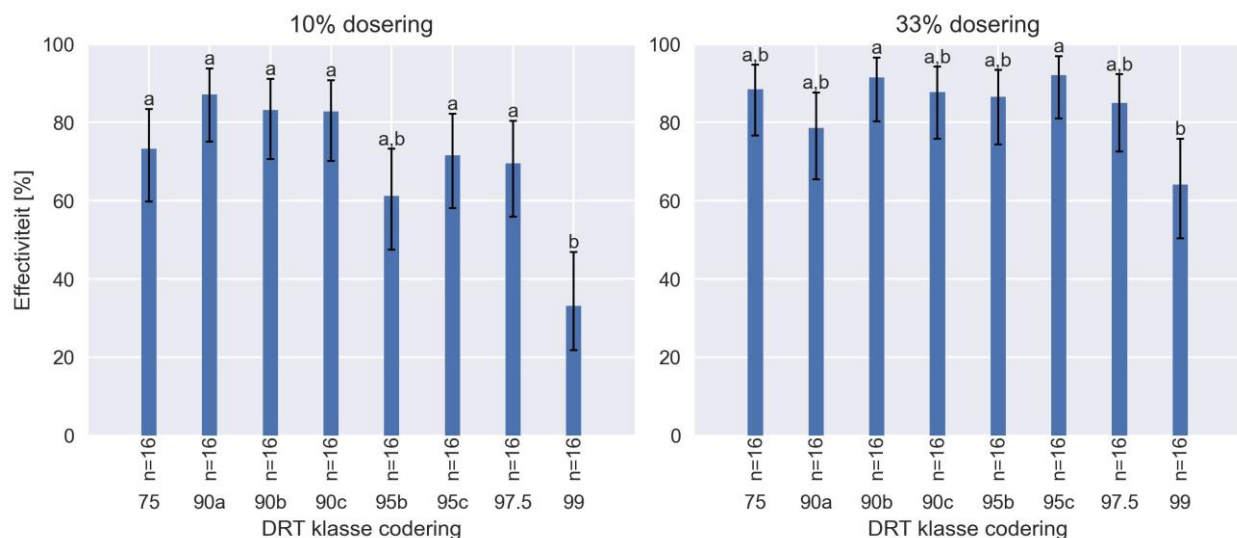


Figuur 7 Percentage aantasting met *Phytophthora infestans* voor de 3 bladlagen boven, midden en onder voor de onbehandelde planten en behandelde planten met 10% en 33% dosering. De gemiddelde aantasting is weergegeven met de zwarte stip.

Het percentage aantasting van de onbehandelde bladeren is verschillend tussen de verschillende bladlagen waarbij de hoogste aantasting werd gevonden bij de onderste bladlaag. De maximale aantasting bij de onbehandelde bladeren was 44% en 31% bij de bovenste en middelste bladlaag en bij de onderste bladlaag 81%. Bij alle bladlagen is het percentage aantasting bij 33% dosering lager dan 10% dosering en de onbehandelde bladeren, maar de variatie in de aantasting is relatief groot.

3.2 Effectiviteit

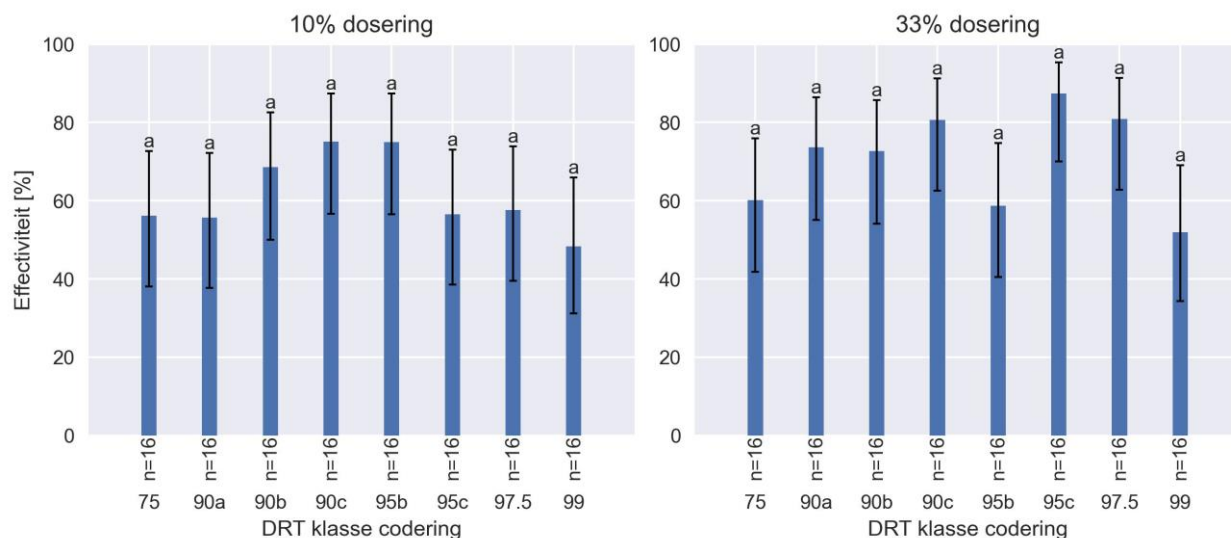
De effectiviteit bij de bovenste bladlaag is weergegeven in Figuur 8. Een effectiviteit van 0% geeft aan dat de aantasting gelijk is of hoger dan de onbehandelde bladeren en een effectiviteit van 100% geeft aan dat er geen aantasting is, wat dus het optimale resultaat is.



Figuur 8 Effectiviteit van *Phytophthora* bestrijding op de bovenste bladlaag met 10% (links) en 33% (rechts) dosering voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Bij een middeldosering van zowel 10% als 33% zijn er geen significante verschillen in effectiviteit op de bovenste bladlaag tussen DRT klassen 75 tot en met 97.5. Bij een dosering van 10% heeft het sleepdoekstelsel een significant lagere effectiviteit dan de andere DRT klassen, uitgezonderd luchtondersteuning met een 90% DRD dop (95b). Dezelfde spuitdop had echter ook de hoogste effectiviteit bij deze dosering in combinatie met een standaard boom (90a). Bij een dosering van 33% is de effectiviteit van het sleepdoekstelsel significant lager dan de boom met luchtondersteuning met een 50% DRD dop (90b) en de verlaagde spuitboom met een 75% DRD dop (95c).

