



Gewasafhankelijk spuiten in uien; depositiemetingen 2018 SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit

J.C. van de Zande, H.J. Holterman, D.C. de Hoog, J.M.G.P. Michielsen, M. Snoussi, H. Stallinga

Gewasafhankelijk spuiten in uien; depositiemetingen 2018 SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit

J.C. van de Zande, H.J. Holterman, D.C. de Hoog, J.M.G.P. Michielsen, M. Snoussi, H. Stallinga

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), Wageningen Plant Research business unit Agrosysteemkunde, in het kader van de PPS Innovatieve Efficiënte Toedieningstechnieken (PPS-IET; KV 1406044) en medegefinancierd door het Productschap Tuinbouw.

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

Wageningen, mei 2023

Rapport WPR-1210

Zande, J.C. van de, H.J. Holterman, D.C. de Hoog, J.M.G.P. Michielsen, M. Snoussi, H. Stallinga, 2023.
Gewasafhankelijk spuiten in uien; depositiemetingen 2018 SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit. Wageningen
Research, Rapport WPR-1210. 62 blz.; 20 fig.; 16 tab.; 17 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/583095>

With more precise application methods applying PPP only to the areas where it is needed, the plant, the aim to reduce PPP input can be achieved. Canopy Density Spraying (CDS) was therefore used under practical conditions in onions. Spray deposition measurements of a CDS-sprayer and a standard application technique were done in three different crop growth stages of an onion crop. The CDS-sprayer was based on a Hardi Twin Force air sleeve boom sprayer with a working width of 5.4 m (three beds of 1.80 m onions) at 30 cm nozzle height. Greenseeker sensors measuring vegetation index (NDVI) were used to adjust spray volume by switching individually three nozzles mounted in Lechler Varioselect nozzle bodies. Angling of the nozzles towards the crop rows on the edges of the bed and air assistance improved spray deposition compared to a horizontal spray boom and nozzle orientation. In three growth stages spray deposition on the onion leaves was for the CDS spray technique 1.5 to 2.8 times higher compared to that of the standard air-assisted boom sprayer. Loss to soil surface on top of the bed and on the paths in between the beds was for the CDS sprayer lower than for the standard sprayer.

Trefwoorden: onion, canopy density spraying, variable rate application, nozzle selection, spray distribution, use reduction, precision agriculture

© 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-1210

Foto omslag: Jan van de Zande (JvdZ-CDSbeddenspuitUi_IMG_2745.JPG)

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en meetmethoden	13
2.1 Spuitboom ontwerp, doppositie en dwarsverdeling	13
2.2 Spuitvloeistofdepositiemetingen	16
2.2.1 spuitmachine / Standaard	18
2.2.2 spuitmachine / SensiSpray2.0	19
2.2.3 Rekenregel	21
2.2.4 Meetopstelling depositiemeting	22
2.2.5 labanalyse + omrekeningen	23
3 Resultaten	26
3.1 Depositie boven, onder en naast gewas	26
3.2 Spuitvloeistof depositie op uien gewas	30
4 Discussie	36
4.1 Spuitboom ontwerp, doppositie en dwarsverdeling	36
4.2 Spuitvloeistofhoeveelheid op het gewas	36
4.3 Spuitvloeistofhoeveelheid op de grond	38
4.4 Sensordata	41
4.5 Verbruik / besparing middelen	41
4.6 Massabalans spuitvloeistof	41
4.7 Biologische effectiviteit	43
4.8 Spuit efficiency	43
5 Conclusies	45
Literatuur	47
Bijlage 1 dwarsverdeling spuitvloeistof van spuitboom beddenspuit	48
Bijlage 2 Relatie tussen het gewicht en de bladoppervlakte van de bosui planten in de drie gewasstadia	49
Bijlage 3 meetwaarden collectoren boven gewas, op grond onder gewas en op grond	51
Bijlage 4 meetwaarden depositie op bosui gewas	57
Bijlage 5 NDVI metingen bosui	59

Woord vooraf

Op basis van de eerder ontwikkelde SensiSpray veldspuit is een gewasafhankelijke spuit (Canopy Density Spraying) voor op bedden geteelde aardbeien ontwikkeld (projecten: 'Innovaties in 't kwadraat', Programma Precisie Landbouw (PPL), PPS 'Precisietechnologie Tuinbouw'). De ontwikkelde prototypespuit voor de bespuiting van 3 aardbeibedden (4,50 m werkbreedte) is door de firma Homburg ingebracht in de Publiek Private Samenwerking 'Innovatieve Efficiënte Toedieningstechnieken' (PPS-IET; KV 1406044) voor de ontwikkeling van een beddenspuit voor het gewasafhankelijk spuiten (CDS) van uien. De PPS-IET is een onderzoeksproject (Topsector Tuinbouw & Uitgangsmateriaal) waarin het onderzoek (WUR) samenwerkt met marktleidende spuitmachinefabrieken, de gewasbeschermingsmiddelen industrie, de sector (NFO, Productschap Tuinbouw) en waterschappen om spuittechnieken efficiënter te maken.

Met Canopy Density Spraying kan door gewasafhankelijk alleen op het gewas te spuiten en afhankelijk van de grootte van het gewas de dosering van gewasbeschermingsmiddelen aan te passen het uitgebrachte spuitvolume verlaagd worden met behoud van de juiste middeldosering op het gewas. In samenwerking met Homburg te Stiens is de verder ontwikkelde SensiSpray2.0 ingezet bij de groenteteler Kouwenberg te Beek en Donk. In deze rapportage worden de spuitvloeistofdepositiemetingen met de verbeterde beddenspuit voor bosuien beschreven zoals in 2018 uitgevoerd in verschillende stadia van het gewas ui op het bedrijf van Kouwenberg. De firma Homburg en de heer Kouwenberg worden bedankt voor hun constructieve inzet in de ontwikkeling van de CDS-spuit in bosuien.

Wageningen, december 2022

Samenvatting

In dit rapport wordt de ontwikkeling van een precisiespuit voor het gewasafhankelijk spuiten van op bedden geteelde bosuien beschreven. Doel hierbij is om te komen tot een spuittechniek waarmee gewasbeschermingsmiddelen op een zo nauwkeurig mogelijke manier toegediend kunnen worden in uien. De partners in de publiek private samenwerking 'Innovatieve Efficiënte Toedieningstechnieken' hebben daartoe een verbeterde versie van de eerder ontwikkelde SensiSpray-Horti voor aardbeien ontwikkeld die de spuitvloeistof nog preciezer alleen op het gewas op het bed met bosuien toedient.

Voor het variabel doseren van gewasbeschermingsmiddel is de SensiSpray-Horti, een sensor gestuurde precisiespuit met luchtondersteuning van Homburg Holland verder aangepast tot de SensiSpray2.0. Een luchtondersteunde precisie spuit is ontwikkeld die bij een moeilijk te bespuiten gewas bosuien met sensoren de biomassa van het gewas waarneemt en aan de hand van het verkregen signaal het spuitvolume aanpast aan het groeistadium van het gewas. De spuittechniek is zo ontworpen dat in de kleinste gewasstadia alleen de plantrijen op het bed gespoten worden en de paden tussen de bedden niet. Bij het groeiende en meer biomassa ontwikkelende gewas meten de GreenSeeker sensoren een hogere vegetatie index (NDVI) en worden steeds meer spuitdoppen bijgeschakeld zodat uiteindelijk het hele bed gespoten wordt. Hierbij is door ontwerp van de spuitdop positie, spuitdop keuze en kanteling van de spuitboom aan de rand van het bed, zodat het gewas ook meer vanaf de zijkant bespoten wordt, gegarandeerd dat de vlakverdeling aan de bovenkant van het gewas binnen de keuringsnorm blijft ($VC < 10\%$). Uit spuitvloeistofdepositie metingen (volgens ISO24253-1/2) in drie gewasstadia van de bosui is gebleken dat de depositie op het gewas bij de precisie spuit 1,5 tot 2,8 keer hoger was dan van de standaard luchtondersteunde spuit van de teler. Dit wil ook zeggen dat de depositie van de standaardspuit bijzonder laag was; slechts 2% tot 16% van het uitgebrachte spuitvolume. Waar bij de standaardspuit de depositie midden op de paden tussen de bedden gemiddeld 85% (70% tot 94%) was, was dat voor de ontwikkelde precisie spuit gemiddeld 71% (40% tot 76%). Op grondoppervlak midden op de bedden onder het gewas was de depositie voor de standaardspuit gemiddeld 94% (70% tot 116%) en bij de ontwikkelde precisie spuit was dat gemiddeld 82% (42% tot 129%). Hieruit blijkt dat bij de ontwikkelde precisie beddenspuit voor uien de depositie op het gewas aanmerkelijk hoger was en de depositie op de grond lager was dan van de standaard spuit.