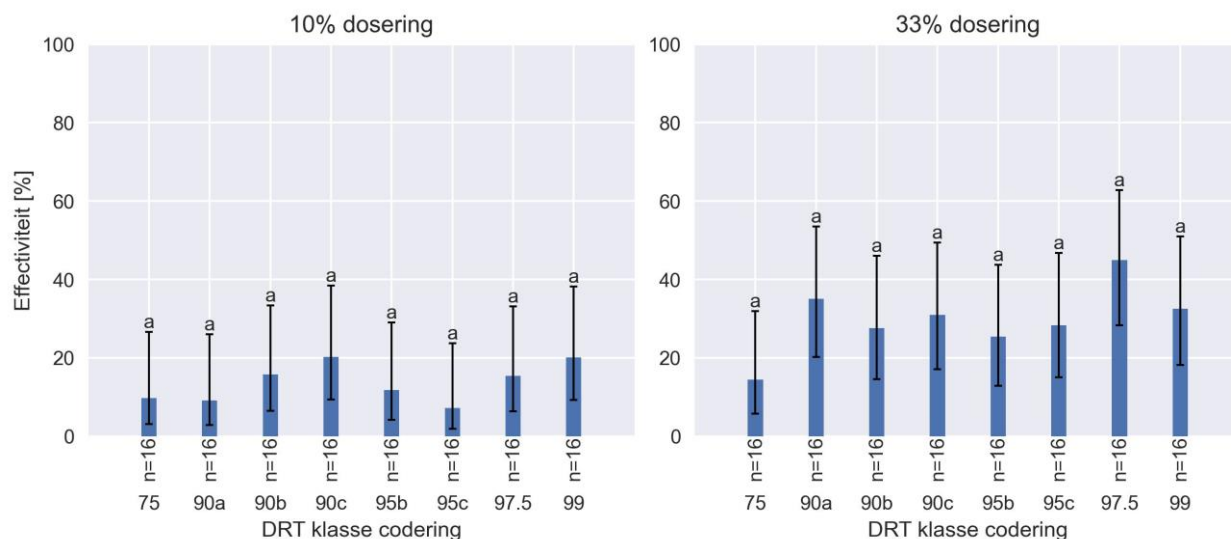
De effectiviteit bij de middelste bladlaag is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Effectiviteit van *Phytophthora* bestrijding op de middelste bladlaag met 10% (links) en 33% (rechts) dosering voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Bij de middelste bladlaag zijn geen significante verschillen gevonden tussen de verschillende spuittechnieken bij beide doseringen. Bij 33% dosering gaven de standaard boom met 75% DRD dop (75), luchtondersteuning met 90% DRD dop (95b) en sleepdoek (99) rekenkundig de laagste effectiviteit, maar techniek 95b resulteerde daarentegen weer in de hoogste effectiviteit bij 10% dosering. De variatie in effectiviteit is bij de middelste bladlaag hoger dan bij de bovenste bladlaag.

De effectiviteit op de onderste bladlaag is weergegeven in Figuur 10.

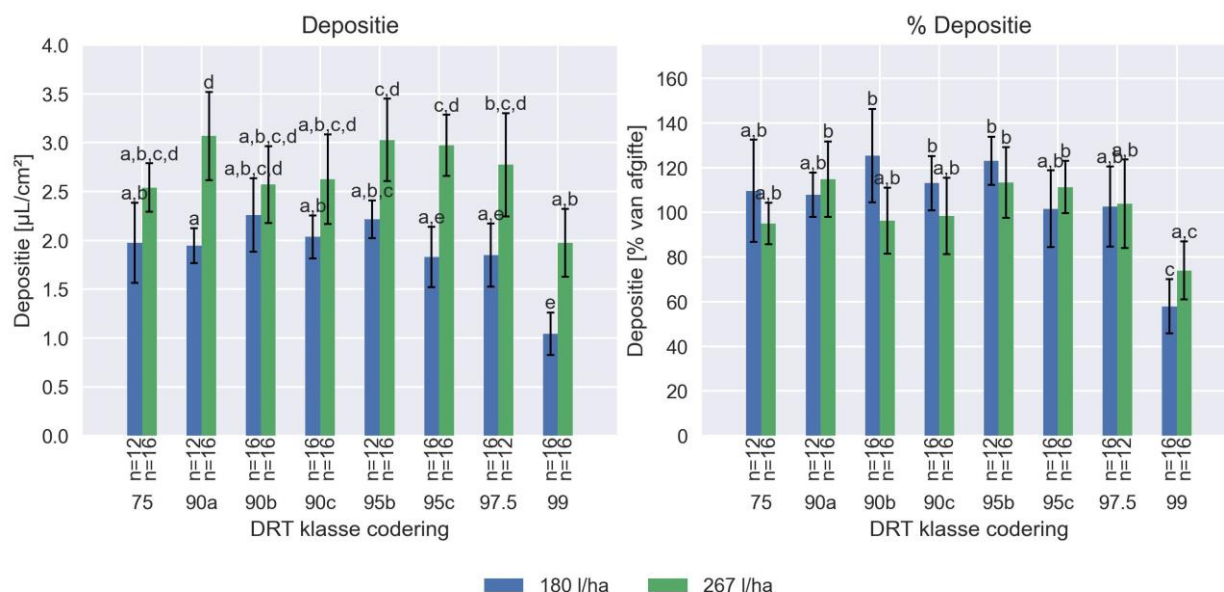


Figuur 10 Effectiviteit van *Phytophthora* bestrijding op de onderste bladlaag met 10% (links) en 33% (rechts) dosering voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Bij de onderste bladlaag zijn ook geen significante verschillen gevonden tussen de spuittechnieken. Bij een dosering van 33% geeft verlaagde spuitboom met luchtondersteuning en een 50% DRD dop de hoogste en de standaard spuitboom met een 75% DRD dop de laagste effectiviteit, hoewel de verschillen niet significant waren. De variatie in effectiviteit op de onderste bladlaag is, zeker gezien de gemiddeld relatief lage effectiviteit, hoog in vergelijking met de andere bladlagen.

3.3 Depositie rondfilters

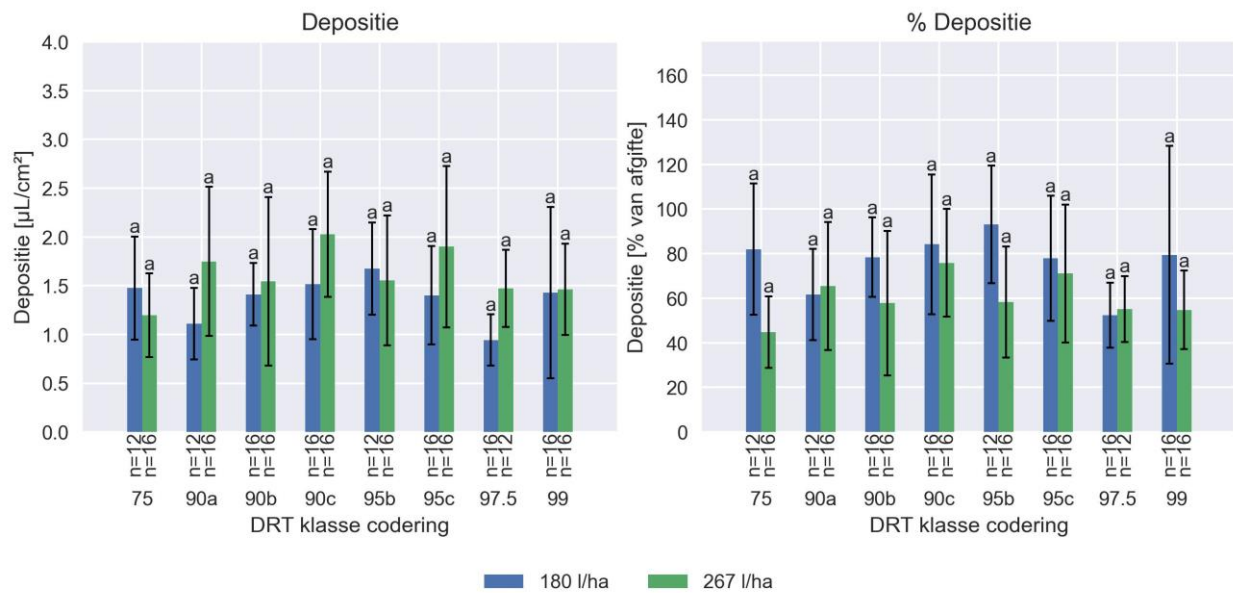
De gemeten depositie op de rondfilters ter hoogte van de bovenste bladlaag is weergegeven in Figuur 11.



Figuur 11 Absolute depositie ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$, links) en percentage van de afgifte (% , rechts) ter hoogte van de bovenste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

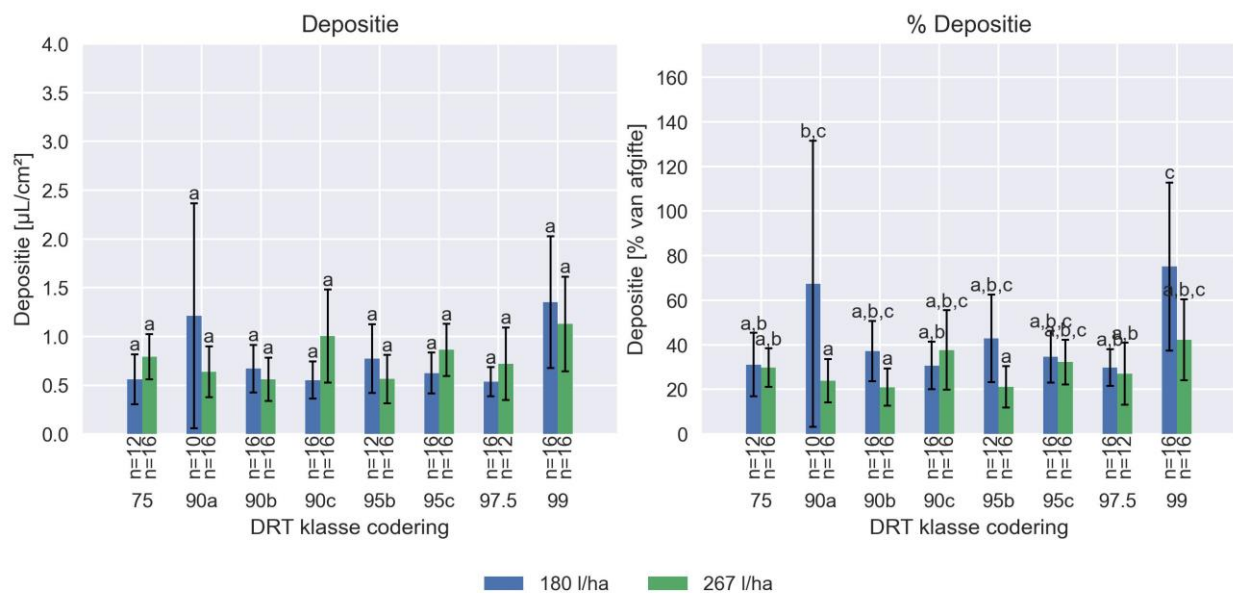
Bij 180 l/ha werd er gemiddeld een depositie 188 l/ha (104% van de afgifte) gemeten en bij 267 l/ha werd er gemiddeld 269 l/ha (101% van de afgifte) gemeten op de rondfilters ter hoogte van de bovenste bladlaag. Bij beide spuitvolumes zijn geen significante verschillen in relatieve depositie (% van de afgifte) tussen de spuittechnieken bij een DRT klasse tot en met 97.5. De relatieve depositie bij het sleepdoeksysteem en een afgifte van 180 l/ha is significant lager dan de overige spuittechnieken. Bij een spuitvolume van 267 l/ha heeft deze spuittechniek ook een significant lagere depositie dan verschillende andere spuittechnieken hoewel het verschil wel kleiner was.

Depositie op de rondfilters ter hoogte van de middelste bladlaag is weergegeven in Figuur 12.



Figuur 12 Absolute depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$, links) en percentage van de afgifte (% van afgifte, rechts) ter hoogte van de middelste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

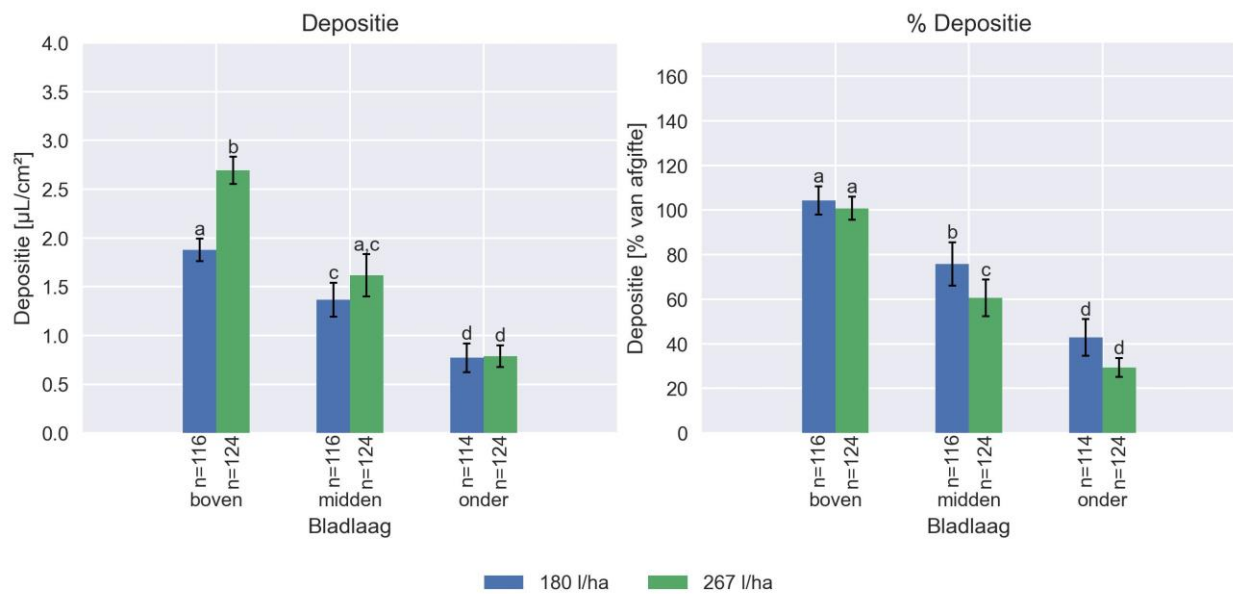
Bij de middelste bladlaag werd er gemiddeld 137 l/ha gemeten bij een spuitvolume van 180 l/ha (76% van de afgifte) en 162 l/ha bij een spuitvolume van 267 l/ha (61% van de afgifte). Bij zowel absolute als relatieve depositie zijn er geen significante verschillen in depositie tussen de verschillende spuittechnieken.