Summary

The reduction of the emission of plant protection products (PPP) to the environment is an important issue when applying agrochemicals in the Netherlands. Apart from spray drift reduction, more attention is nowadays paid on use reduction as the combination of both means higher levels of emission reduction of PPP, as the amount of spray drift is from less PPP used. With more precise application methods applying PPP only to the areas where it is needed, the plant, this can be achieved. For bed-grown crops, ideally the spray is applied evenly to the bed only, while no spray should be applied onto the paths between the beds. To determine the optimal nozzle body position on the spray boom a model was developed to design adequate set-ups of nozzles on a sprayer boom optimized for bed-grown crops. Spray patterns of various single nozzles at different boom heights have been measured on a patternator. The model combines these spray patterns while varying nozzle types, nozzle spacing and the position and angling of end nozzles to get an even spray distribution above the crop on the bed ($CV < 10\%$). Canopy Density Spraying (CDS) was therefore used under practical conditions in onions. To show the differences between a CDS-sprayer and a standard application technique, spray deposition measurements were done (following ISO24253-1/2) in three different crop growth stages of an onion crop. The CDS-sprayer was a Homburg SensiSpray2.0 based on a Hardi Twin air sleeve boom sprayer with a working width of 5.4 m (three beds of 1.80 m onions) at 30 cm nozzle height. Based on Greenseeker sensors measurements of vegetation index (NDVI), spray volume was adjusted using three nozzles mounted in a Lechler Varioselect nozzle body, switched on or off individually or jointly. Angling of the air sleeve and nozzles towards the crop rows on the bed improved spray deposition compared to a horizontal spray boom and nozzle orientation. In three growth stages spray deposition on the onion leaves was for the CDS spray technique 1.5 to 2.8 times higher compared to that of the standard air-assisted sprayer. Loss to soil surface on top of the bed and on the paths in between the beds was for the CDS sprayer lower than for the standard.

1 Inleiding

De invulling van de Kaderrichtlijn Water (KRW; EU/2000/60), de Drinkwaterrichtlijn (EU/98/83), de Sustainable Use Directive (SUD; EU/2009/128) en de EU Farm to Fork strategie (FtF; EU/2020) zijn in Nederland voor de periode 2020 - 2030 grotendeels vastgelegd in het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 (LNV, 2020) en het Nationale Actieplan duurzaam gebruik Gewasbeschermingsmiddelen (LNV, 2022). Het Uitvoeringsprogramma bevat (tussen)doelen en acties ter realisatie van de strategische doelen uit de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 (LNV, 2019). Gestelde doelen zijn verlaging van de emissie naar oppervlaktewater, geen normoverschrijdingen meer in 2027, nagenoeg geen emissies meer van gewasbeschermingsmiddelen vanuit de open teelten in 2030 (ten minste 95% reductie) en vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (50% reductie tov gemiddelde gebruik van 2015, 2016 en 2017 (FtF)) in 2030. Om dit te bereiken wordt door het beleid invulling gegeven aan acties op het gebied van weerbare planten en teeltsystemen, geïntegreerde gewasbescherming, innovatieve toepassingstechnieken en het terugdringen van emissies naar het milieu, met name ten behoeve van de waterkwaliteit.

Het voorliggende rapport gaat over gewasafhankelijk spuiten in uien. Met Canopy Density Spraying (CDS) sturen sensoren de juiste hoeveelheid gewasbeschermingsmiddel naar de juiste plek op het gewas, afhankelijk van de hoeveelheid aanwezig blad (Zande et al., 2008). De verwachting is dat Canopy Density Spraying een besparing oplevert van 30-50% in fungiciden gebruik. Het concept Canopy Density Spraying of gewasafhankelijke gewasbescherming gaat uit van twee basisideeën: 1. Gewasbeschermingsmiddel alleen op het doelobject toedienen; 2. Middeldosering aanpassen aan het groeistadium van de plant.

Het plantspecifiek en bladmassa-afhankelijk toedienen van fungiciden is nog geen gangbare praktijk. Plantspecifieke onkruidbestrijding komt in de Nederlandse landbouw beperkt voor. De detectie van individuele planten en de grootte van de bladmassa worden door sensoren bepaald. De sensoren sturen spuitdoppen aan die snel open en dicht gaan (cm precies) als een plant gedetecteerd wordt en kunnen een variabel spuitvolume geven (50-500 l/ha) om afhankelijk van de bladmassahoeveelheid een gelijke bedekking met middel te realiseren. CDS biedt een waardevolle aanvulling aan de geïntegreerde gewasbescherming door alleen daar te spuiten waar het nodig is met een dosering die afgestemd is op de grootte van de plant.

Achtergrond van het CDS concept is dat vooral bij de eerste bespuitingen middel bespaard kan worden door alleen op de dan nog kleine planten fungiciden toe te passen; de kale grond tussen de planten wordt niet bespoten. Als het gewas groeit wordt het aandeel kale grond kleiner en zal de besparing door alleen op de planten te spuiten afnemen. Daarnaast kan als er een volledige bedekking met gewas is nog steeds een ontwikkeling in bladmassa zijn, het gewas groeit nog in de hoogte. Gedurende deze fase van de groei kan de dosering nog aangepast worden aan de bladmassaontwikkeling en wordt een aanvullende besparing aan middel gerealiseerd. Plantspecifiek spuiten in aardappel en bladmassa-afhankelijke spuiten in bollen leidde in een vroeg stadium van deze gewassen tot meer dan 80% middelbesparing (Zande et al., 2010). Reductie in middelgebruik kan voor veel gewassen gerealiseerd worden. In principe kan iedere ziektebestrijding die op losse planten gedaan wordt gebruik maken van dit systeem. Naar verwachting kan gemiddeld over het groeiseizoen voor al dit soort gewassen 30-50% middelbesparing gerealiseerd worden. Naast de middelbesparing is vooral ook belangrijk dat door het plaatsspecifiek en aangepast doseren de emissie van gewasbeschermingsmiddelen ook aanzienlijk beperkt kan worden. Door minder op de kale grond te spuiten is het risico voor uitspoeling van middelen naar grond- en oppervlaktewater minder. Door de vaak lagere spuitdophoogte boven het gewas bij CDS is het risico voor drift naar oppervlaktewater lager (Stallinga et al., 2004; Groot et al., 2011). Bovendien wordt door de aanpassing van de dosering ook het risico voor residu op het product verlaagd.

In 2009 is door een groep aardbeientelers in West-Brabant, Homburg Holland en WUR gestart met de ontwikkeling van een autonome precisiespuit voor aardbeien. De ontwikkeling van de autonome trekker vond vooral plaats in het project 'Ontwikkeling van een autonome aardbeispuit' in het Programma Precisielandbouw (PPL) (Kempenaar et al., 2013). De bouw van de spuittechniek werd in 2010 en 2011 voor een groot deel vanuit het KRW-project 'Innovaties in het kwadraat' gedaan (Michielsen et al., 2012). Hierbij is doorontwikkeld op de eerder ontwikkelde SensiSpray volveldspuittechniek (Kempenaar et al., 2010) voor het variabel doseren van middel op basis van verschillen in gewasbiomassa zoals eerder toegepast in aardappelen en bloembollen. De depositie op het aardbeiblاد bij gewasafhankelijk spuiten met de SensiSpray Horti (Michielsen et al., 2012) was in de verschillende gewasstadia vergelijkbaar met die van de standaard luchtondersteunde bespuiting. De SensiSpray Horti gaf minder verlies naar het pad tussen de bedden, en naar de grond onder/tussen het gewas op het bed. Reducties in middelgebruik voor bespuitingen in drie gewasstadia van de aardbeiplanten varieerden tussen 38% en 62%.

In de periode 2013-2015 zijn in de Privaat Publieke Samenwerking 'Precisietechnologie Tuinbouw' (KV1309 066) verdere ontwikkelingen aan de Canopy Density Spraying (CDS) spuittechniek uitgevoerd om vooral de precisie van de uitgebrachte spuitvloeistof op het gewas verder te verbeteren. De verbeteringen zijn vooral gezocht in een meer gerichte vloeistofdepositie en luchtondersteuning op de individuele gewasrijen op het aardbeibed (Michielsen et al., 2016). Hiervoor werd een 'geknikte' spuitboom ontwikkeld en geïmplementeerd op een prototype CDS-spuit (2014) en een opgeschaalde CDS-praktijkspuit (2015).