Figuur 13 Absolute depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$, links) en percentage van de afgifte (% van afgifte, rechts) ter hoogte van de onderste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Bij de onderste bladlaag werd er gemiddeld een depositie van 63 l/ha gemeten bij een spuitvolume van 180 l/ha (35% van de afgifte) en 79 l/ha bij een spuitvolume van 267 l/ha (23% van de afgifte). Bij de absolute depositie zijn geen significant verschillen gevonden. Bij de relatieve depositie hebben de standaard spuitboom met 90% DRD dop (90a) en het sleepdoeksysteem (99) significant hogere depositie op de onderste bladlaag dan verschillende andere spuittechnieken.

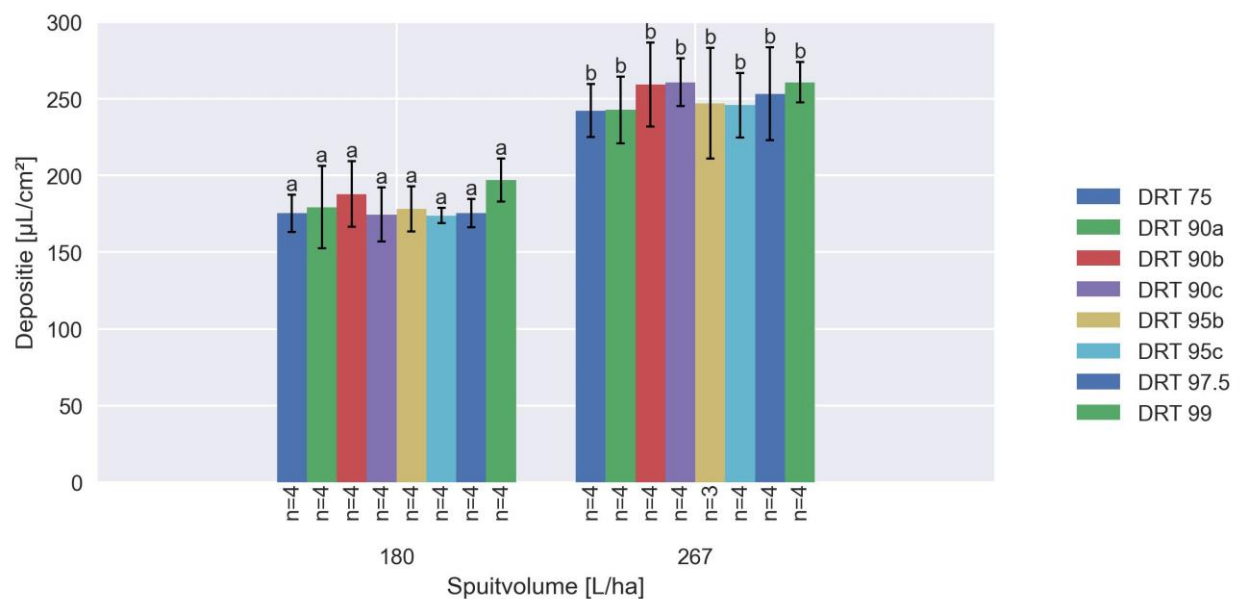
Depositie van spuitvloeistof ter hoogte van de drie bladlagen voor de verschillende spuitvolumes waarbij alle spuittechnieken samen zijn gevoegd is weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14 Absolute depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$, links) en percentage van de afgifte (% , rechts) ter hoogte van de onderste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende spuitvolumes met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

De relatieve depositie op de verschillende bladlagen is significant verschillend. Hoewel 267 l/ha gemiddeld een hogere absolute depositie heeft dan 180 l/ha, is de relatieve depositie bij elke bladlaag lager en bij de middelste bladlaag zelfs significant lager.

De depositie gemeten op de afgiftedoeken was gemiddeld 180 l/ha bij een spuitvolume van 180 l/ha en 255 l/ha bij een spuitvolume van 267 l/ha. Zie Figuur 15 voor een overzicht van gemeten depositie voor de verschillende spuittechnieken.

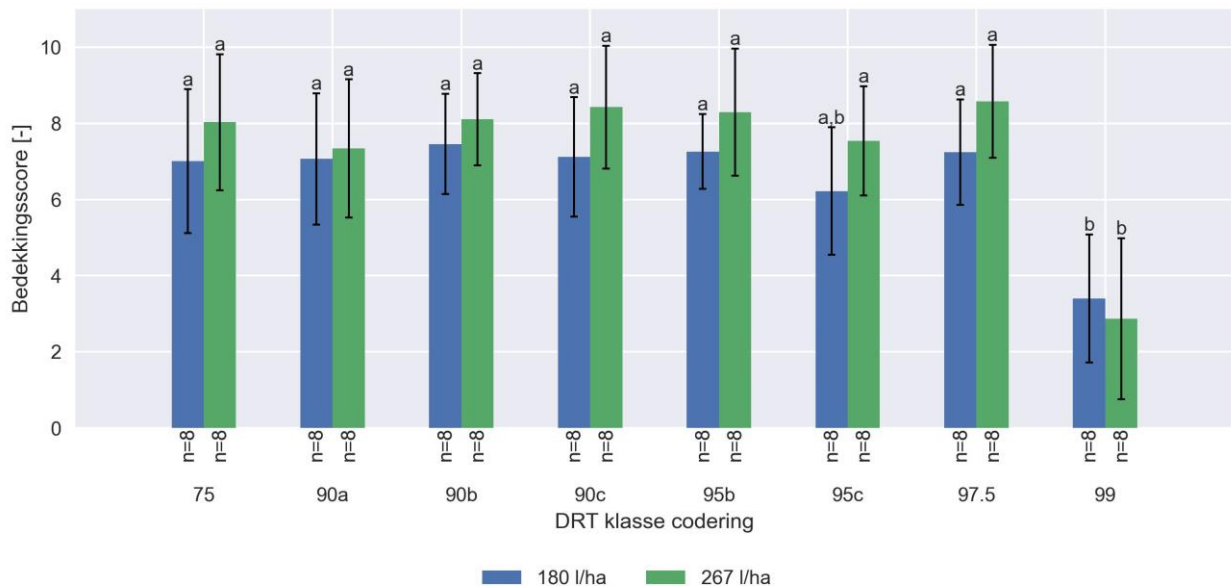


Figuur 15 Depositie op de afgiftedoeken met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

De gemeten depositie op de afgiftedoeken, in een plat vlak ter hoogte van de bovenkant van het gewas, verschilt niet significant tussen de spuittechnieken binnen de twee spuitvolumes.

3.4 Bedekkingsscore op blad

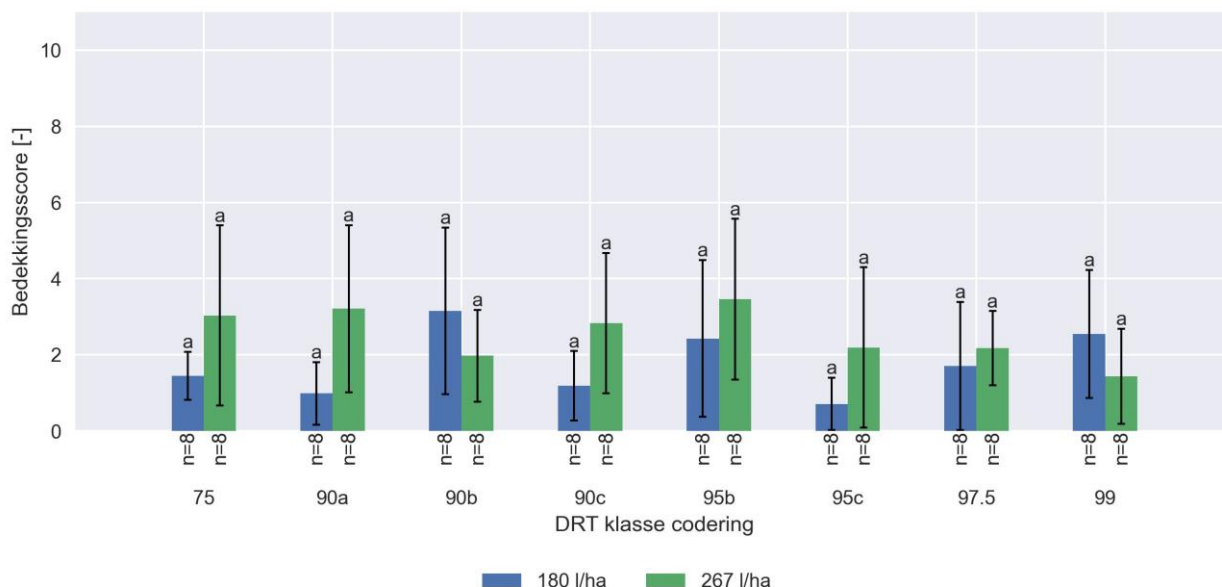
De bedekkingsscore van de verschillende spuittechnieken op de bladeren van de bovenste bladlaag is weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16 Bedekkingsscore op de bovenste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

De bedekkingsscore op de bovenste bladlaag verschilt niet significant tussen de verschillende spuittechnieken uitgezonderd het sleepdoeksysteem. De verlaagde spuitboom met 75% DRD dop (95c) en een spuitvolume van 180 l/ha verschilt als enige niet significant van het sleepdoeksysteem. Een spuitvolume van 267 l/ha geeft in bijna alle gevallen een hogere bedekkingsscore hoewel dit verschil niet significant is.

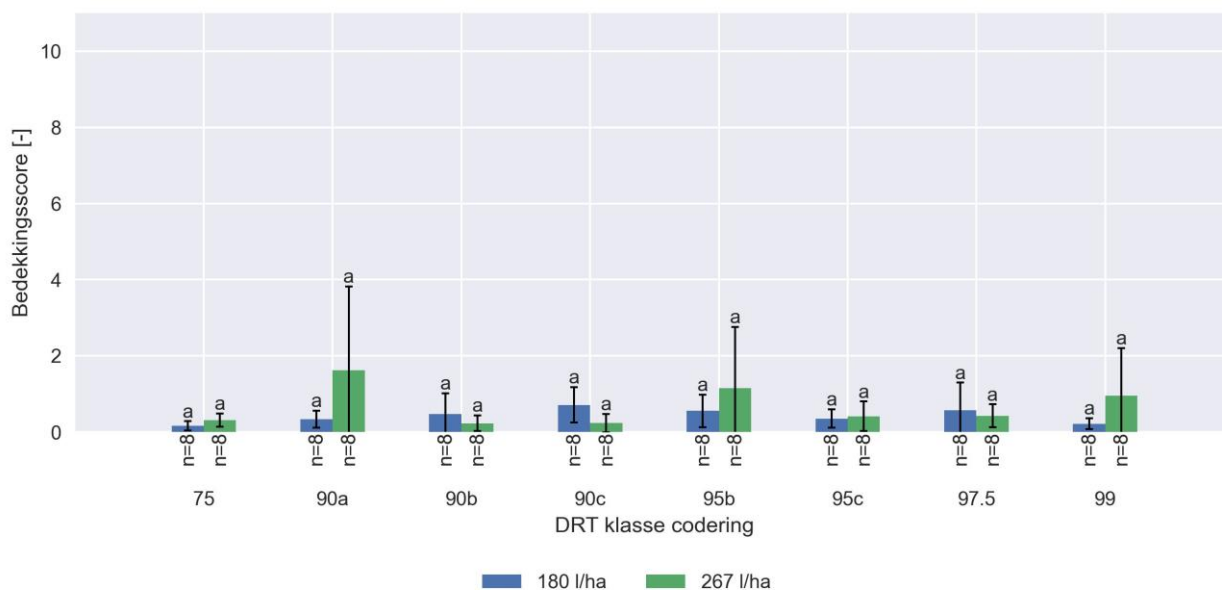
In Figuur 17 is de bedekkingsscore op de bladeren van de middelste bladlaag weergegeven.



Figuur 17 Bedekkingsscore op de middelste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Op deze bladlaag zijn er geen significante verschillen in bedekking tussen alle spuittechnieken.