Doelstelling van dit onderzoek was om vast te stellen wat de spuitvloeistofdepositie en de reductie in spuitvolume van bespuitingen in het veld onder verschillende praktijkomstandigheden bij een op bedden geteeld uien gewas zijn. Vastgesteld is met sensoren wat de gewastoestand van de uien is. Daarop is het spuitvolume bijgestuurd. De spuitvloeistofdepositie verdeling in het uien gewas is vastgesteld bij een standaard en sensorgestuurde CDS beddenspuit om vast te kunnen stellen wat verbeteringen en besparingen zijn ten opzichte van de huidige gebruikte technieken in de uienteelt.

In deze rapportage worden in hoofdstuk 2 de gebruikte materialen en methoden besproken. De aanpassingen aan de spuitboom en de gemeten dwarsverdeling van de spuitvloeistof op een spuitbord als gevolg van de aanpassingen in het laboratorium worden besproken. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de spuitvloeistofdepositiemetingen in het veld in drie groeistadia van een gewas bosuien besproken. De metingen zijn uitgevoerd met een prototype luchtondersteunde CDS-spuit voor drie bedden (5,4 m werkbreedte) met aangepaste doporiëntatie. De spuitvloeistof en luchtondersteuning werden hierdoor meer gericht op het uienbed. Na een discussie van de gevonden resultaten (hoofdstuk 4) worden algemene conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5 verwoord.

2 Materiaal en meetmethoden

2.1 Spuitboom ontwerp, doppositie en dwarsverdeling

Om tot een ontwerp te komen voor de spuitboom op de PPS-IET beddenspuit is van een aantal spuitdoppen de dwarsverdeling op het spuitbord bepaald en in het dwarsverdeling simulatiemodel ingevoerd (Holterman et al., 2018).

Een korte samenvatting wordt gegeven van de werkwijze en gemaakte keuzes om tot een ontwerp (Figuur 1) te komen met de door de fabrikant en teler aangegeven voorkeur van gewenste spuitdoppen.

Spuitbordmetingen

Teler en fabrikant gaven aan een voorkeur te hebben voor de Hardi ISO F-01-80 en F-015-80 spleetdoppen. Deze 2 doppen zijn op spuitbord gemeten, gemonteerd in een Lechler Varioselect 4-dops dophouder met positionering van de doppen zowel in de lengte en als in een blok versie van de dophouder. De dophouders zijn ook onder 40° gedraaid voor de randdoppositie met de rand van de spuitkegel verticaal omlaag (80°doppen). De dwarsverdeling is op spuitbord gemeten bij dophoogtes van 25, 30, 40 en 50 cm.

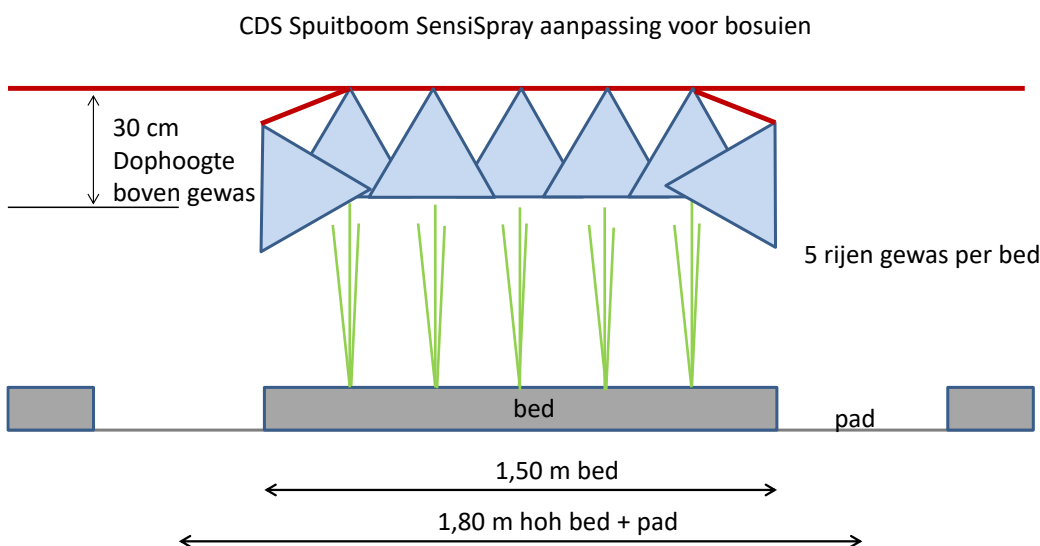
Simulaties

Alle configuraties met de Varioselect 4-dops dophouder met daarin de 8001 en 80015 doppen zijn gesimuleerd op dwarsverdelingspatroon en vloeistofafgifte.

Variatie binnen die simulaties zijn er voor:

- Aantal Varioselect-blokken op het bed: 5-10
- Blokconfiguratie van de Varioselect dophouder: 'lang' (L) of 'vierkant' (S)
- Afstand tussen de middens van de Varioselect blokken: 20,0 – 22,5 – 25,0 cm
- Gekantelde zijblokken naar buiten verschoven: 0 – 5 – 10 – 15 – 20 cm
- Spuitboomhoogtes/dophoogtes: 25 – 30 – 35 – 40 – 45 – 50 cm
- Doppencombinaties in de 4 posities van het Varioselect blok: alle mogelijke combinaties en stuk voor stuk open of dicht te zetten.

De zijblokken waren 40° gedraaid (halve tophoek), zodat één van de zijkanten van de spuitkegel verticaal naar beneden gericht is. Zijblokken waren steeds 5cm lager gemonteerd dan de blokken in het middenstuk.



Figuur 1 Schematische weergave eerste idee van spuitboomontwerp voor op bedden geteelde uien.

Dit leverde in totaal ruim 100000 mogelijk combinaties op. De resulterende patronen werden gefit met een trapeziumvormig profiel. Vervolgens werd elk patroon beoordeeld:

- Past de patroonbreedte bij de bedbreedte (maximaal 5% afwijking in breedte van patroon)
- Variatiecoëfficiënt op bovenkant bed ($VC < 10\%$ voor een gootbreedte van 10cm; volgens ISO16122; SKL, 2017)
- Depositie naast het bed moet voldoende snel afnemen: flankbreedte $< 20\text{cm}$.

Van alle simulaties kwamen 3584 configuraties door deze selectie, voor bedbreedtes van 110 – 120 – 130 – 140 – 150 cm. Beperkt tot een bed van 150 cm, zoals waarop de uien van de teler geteeld worden, besloeg de selectie 1044 configuraties.

Beste combinatie

Wat is de beste combinatie van dophouder versie (L of B), onderlinge afstand tussen dophouders en de plaatsing van de beide zijblokken en de positie van de spuitdoppen in de dophouder.

Dat wil zeggen: welke vaste configuratie biedt de meeste mogelijkheden om door middel van open/dicht zetten van doppen de dosering aan te passen, waarbij de verdeling op het bed binnen de bovengenoemde selectienormen blijft?

Selectieproces

In de simulaties is gebruik gemaakt van doppatronen voor een 8001 en een 80015 dop. Een aanvullende voorwaarde voor de te ontwikkelen beddenspuit is dat er 2 doppen 8001 geplaatst mogen worden en 1 dop 80015. De vierde positie op het Varioselect-blok mag niet gebruikt worden, om beschikbaar te blijven voor andere toepassingen (vierde positie als 'dicht'). Hierdoor werd het aantal mogelijke configuraties verder beperkt tot 371. In Tabel 1 zijn deze configuraties uitgesplitst naar aantal blokken en type blok. Hieruit blijkt dat alleen de configuraties met 8 of 9 blokken zinvol zijn om verder te bekijken.

Tabel 1 Aantal bruikbare configuraties voor 150 cm bedden, afhankelijk van aantal blokken en type (L of S).

Aantal blokken	L	S
7	35	22
8	90	86
9	68	59
10	5	6

De configuraties met 8 en 9 blokken zijn verder uitgesplitst naar type (L/S), blokafstand en extra verplaatsing van zijblokken. De combinaties met blokafstand 22,5 cm en een 5 cm extra verschuiving van de zijblokken, en blokafstand 25 cm zonder extra verschuiving van de zijblokken lijken de beste optie bij 8 blokken. Voor configuraties met 9 blokken is de blokafstand van 20 cm en 5 cm extra verschuiving van de zijblokken de beste optie.

Doppencombinaties

Een dichte positie, 2 doppen 8001 en 1 dop 80015 is op 12 verschillende manieren te realiseren op een 4-dops Varioselect dophouder. Het is nu zinvol om de dopconfiguraties te beschrijven met een 4-cijferige code. Cijfer 0 wordt gebruikt voor een permanent dichte doppositie, cijfer 1 voor doptype 8001 en cijfer 2 voor doptype 80015. De volgorde van de cijfers geeft de volgorde van de doppen op het varioselect-blok aan. Bijvoorbeeld de code '0112' staat voor een permanent dichte dop op positie 1, een doptype 8001 op posities 2 en 3 en doptype 80015 op positie 4. Er zijn dus 12 van dergelijke dopconfiguraties mogelijk. De doppen 8001 en 80015 kunnen open of dicht gezet worden; dit kan op 7 manieren. De dichte positie blijft daarbij natuurlijk steeds dicht. Op deze manier zijn maximaal 5 doseringsniveaus te maken; zie Tabel 2.

Tabel 2 Dopcombinaties en relatieve doseringstrappen t.o.v. 8001 dop (0,4 L/min @ 3 bar spuitdruk).

Index	8001	8001	80015	Relatieve dosering
1	x			1
2		x		1
3			x	1,5
4	x	x		2
5	x		x	2,5
6		x	x	2,5
7	x	x	x	3,5

Bij een zekere boomconfiguratie hoeven niet alle 12 dopconfiguraties en alle 7 open/dicht situaties daarin bruikbare situaties op te leveren: er kunnen combinaties bij zitten die bijvoorbeeld een te hoge VC van de dwarsverdeling op het bed geven. De meest geschikte dopconfiguraties omvatten zo veel mogelijk geschikte open/dicht combinaties (maximaal 7) met zo veel mogelijk doseringsniveaus (maximaal 5). Dit is uitgewerkt voor de beste combinatie overall, L8-D25-S0.

Boomconfiguratie 2: 8 L-blokken, 25 cm blokafstand, zijblokken niet verschoven

De boomconfiguratie 8 L-blokken, 25 cm blokafstand, zijblokken niet verschoven (L8-D25-S0) levert 29 geschikte situaties op. De meest voorkomende boomhoogte is nu 30 cm. Tabel 3 toont de dopconfiguraties met ten minste 4 doseringsniveaus. Hieraan voldoen nu slechts 2 dopconfiguraties, maar de eerste kan wel alle 5 doseringsniveaus bereiken. De met een ster gemarkeerde configuratie is de enige met 5 doseringsniveaus en heeft daarom de voorkeur. Configuratie 1021 heeft weliswaar een iets lagere VC, maar is met 4 doseringsniveaus toch minder interessant.

Tabel 3 Uitwerking van dopconfiguraties bij boomconfiguratie 2: 8 L-blokken, 25 cm blokafstand, zijblokken niet verschoven (L8-D25-S0).

Dopconfig	Open/dicht situaties	Doseringsniveaus	Gemiddelde VC %	Gemiddelde α %
0121 *	6	5	7,5	3,6
1021	5	4	6,7	3,5
1120	7	4	7,7	3,5
1201	5	4	7,7	3,5
1210	5	4	8,0	1,9
2101	5	4	7,6	3,1

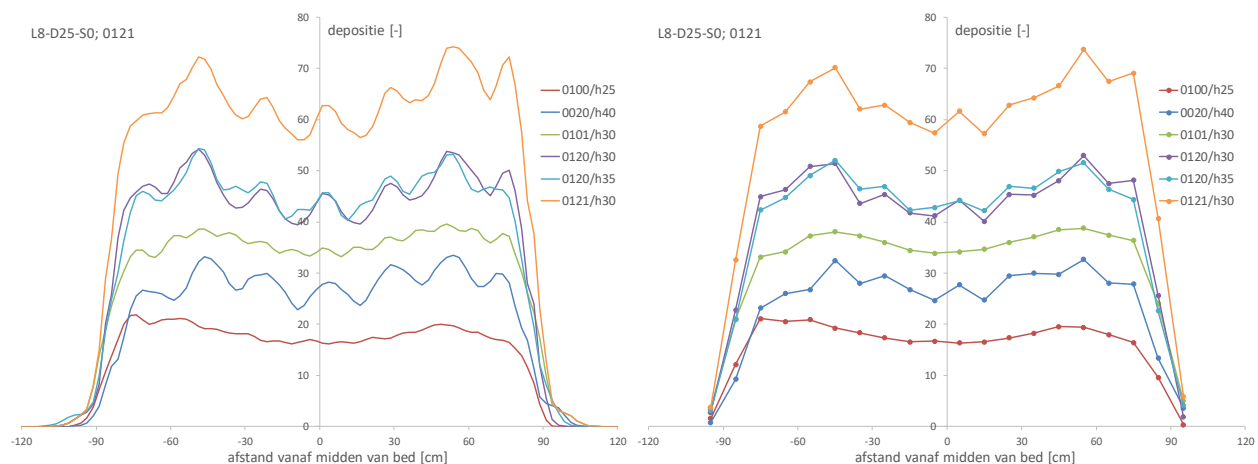
Het beste resultaat nader bekeken

Voor elk van de hiervoor bekeken boomconfiguraties is een voorkeur aangegeven van de dopconfiguraties daarbij. Het aantal doseringsniveaus is een belangrijke factor. In Tabel 4 zijn alle individuele situaties van boomconfiguratie 2, dopconfiguratie 0121 uitgewerkt. De situatie wordt gecodeerd als L8-D25-S0-0121. L8: 8 L-blokken; D25: 25 cm blokafstand; S0: 0 cm verschuiving van zijblokken; 0121: dopconfiguratie in het blok. Het doseringsniveau is relatief en in arbitraire eenheden; het hangt af van de rijsnelheid. De randbreedte is <20 cm (anders zouden de situaties niet door de selectie zijn gekomen). VC is de variatiecoëfficiënt op basis van 10 cm brede gootjes op een spuitbord. De laatste kolom α is de relatieve afwijking van bespoten breedte ten opzichte van de bedbreedte (150 cm). Bij $\alpha < 0$ is de bespoten breedte kleiner dan 150 cm. Merk op dat voor het beste resultaat de boomhoogte soms aangepast moet worden, wanneer een andere open/dicht situatie van de doppen wordt gekozen.

De bijbehorende patronen zijn ook te zien in Figuur 2a en 2b. In Figuur 2a is het berekende patroon op basis van 2,5 cm gootbreedte gegeven, in Figuur 2b hetzelfde patroon maar dan op basis van 10 cm gootbreedte.

Tabel 4 Configuraties en uitwerking bij L8-D25-S0-0121.

Dopconfig	Boomhoogte [cm]	Doseringsniveau [-]	Randbreedte [cm]	VC [%]	α [%]
0100	25	18,3	15,1	8,9	4,9
0020	40	28,3	19,9	8,8	-2,1
0101	30	36,2	19,2	4,8	3,0
0120	30	46,1	14,2	8,4	4,4
0120	35	46,5	19,0	6,9	0,0
0121	30	64,0	15,6	7,4	4,4

**Figuur 2a** vloeistofpatronen (2,5 cm gootbreedte) bij de situaties van Tabel 11: 8 L-blokken, bloklafstand 25 cm, zijblokken niet verschoven (L8-D25-S0), dopconfiguratie 0121. 2b: idem, op een spuitbord met 10 cm gootjes.

Conclusie

De meest geschikte combinatie is de boomconfiguratie L8-D25-S0 met 8 L-blokken, 25 cm bloklafstand, zijblokken niet verschoven en dopcombinatie 0121. De buitenste zijblokken staan hierbij op 12,5 cm buiten de rand van het 150 m brede bed (Tabel 5).

Tabel 5 Meest geschikte vaste configuratie L8-D25-S0-0121 met 5 doseringsniveaus.

Bloktype	Aantal blokken	Bloklafstand [cm]	Zijblok verplaatsing [cm]	Dopconfiguratie
L	8	25	0	0121

Met bovenstaande combinatie en de mogelijke dopschakelingen van de twee Hardi ISO F-01-80 doppen en één Hardi ISO F-015-80 dop, een spuitdruk van 2,5 bar en een rijsnelheid van 7 km/h is een spuitvolume te realiseren tussen de 120 L/ha en 420 L/ha. Dit spuitboom ontwerp L8-D25-S0-0121 is op de luchtondersteunde CDS-spuit gebouwd, geschikt voor het bespuiten van 3 bedden van 1,50 m en 0,30 m afstand tussen de bedden (werkbreedte 5,4 m); de SensiSpray2.0 (Figuur 8).