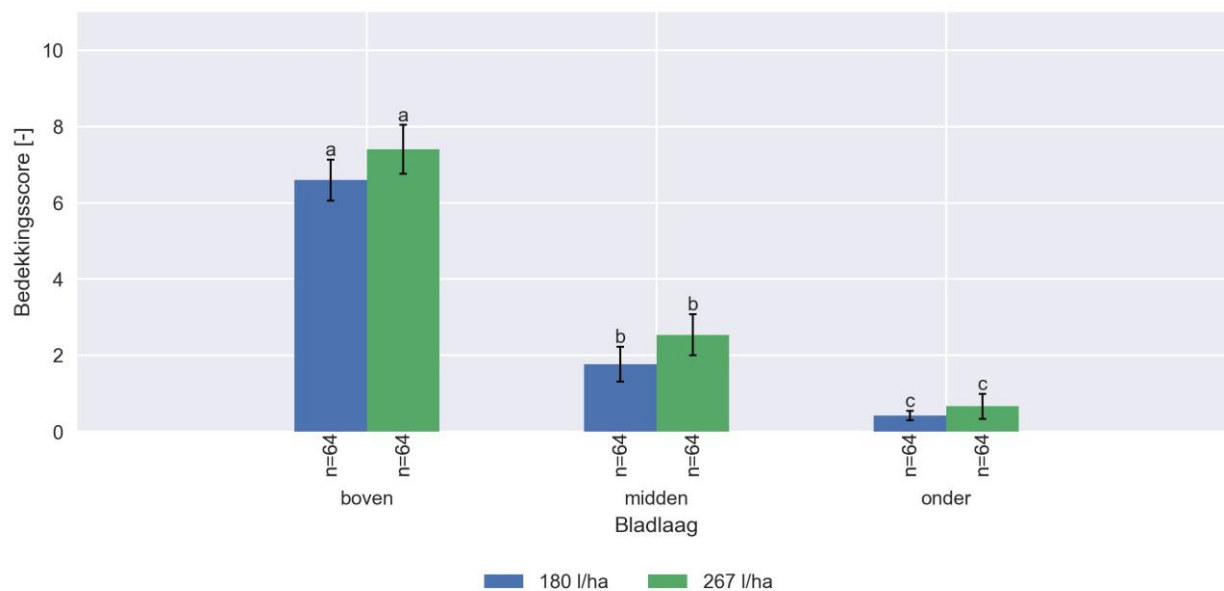
De bedekkingsscore op de onderste bladlaag is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18 Bedekkingsscore op de onderste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

De bedekkingsscore op de onderste bladlaag is met gemiddeld 0.5 op de schaal van 0 tot 10 laag. Er zijn geen verschillen tussen spuittechnieken.

De bedekkingsscore van alle spuittechnieken samengenomen op de verschillend bladlagen bij de twee spuitvolumes is weergegeven in Figuur 19.



Figuur 19 Bedekkingsscore op de onderste bladlaag met een spuitvolume van 180 l/ha en 267 l/ha voor de verschillende DRT klassen met 95% betrouwbaarheidsinterval. Verschillende letters geven een significant ($p \leq 0.05$) verschil aan.

Een spuitvolume van 267 l/ha geeft bij alle bladlagen een hogere bedekkingsscore dan 180 l/ha, maar de verschillen zijn niet significant. De significante verschillen zijn wel gevonden tussen de bladlagen.

4 Discussie

Proefopzet

De aantasting van de onbehandelde bladeren met *Phytophthora infestans* was, zeker bij de bovenste (44%) en middelste bladlaag (31%), lager dan optimaal. In een optimale situatie is de aantasting bij de onbehandelde bladeren zo dicht mogelijk bij de 100% omdat de effectiviteit van de behandelde bladeren wordt bepaald ten opzichte van de onbehandelde bladeren. Bij een hogere aantasting worden potentiële verschillen tussen spuittechnieken uitvergroot.

Bij alle bladlagen (boven, midden en onder) was de gemiddelde effectiviteit lager bij 10% dosering (70%, 62% en 14%) dan bij 33% dosering (84%, 71% en 30%). Dosering was een significante parameter in het regressiemodel bij alle bladlagen, wat aangeeft dat de doseringen onderscheidend waren gekozen. Bij de laagste dosering van 10% waren de verschillen in effectiviteit tussen spuittechnieken op de bovenste bladlaag groter dan bij een dosering van 33%, zie Figuur 8.

Inoculatie van de bladeren vond één dag na de bespuitingen plaats. In een veldsituatie neemt de bescherming tegen *Phytophthora infestans* af na een bespuiting door bladgroei en afbraak van het middel. Potentiële verschillen tussen spuittechnieken zullen daarom het meest zichtbaar worden net voor de volgende bespuiting. Dit effect is niet meegenomen in deze laboratoriumproef, maar door verlaagde doseringen te gebruiken is dit scenario wel te benaderen.

Bij de onbehandelde planten werd de hoogste mate van aantasting gevonden op de onderste bladlaag (Figuur 7). Dit komt overeen met een eerder uitgevoerde spuitbaanproef met *Phytophthora* op aardappels (Stallinga *et al.*, 2009). Deze onderste bladeren lijken dus gevoeliger te zijn voor een *Phytophthora* besmetting. Deze proeven zijn allebei uitgevoerd op planten die in de kas zijn gekweekt zijn met mogelijk een andere gevoeligheid dan planten die buiten groeien.

Resultaten

Spuitsvolume heeft geen significante impact op effectiviteit. Dit is een ander resultaat dan gevonden bij het scenario LDS onkruidbestrijding waarbij een hoger spuitsvolume in verschillende gevallen resulteerde in een hogere effectiviteit (Wander, 2023 & Van Steenberghe *et al.*, 2023). Deze resultaten laten zien dat bij een preventieve ziektebestrijding zoals uitgevoerd in dit onderzoek andere factoren een rol spelen dan bij een onkruidbestrijding. Daarnaast zijn de bespuitingen in de spuitbaan uitgevoerd zonder wind, met een optimale temperatuur en hoge luchtvochtigheid. Eventuele negatieve effecten van een hoge verdampingssnelheid van de spuitvloei-stofdruppels speelden hier dus geen rol.

Tussen technieken in DRT klassen 75% tot en met 97.5% zijn geen significante verschillen gevonden. Dit betekent ook dat de driftreductieklasse van de dop (50% tot en met 90%) geen verschil geeft in effectiviteit bij gebruik van dezelfde techniek. Binnen een dosering van 10% of 33% van het gebruikte fungicide zijn wel kleine rekenkundige verschillen zichtbaar tussen de technieken, maar het is niet zo dat deze niet-significante verschillen overeen komen bij de twee doseringen. Zo geeft luchtondersteuning met een 90% DRD dop (95b) de laagste effectiviteit van de technieken tot en met 97.5%, terwijl deze techniek bij een 33% dosering een hoge effectiviteit haalt. Bij een standaard boom met een 90% DRD dop (90a) is dit effect juist andersom zichtbaar met de hoogste effectiviteit van de spuittechnieken bij 10% dosering en de laagste effectiviteit bij 33% dosering. Bij de middelste en onderste bladlagen zijn geen significante verschillen gevonden tussen de technieken. De spreiding in effectiviteit op deze bladlagen is wel hoger dan bij de bovenste bladlaag. Het afschermen van deze bladeren door bovenliggende bladlagen speelt hier waarschijnlijk een rol. Uiteraard kan effectiviteit ook bepaald worden door het gebruikte fungicide, waarbij systemische, translaminaire en contact fungiciden verschillend zullen werken. Verdeling op het blad wordt beïnvloed door de formulering van het fungicide.