2.2 Spuitvloeistofdepositiemetingen

Op 31 augustus 2018 zijn op drie percelen bosuien (Lat Lon(degr): 51.537755 5.6625002; 51.5371075 5.6652162; 51.5823498 5.6268453) met verschillende groeistadia van de uien (Kouwenberg, Beek en Donk) spuitvloeistof depositiemetingen volgens ISO24253 gedaan met de standaard spuit (Gambetti luchtondersteund) en de SensiSpray2.0. De SensiSpray2.0 was voor de bespuiting in bosuien aangepast door de positie van de varioselect dophouders te optimaliseren voor het verkrijgen van een homogene spuitvloeistof verdeling op het uienbed bij een volgroeid gewas op het bed (1.80 m hoh; 1,50 m netto bed en 0,30 m pad) en beperking van de bespuiting van de paden tussen de bedden.

De gebruikte technieken in de depositiemetingen waren:

- a. = Standaard = spuit van de teler = Bargam – Gambetti 24 m, 50 cm dopafstand, dophoogte 50 cm; ongeveer 300 L/ha + luchtondersteuning; Onkruid bespuitingen: Agrotop Airmix 11004 (2 bar) – 75% driftreducerend (DRD75), 6 km/h;
- b. = Standaard; Ziekte bespuitingen: zelfde spuit met spuitdoppen Albuz ADI11003 (3 bar) – 50% driftreducerend (DRD50), 4-5 km/h, spuitvolume ongeveer 330 L/ha;
- c. = Sensispray2.0 CDS-beddenspuit = VarioSelect met doppen 80015, 8001, 8001, leeg, 25 cm dopafstand, 6 km/h, maximaal spuitvolume ongeveer = 550 L/ha, luchtondersteuning 15% oliedruk, rekenregel model = Bosui 2018 (Aardbei 2012, concentratie = 25%).

Omdat de SensiSpray2.0 met een Greenseeker sensor afhankelijk van het gewas het spuitvolume aanpast is voor ieder gewasstadium het uitgebrachte spuitvolume verschillend. Tijdens de metingen bleek het uitgebrachte spuitvolume van de SensiSpray2.0 voor gewasstadium 1, 2 en 3 resp. 130 L/ha, 189 L/ha en 297 L/ha te zijn. De standaard spuit had in alle drie de gewasstadia een spuitvolume van ongeveer 300 L/ha.

Tijdens de depositiemeting (Figuur 3) werden er steeds drie bedden over een lengte van 30 m bespoten, zowel met de standaard spuit als met de SensiSpray2.0. De spuitvloeistof was een oplossing met een fluorescerende kleurstof (BSF) en een standaard toevoegmiddel (AgralGold).

De spuiten zijn in de tank gevuld met:

- In Sensispray2.0: 150 L water + 200 g BSF + 12 mL AgralGold
- In Standaard: 350 L water + 400 g BSF + 25 mL AgralGold



Figuur 3 Depositie-meting in eerste stadium bosui met de SensiSpray2.0 (links) en de standaard spuit (rechts).

De gewas stadia (Figuur 4) van de uien waarin de bespuitingen gedaan zijn werden onderscheiden in:

- stadium 1 = net na opkomst van de uien (plantdatum 7/7), 20-25 cm hoog gewas, LAI 0,4 – eerste onkruid bespuiting; BBCH 13-15;
- stadium 2 = 35-40 cm hoog gewas, LAI 3,4; BBCH 17-19;
- stadium 3 = 50-60 cm hoog gewas, LAI 5,4; BBCH 41-43.



Figuur 4 Gewasstadia van de uien tijdens de depositiemetingen: stadium 1. net na opkomst van de uien 20-25 cm hoog gewas (links), stadium 2. gewas 35-40 cm hoog (midden), stadium 3. gewas 50-60 cm hoog (rechts).

De bespuiting richt zich op een ziekte behandeling en een onkruidbestrijding in het eerste stadium van het gewas en een ziektebestrijding in het tweede en derde stadium van de bosuien.

Dit heeft geleid tot het volgende schema van bespuitingen en objecten in de proef:

Gewas	Techniek		
	A	B	C
stadium 1	A-1	B-1	C-1
stadium 2		B-2	C-2
stadium 3		B-3	C-3

Weersomstandigheden

De weersomstandigheden (Metpak; temperatuur (°C), luchtvochtigheid (%), windsnelheid (m/s)) en de vastgelegde rijsnelheid (tijd over 20 m rijlengte) van de spuit tijdens de bespuitingen staan weergegeven in Tabel 6. Tijdens de bespuitingen van het eerste gewasstadium (A1, B1, C1) was de wind dwars op de bedden en de rijrichting (links naar rechts). Bij de bespuitingen van het tweede (A2, B2, C2) en derde (A3, B3, C3) gewasstadium was de wind parallel aan de bedden en werd tegen de wind in gereden.

Tabel 6 Weersomstandigheden tijdens de depositiemetingen en de vastgelegde rijsnelheid van de spuiten tijdens de bespuitingen van de verschillende objecten.

object	tijd meteo	T [°C]	%RV	windsnelheid [m/s]	windhoek tov rij [°]	Tijd (sec)/20m	Rijsnelheid (km/h)
C1	11:33:30	16.1	64	1.8	51	12.15	5.9
B1	12:41:40	17.1	59	1.0	95	18.68	3.9
A1	13:20:00	17.9	56	1.9	83	14.21	5.1
C3	15:08:10	19.0	49	1.5	57	13.43	5.4
B3	15:58:30	19.0	47	1.9	87	19.25	3.7
C2	16:51:45	18.4	50	3.1	103	14.37	5.0
B2	17:33:15	18.2	54	1.4	71	16.00	4.5

Tijdens de depositiemetingen was de gemiddelde (geklotte) rijsnelheid over 20 m rijlengte 5,1 km/h voor object A1, 4,0 km/h voor de B-objecten en 5,4 km/h voor de C-objecten.

2.2.1 spuitmachine / Standaard

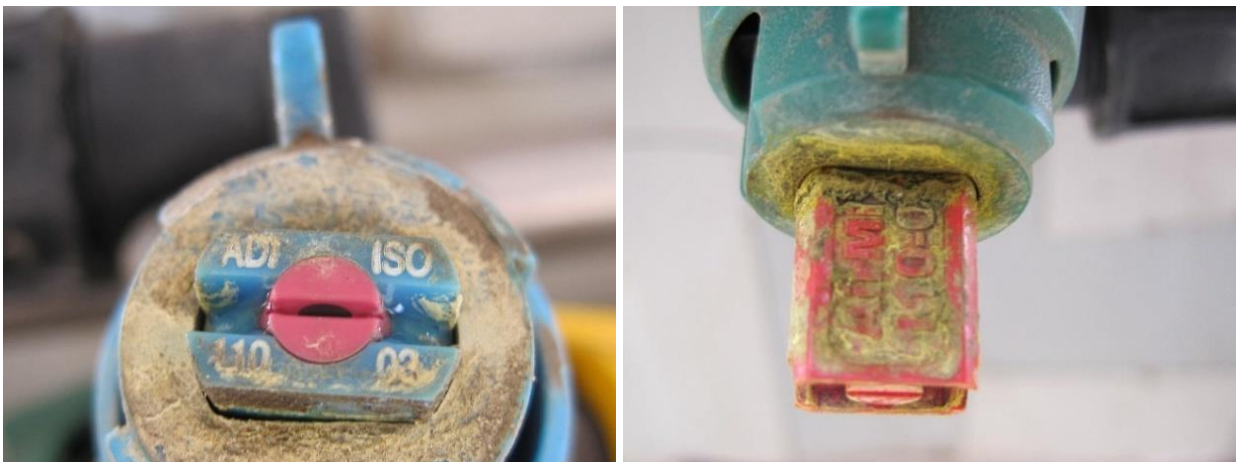
De standaard (referentie) machine was een Bargam – Gambetti zelfrijdende veldspuit met een 24m werkbreedte en met Hardi Twin luchtondersteuning (Figuur 5). Voor de onkruidbestrijding werd in de vroege gewasstadia van de uien gespoten met een 75% driftreducerende (DRD75; TCT, 2022) Agrotop Airmix 11004 venturi spleetdop (Figuur 6) bij 2 bar spuitdruk en 6 km/hrijsnelheid (300 L/ha). Bij de fungicide en insecticide

bespuitingen werd er gespoten met een 50% driftreducerende (DRD50; TCT, 2022) Albuz ADI 11003 voorkamerspleetdop (Figuur 6), bij 3 bar spuitdruk en 4-5 km/h rijsnelheid (330 L/ha). Dopafstand op de spuitboom was 50 cm, bij een spuitboomhoogte van ongeveer 50 cm zodat bij 20 cm gewashoogte de spuitboom dus op 70 cm boven het gewas hing. Tijdens de bespuitingen werd de luchtondersteuning afhankelijk van de hoogte en dichtheid van het gewas ingesteld. De instellingen van de luchtondersteuning waren resp. 150 bar, 150 bar en 200 bar (van max. 320 bar) hydrauliek druk van de ventilator voor de gewasstadia A1-B1, B2 en B3. Het gewenste spuitvolume werd ingesteld op en tijdens de bespuiting geregeld door de spuitcomputer.