Bij het sleepdoeksysteem op de bovenste bladlaag werd de laagste effectiviteit gemeten van alle spuittechnieken. Deze lage effectiviteit hangt samen met een lage depositie en bedekking. Een waarschijnlijke verklaring is het opentrekken en terugveren van het gewas, zie Figuur 3. Een eis voor de 99% driftreductieklasse is het afsteunen op het gewas (TCT, 2023a), dus het sleepdoeksysteem mag niet boven het gewas gehouden worden. De inoculatie en beoordeling vond plaats op de bovenkant van het blad en de bedekking werd ook alleen bepaald op de bovenkant van het blad. De bovenkant van het blad is namelijk de plaats waar in een veldsituatie de besmetting plaatsvindt (Kessel & Nederpel, 2022).

De onderkant van het blad is niet meegenomen in deze analyses, maar de depositie hierop zou hoger kunnen zijn dan bij andere technieken. Op de onderste bladlagen werd namelijk geen hogere depositie en effectiviteit gemeten, dus de spuitvloeistof heeft zich waarschijnlijk op een andere locatie verdeeld in de plant. Aangezien de volledige rondfilters werden gespoeld in demiwater was de gemeten depositie wel een combinatie van boven- en onderzijde van de filters. Bij een eerder uitgevoerde veldproef met *Phytophthora* in aardappel waarbij een sleepdoeksysteem met TeeJet XR 110-02 doppen (niet driftreducerende dop) werd vergeleken met een standaardspuit met TeeJet AI 110-04 doppen (90% driftreducerende dop) werd geen verschil gevonden in effectiviteit tussen beiden technieken bij een zeer hoge infectiedruk (Meier & Schepers, 2006).

In een voorgaand spuitbaanonderzoek werden 3 verschillende doptypen vergeleken (TeeJet XR 110-02 (fijne druppel, niet driftreducerend), TeeJet DG 110-02 (midden druppel, niet driftreducerend) en Lechler ID 120-02 (grove druppel, 75% driftreducerend) op effectiviteit tegen *Phytophthora* in aardappel (Stallinga *et al.*, 2009). Hiervoor werd het middel Shirlan gebruikt in verschillende doseringen (20%, 40%, 60%, 80% en 100%). Gemiddeld over alle doseringen werd geen significant ($p \leq 0.10$) verschil gevonden in effectiviteit op de bovenste en middelste bladlaag. Op de onderste bladlaag was de effectiviteit met de XR dop wel significant hoger dan met de ID dop.

Luchtondersteuning gaf geen verbetering in bedekking en depositie op de onderste bladlagen. De luchtsnelheden werden gelimiteerd door de capaciteit van de ventilator op de spuitbaan. De maximaal gemeten luchtsnelheid van 16 m/s is lager dan mogelijk op daadwerkelijke veldspuiten, zoals een luchtsnelheid tot 22 m/s bij veldspuiten in de algemene categorie luchtondersteuning (TCT, 2018) of tot 30 m/s bij de Hardi TwinForce luchtondersteuning (TCT, 2019). Tussen de technieken tot en met 97.5% werden geen significante verschillen gevonden in depositie op de bovenste bladlaag. Bij de middelste bladlaag is de spreiding veel groter en zijn er mede daardoor geen verschillen tussen alle spuittechnieken. De verlaagde depositie van het sleepdoeksysteem op de bovenste bladlaag wordt dus niet gecompenseerd door een verhoogde depositie op de middelste bladlaag. Dit is wel het geval op de onderste bladlaag bij een spuitvolume van 180 l/ha. Het sleepdoeksysteem zorgt voor een significant hogere depositie dan verschillende andere spuittechnieken. Een opvallende hoge depositie is gevonden bij een standaard boom met een 90% DRD dop en 180 l/ha. Bij een spuitvolume van 267 l/ha is de depositie echter één van de laagste van alle spuittechnieken. De reden hiervoor is onbekend. Gemiddeld over alle spuittechnieken is de relatieve depositie bij beide spuitvolumes per bladlaag niet verschillend met uitzondering van de middelste bladlaag. De relatieve depositie (% van de afgifte) is hoger bij een spuitvolume van 180 l/ha dan bij een spuitvolume van 267 l/ha.

De bedekkingsscore op het blad bij de bovenste bladlagen is ook niet significant verschillend tussen de spuittechnieken tot en met DRT 97.5%. De bedekking op de bladeren met het sleepdoeksysteem is ruim twee keer lager dan bij de overige spuittechnieken. Bij de middelste en onderste bladlagen zijn er geen verschillen in bedekking tussen de spuittechnieken. Een spuitvolume van 267 l/ha geeft, bij alle spuittechnieken samengenomen, een hogere bedekking dan een spuitvolume van 180 l/ha, maar dit verschil is echter niet significant.

5 Conclusie

Het effect van spuitvolume en driftreducerende spuittechniek op de effectiviteit van de bestrijding van *Phytophthora infestans* met fungicide Ranman Top is bepaald in een laboratoriumproef. Spuitvolume (180 of 267 l/ha) had in dit experiment geen effect op de effectiviteit van de preventieve fungicidebespuiting. De spuittechnieken standaard boom, verlaagde spuitboom en luchtondersteuning in combinatie met doppen uit verschillende driftreducerende dopklassen 50%, 75% en 90% hebben ook geen effect op de effectiviteit op de bovenste bladlaag. Het gebruik van het sleepdoeksysteem resulteerde in de laagste effectiviteit op deze bladlaag waarbij de effectiviteit ook significant lager was dan verschillende andere spuittechnieken. Deze verlaagde effectiviteit hangt samen met een lagere depositie van spuitvloeistof en bladbedekking. Op de middelste en onderste bladlagen zijn geen significante verschillen gevonden in effectiviteit van Ranman Top op de bestrijding van *P. infestans* en op de bedekking van het blad met het fungicide. Bij de onderste bladlaag gaven twee spuittechnieken een hogere depositie op de onderste bladlaag bij een spuitvolume van 180 l/ha, maar niet bij een spuitvolume van 267 l/ha. Op de middelste bladlaag zijn geen verschillen in depositie gemeten.

6 Aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd onder laboratoriumomstandigheden om de impact van externe invloeden (zoals weersomstandigheden) zo constant mogelijk te houden en hierdoor het effect van spuitvolume en spuittechniek vast te stellen. De aanbeveling is om als vervolg ook een veldproef uit te voeren waarin deze externe invloeden wel worden meegenomen. Dit resulteert in een betere doorvertaling naar de praktijk.

Aanbevelingen voor een volgend spuitbaanonderzoek zijn om te streven naar grotere planten om een veldscenario beter te benaderen en te streven naar een effectievere inoculatie om potentiële verschillen tussen spuittechnieken uit te vergroten. De depositie werd in deze proef vastgesteld met rondfilters op dezelfde hoogte als de bladeren die gebruikt werden voor de inoculatie. Een andere optie die beter rekening houdt met de verschillende bladstanden is het gebruik van chromatografiefilterpapier wat om de bladeren gevouwen wordt (Stallinga *et al.*, 2009).

Literatuur

- Kessel, G. J. T., & Nederpel, C. T. M., 2022. 5. *Phytophthora infestans* in aardappel. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/572531>
- Meier, R., & Schepers, H. T. A. M., 2006. Onderzoek naar de mogelijkheden om met sleepdoek inzet van middelen tegen *Phytophthora infestans* te verlagen: proefjaar 2005. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. <https://edepot.wur.nl/120377>
- Nieuwenhuizen, A.T., H. Stallinga en B.R. Verwijs, 2022, Pathoscreen voor het bepalen van de kwaliteit van bespuitingen; aantal vlekken, vlek grootte en percentage bedekt oppervlak. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde. <https://edepot.wur.nl/570215>
- Stallinga, H., van de Zande, J. C., Meier, R., Schepers, H. T. A. M., Verwijs, B. R., & Michielsen, J. G. P., 2009. Spuitvloeistofverdeling en biologische effectiviteit van een fungicide bij bespuitingen in aardappelen: effect dooptype en dosering. (Rapport / Plant Research International; No. 228). Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/5346>
- TCT, 2018. Informatieblad Veldspuit met luchtondersteuning. Versie 19 oktober 2018, van <https://iplo.nl/thema/water/afvalwater-activiteiten/agrarische-activiteiten/telen-gewassen-openlucht/vaststellen-driftreductie-spuitechnieken/@203377/1-neerwaartse/>
- TCT, 2019. Informatie Veldspuit met Hardi TwinForce luchtondersteuning. Versie 14 oktober 2019, van <https://iplo.nl/thema/water/afvalwater-activiteiten/agrarische-activiteiten/telen-gewassen-openlucht/vaststellen-driftreductie-spuitechnieken/@203377/1-neerwaartse/>
- TCT, 2023a. Lijst met indeling van spuittechnieken in Driftreducerende Techniek-klassen (DRT-klassen) (DRT lijst). Versie 6 februari 2024, van <https://iplo.nl/thema/water/afvalwater-activiteiten/agrarische-activiteiten/telen-gewassen-openlucht/vaststellen-driftreductie-spuitechnieken>
- TCT, 2023b. Lijst met indeling van spuitdoppen in Driftreducerende Dop-klassen (DRD-klassen) (DRD lijst). Versie 6 februari 2024, van <https://iplo.nl/thema/water/afvalwater-activiteiten/agrarische-activiteiten/telen-gewassen-openlucht/vaststellen-driftreductie-spuitechnieken>
- Van Steenberghe, G., Michielsen, J-M., Nieuwenhuizen, A., Snoussi, M., & Stallinga, H., 2023. Effectiviteit van driftreducerende spuittechnieken in onkruidbestrijding: Laboratoriumonderzoek naar het effect van driftreducerende spuittechniek en spuitvolume met lage dosering systeem middelen voor suikerbieten. (Rapport Wageningen Plant Research; No. WPR-1233). Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/588941>
- Wander, J., 2023. Effectieve emissiearme spuittechnieken; Resultaten veldproef LDS suikerbieten 2022. Delphy. <https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-Kennis-en-Innovatie/Effectieve-emissiearme-spuitechnieken-Projectverslag-Delphy-Resultaten-veldproef-LDS-suikerbieten-2022.pdf>

Bijlage 1 Effectiviteitsdata

Tabel 4 Resultaten van de regressie voor spuitvolume bij de verschillende bladlagen.

Bladlaag	Regressiecoëfficiënt	Standaard error	T waarde	P waarde
Boven	0.02	0.18	0.10	0.92
Midden	0.28	0.20	1.39	0.17
Onder	0.14	0.23	0.60	0.55

Tabel 5 Effectiviteit bij de verschillende bladlagen, middeldoseringen en spuittechnieken met standaard error en 95% betrouwbaarheidsinterval (BI).

Bladlaag	Dosering middel	Spuittechniek	DRD	DRT codering	Gemiddelde effectiviteit	Standaard error	95% BI
Boven	10%	Standaard	75%	75	0.73	0.06	[0.60,0.83]
		Standaard	90%	90a	0.87	0.05	[0.75,0.94]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.83	0.05	[0.71,0.91]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.83	0.05	[0.70,0.91]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.61	0.07	[0.47,0.73]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.72	0.06	[0.58,0.82]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.70	0.06	[0.56,0.80]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.33	0.07	[0.22,0.47]
	33%	Standaard	75%	75	0.88	0.04	[0.77,0.95]
		Standaard	90%	90a	0.79	0.06	[0.66,0.88]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.91	0.04	[0.80,0.97]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.88	0.05	[0.76,0.94]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.87	0.05	[0.74,0.93]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.92	0.04	[0.81,0.97]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.85	0.05	[0.73,0.92]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.64	0.07	[0.50,0.76]
Midden	10%	Standaard	75%	75	0.56	0.09	[0.38,0.73]
		Standaard	90%	90a	0.56	0.09	[0.38,0.72]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.69	0.09	[0.50,0.83]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.75	0.08	[0.57,0.87]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.75	0.08	[0.57,0.87]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.57	0.09	[0.39,0.73]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.58	0.09	[0.39,0.74]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.48	0.09	[0.31,0.66]
	33%	Standaard	75%	75	0.60	0.09	[0.42,0.76]
		Standaard	90%	90a	0.74	0.08	[0.55,0.86]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.73	0.08	[0.54,0.86]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.81	0.07	[0.63,0.91]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.59	0.09	[0.40,0.75]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.87	0.06	[0.70,0.95]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.81	0.07	[0.63,0.91]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.52	0.09	[0.34,0.69]

Bladlaag	Dosering middel	Spuittechniek	DRD	DRT codering	Gemiddelde effectiviteit	Standaard error	95% BI
Onder	10%	Standaard	75%	75	0.10	0.05	[0.03,0.27]
		Standaard	90%	90a	0.09	0.05	[0.03,0.26]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.16	0.07	[0.06,0.33]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.20	0.07	[0.09,0.38]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.12	0.06	[0.04,0.29]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.07	0.05	[0.02,0.24]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.15	0.07	[0.06,0.33]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.20	0.07	[0.09,0.38]
	33%	Standaard	75%	75	0.14	0.06	[0.06,0.32]
		Standaard	90%	90a	0.35	0.09	[0.20,0.53]
		Luchtondersteuning	50%	90b	0.28	0.08	[0.15,0.46]
		Verlaagde spuitboom	50%	90c	0.31	0.08	[0.17,0.49]
		Luchtondersteuning	90%	95b	0.25	0.08	[0.13,0.44]
		Verlaagde spuitboom	75%	95c	0.28	0.08	[0.15,0.47]
		Verlaagde spuitboom + luchtondersteuning	50%	97.5	0.45	0.09	[0.28,0.63]
		Sleepdoeksysteem	50%	99	0.32	0.09	[0.18,0.51]

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1307



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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.