Bij de depositiemetingen werden drie bedden bespoten. Het bed onder de spuit en de twee bedden onder de rechter spuitboom.



Figuur 5 Bargam – Gambetti zelfrijdende luchtondersteunde veldspuit zoals gebruikt als standaard veldspuit in de drie gewasstadia van de uien.



Figuur 6 De twee spuitdoppen Albuz ISO ADI 11003 (links) en Agrotop Airmix 11004 (rechts) zoals gebruikt op de standaard veldspuit.

2.2.2 spuitmachine / SensiSpray2.0

De SensiSpray2.0 is een doorontwikkeling van de Sensispray-Horti en is opgebouwd rond een Hardi spuitboom met Hardi TwinForce luchtondersteuning van 5,4 m breed (Michielsen et al., 2012), bestaand uit 3 delen van 1,8 m elk. Zo kunnen in één werkgang drie uienbedden worden behandeld. Elk segment bevat één Greenseeker® sensor die midden boven het uienbed werd geplaatst (Figuur 7). Deze Greenseeker sensoren meten de reflectie van het gewas (NDVI) wat een maat kan zijn voor de dichtheid van het gewas en geven het signaal door naar de Sensispray@computer. Boven elk bed zaten 8 Lechler VarioSelect®-dophouders met elk drie spuitdoppen, boven het bed zaten 6 dophouders en aan de zijkant van het bed stond aan weerszijden een VarioSelect dophouder schuin naar het gewas gericht (Figuur 8). In de VarioSelect dophouders waren twee Hardi ISO F-01-80 en één Hardi ISO F-015-80 spleetdoppen gemonteerd.

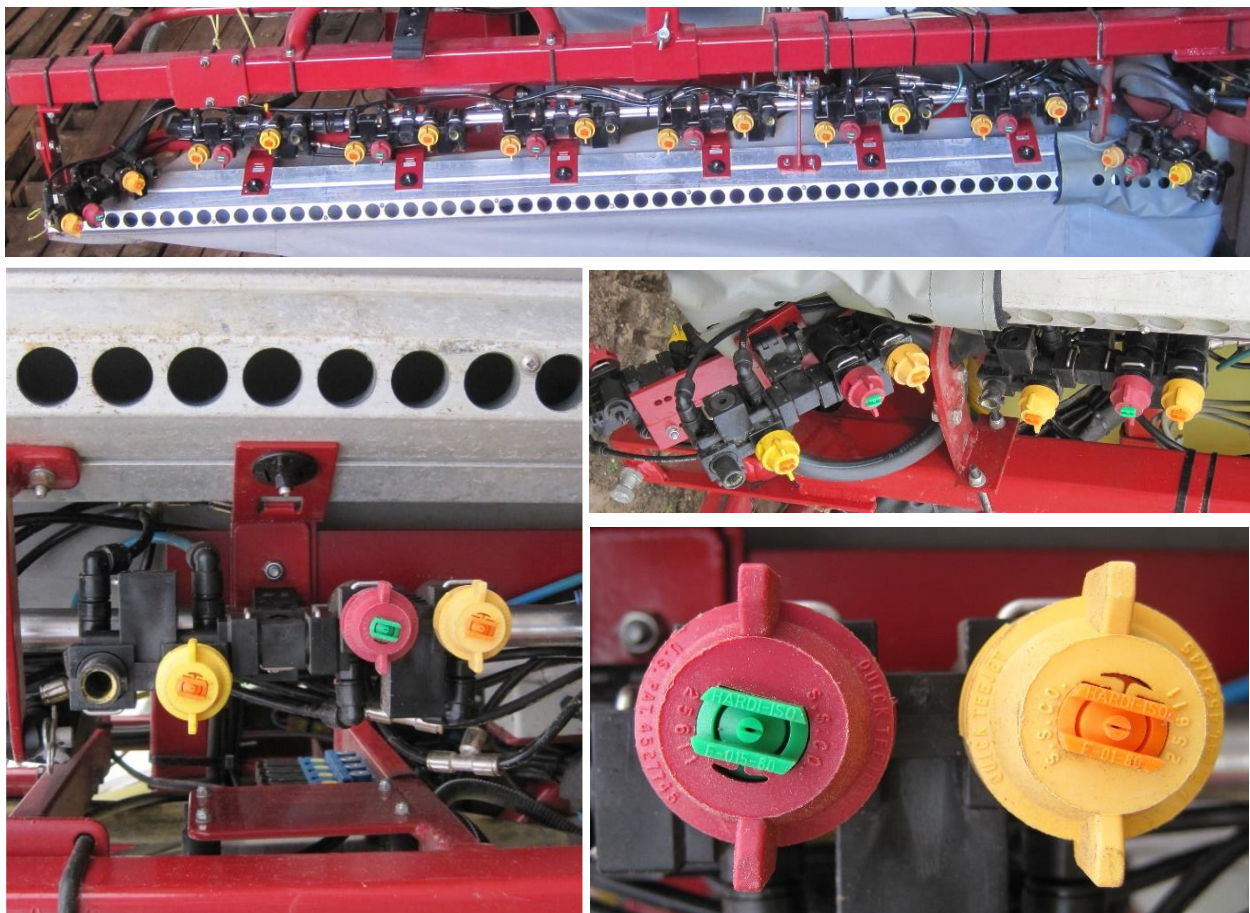
In de SensiSpray®computer zat een rekenregel die afhankelijk van het inkomende signaal van de GreenSeeker (en de rijnsnelheid) een bepaalde hoeveelheid vloeistof liet uitbrengen, beschreven door het onderstaande model in paragraaf 2.2.3. In paragraaf 2.1 is weergegeven hoe de afgifte van de spuit boven een gewasrij tot stand komt. Tijdens het spuiten worden ook de verschillende parameters in het spuitproces gelogd met een frequentie van 1 keer per seconde.

De SensiSpray2.0 was op een John Deere 6320 gemonteerd, bandenmaat achter: 270/95R54, voor: 270/95R38, met een spoorbreedte van 1,8 m. De snelheid voor de SensiSpray terminal zou 'afgetapt' worden van de trekker. Dit gaf geen een stabiele waarde. In overleg is toen besloten de experimenten uit te voeren met een gesimuleerde snelheid van 6,0 km/h, waarbij geprobeerd wordt de trekker ook 6,0 km/h te laten rijden (controle met 20 m rijlengte en handklokken).

Tijdens de bespuitingen werd de luchtondersteuning afhankelijk van de hoogte en dichtheid van het gewas ingesteld. De instellingen van de luchtondersteuning waren resp. 15%, 20% en 60% van de maximale ventilatorcapaciteit voor de gewasstadia C1, C2 en C3.



Figuur 7 Gewasafhankelijke CDS beddenspuit SensiSpray2.0 in drie gewasstadia van de uien.



Figuur 8 Smitboom ontwerp L8-D25-S0-0121 met dophouder posities (boven, rechts midden) en dopposities (rechts onder) in de Varioselect dophouders (links) van de CDS beddensmit voor uien op luchtondersteunde veldmit; SensiSpray2.0.

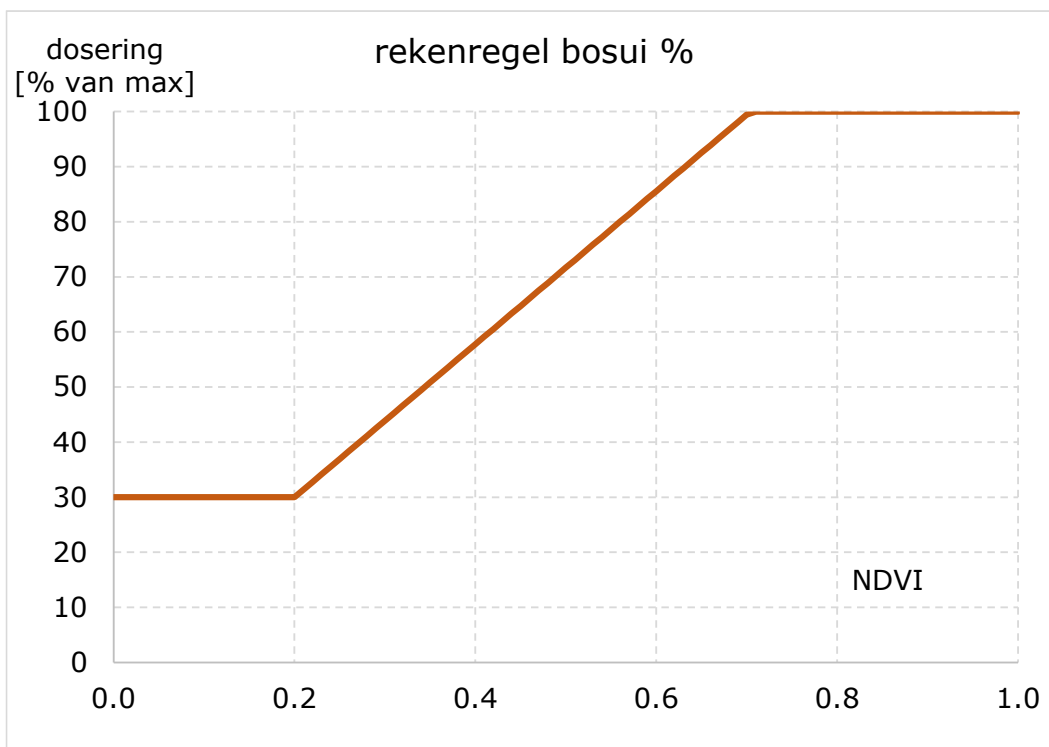
Bij de depositiemetingen werden drie bedden bespoten. Het bed onder de mit en aan weerszijden van de mit één bed.

Smitboom constructie

De mitboom is aangepast om een meer op de planten gericht mitpatroon te krijgen en minder in de paden op de grond tussen de bedden te miten. De mitboom is daarom aan de zijanten van het bed geknikt om meer van opzij tegen de uienstengel aan te kunnen miten die bij van bovenaf miten moeilijk te raken zijn (Figuur 8). De luchtuitstroomopeningen van de Hardi TwinForce luchtondersteuning is over de drie bedden (1,80 m breed) horizontaal gehouden en 5,4 m breed. De Varioselect-dophouders zijn per bed op de wijze gemonteerd zoals beschreven in de ontwerp studie (par 2.1; Holterman et al., 2018).

2.2.3 Rekenregel

Doordat de dopgroottes in de dophouders zijn aangepast (Michielsen et al., 2012, 2016) moet ook de rekenregel worden aangepast. De relatie tussen de vegetatie index zoals met de GreenSeeker sensor gemeten als NDVI en het uit te brengen mitvolume is gebaseerd op een rijnsnelheid van 6 km/h. Er wordt bij lage groen-waarden (NDVI van 30) een minimum dosering van 160 L/ha gegeven bij een rijnsnelheid van 6,0 km/h en 3,0 bar mitdruk (met acht 01-doppen per bed). Bij toename van de plantgrootte neemt de afgifte rechtlijnig toe tot een maximum mitvolume van 550 L/ha bij alle drie doppen open (2*01+1*015) en een vol gewas. In overleg met de teler is bepaald dat het maximale mitvolume afgestemd wordt op een NDVI van 0,71, zie model bosui 2018 (Figuur 9). Dit betekent dat bij 6 km/h rijnsnelheid en 3,0 bar mitdruk dan twee doppen open staan (01+015) en het mitvolume 400 L/ha is. Met dit maximale mitvolume van 400 L/ha is in de depositiemetingen gerekend. De andere dopcombinaties die gespoten kunnen worden geven dan een mitvolume van 240 L/ha (015) en 320 L/ha (2*01) bij resp. een NDVI van 0,37 en 0,54.



Figuur 9 Rekenregel voor de koppeling tussen de Greenseeker sensor waarden voor groendetectie (NDVI) en het spuitvolume (percentage van het maximale spuitvolume 400 L/ha bij 6 km/h en NDVI van 0,71), zoals gebruikt voor de bosui in 2018.

2.2.4 Meetopstelling depositiemeting

Om de spuitvloeistofdepositie (ISO24253) in de uien te meten werden drie bedden bespoten over een lengte van 30 m, 10 m aanloop, 10 m meetstrook en 10 m uitloop. Eerst werden met de SensiSpray2.0 en de standaard spuit (Bargam-Gambetti) gewasstadium 1 bespoten en vervolgens op een ander perceel gewasstadium 3 en 2. Hierbij lagen de door beide machines bespoten stukken (30 m lengte) na elkaar in hetzelfde spuitspoor van hetzelfde perceel van de 3 gewasstadia.

Bij de depositiemeting zijn boven het gewas collectoren uitgelegd om te bepalen wat de uitgebrachte hoeveelheid spuitvloeistof is. Op de grond zijn collectoren gelegd om de depositie in de paden en op het bed tussen de gewasrijen en op de rand van het bed te bepalen. De depositie op het gewas is bepaald door van de drie bedden per gewasrij (15 rijen op 3 bedden) 20 planten net boven de grond af te snijden en per rij in een plastic zak te stoppen. De collectoren en planten zijn meegenomen voor verdere analyse in het Spuittechniek laboratorium van WageningenUR in Wageningen.

Controle afgifte

In het veld werden filtercollectoren (*Technofil TF 290, 10x100cm*) dwars over het uienbed uitgelegd, één serie aan het begin van het meetveld en één serie aan het eind van het meetveld, zoals schematisch weergegeven in Figuur 10 en in het veld bij groeistadium 1 zoals weergegeven in Figuur 11.

Verlies naar de grond

Om de depositie naar de grond te meten werden filtercollectoren (*Technofil TF290, 10x50cm*) midden op het bed tussen de uienrijen en op de rand van het bed gelegd en in de rijpaden op de flanken van het bed en midden in het rijpad. Eén serie aan het begin van het meetveld en één serie aan het eind van het meetveld, zoals weergegeven in Figuur 10 en Figuur 11.

Bemonstering van het gewas

Na de bespuiting werden van de drie bespoten bedden in het meetveld per gewasrij twintig uienplanten bemonsterd en de lengte van de gewasrij waarop de 20 planten stonden opgemeten. Eerst werd een foto

gemaakt (van 0,5 m² grondoppervlak) om de bedekkinggraad van de planten op het grondoppervlak vast te leggen en daarna werden de planten uit de grond getrokken en per bed en per rij in een gecodeerde zak gestopt.

2.2.5 labanalyse + omrekeningen

De filtercollectoren werden in 1L demi geëxtraheerd. Van elke uienplant werd het blad boven de bol afgesneden en het bladgewicht bepaald. Per groeistadium van de uien werd van een aparte serie van 40 planten ook het individuele bladgewicht bepaald en de bladoppervlakte gemeten (Licor). Hieruit kwam per groeistadium een bladgewicht-bladoppervlakte relatie die gebruikt is voor het vaststellen van de bladoppervlakte van de planten in de depositiemetingen per groeistadium van de uienplanten (Bijlage 2). Het uienblad werd per plant geëxtraheerd, bij stadium 1 in 100 mL demiwater van stadium 2 en 3 in 500 mL demiwater. Van het extract werd een monster fluorimetrisch geanalyseerd met een fluorimeter (Perkin Elmer PE-LS-55) bij extinctie en emissie golflengten van respectievelijk $\lambda_{ex}=450nm$ en $\lambda_{em}=500nm$.

Verwerking gegevens

De gemeten fluorescentiewaarden van doekcollectoren én uienplanten werd omgerekend naar depositie uitgedrukt in $\mu l.cm^{-2}$ volgens [1].

$$D_{monster} = \frac{(F_{monster} - F_{demi} - F_{blanco}) \cdot f_{ijk} \cdot V_{spoel}}{C_{tank} \cdot A_{monster}} \quad [1]$$

$D_{monster}$ = depositie op monster in $\mu l.cm^{-2}$

$F_{monster}$ = fluorescentiewaarde van het monster

F_{demi} = achtergrondfluorescentie demiwater

F_{blanco} = achtergrondfluorescentie onbehandeld

f_{ijk} = ijkfactor, omrekening van fluorwaarde naar $\mu g.L^{-1}$

V_{spoel} = spoelvolumen in L

C_{tank} = concentratie spuitvloeistof in $g.L^{-1}$

$A_{monster}$ = monsteroppervlak in cm^2

Vervolgens wordt per monster de depositie uitgedrukt als percentage van afgifte volgens [2]:

$$P = \frac{D_m}{Q/100} \cdot 100\% \quad [2]$$

P = Percentage van afgifte [%]

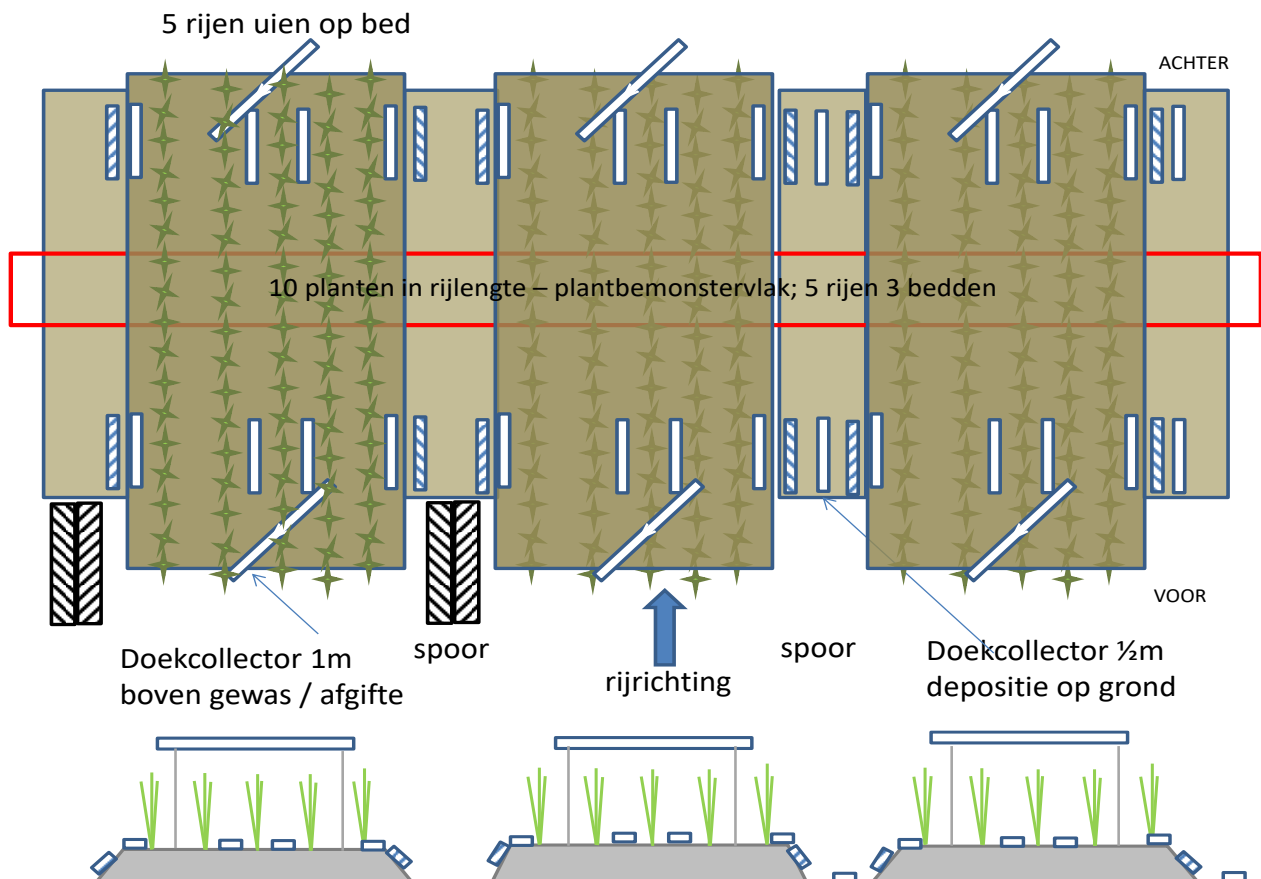
Q = Afgifte van de spuit in L/ha

D_m = depositie op monster in $\mu l.cm^{-2}$

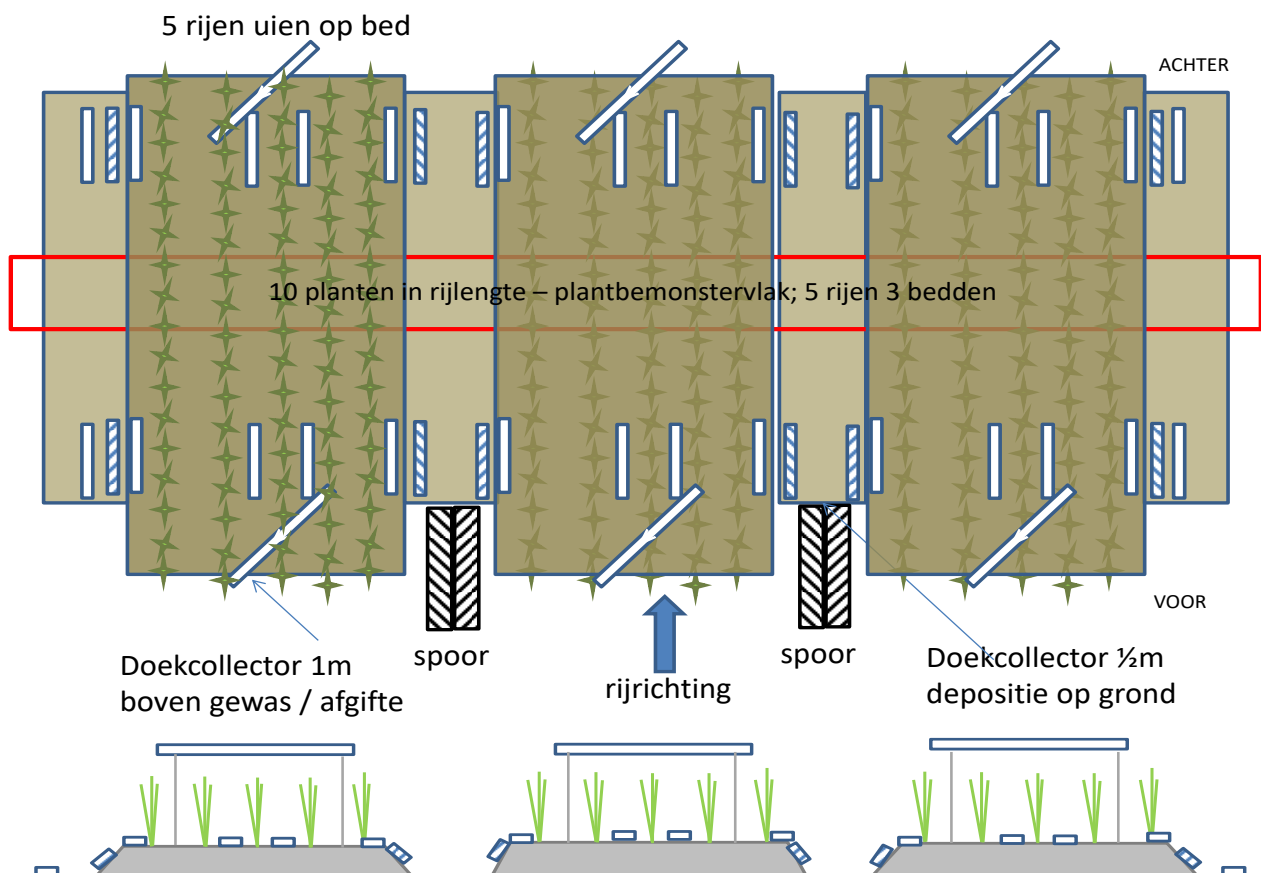
Statistische analyse verschillen

De depositiemetingen zijn statistisch getoetst door een variantieanalyse (Genstat) met een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

Standaard veldspuit (Gambetti)



SensiSpray

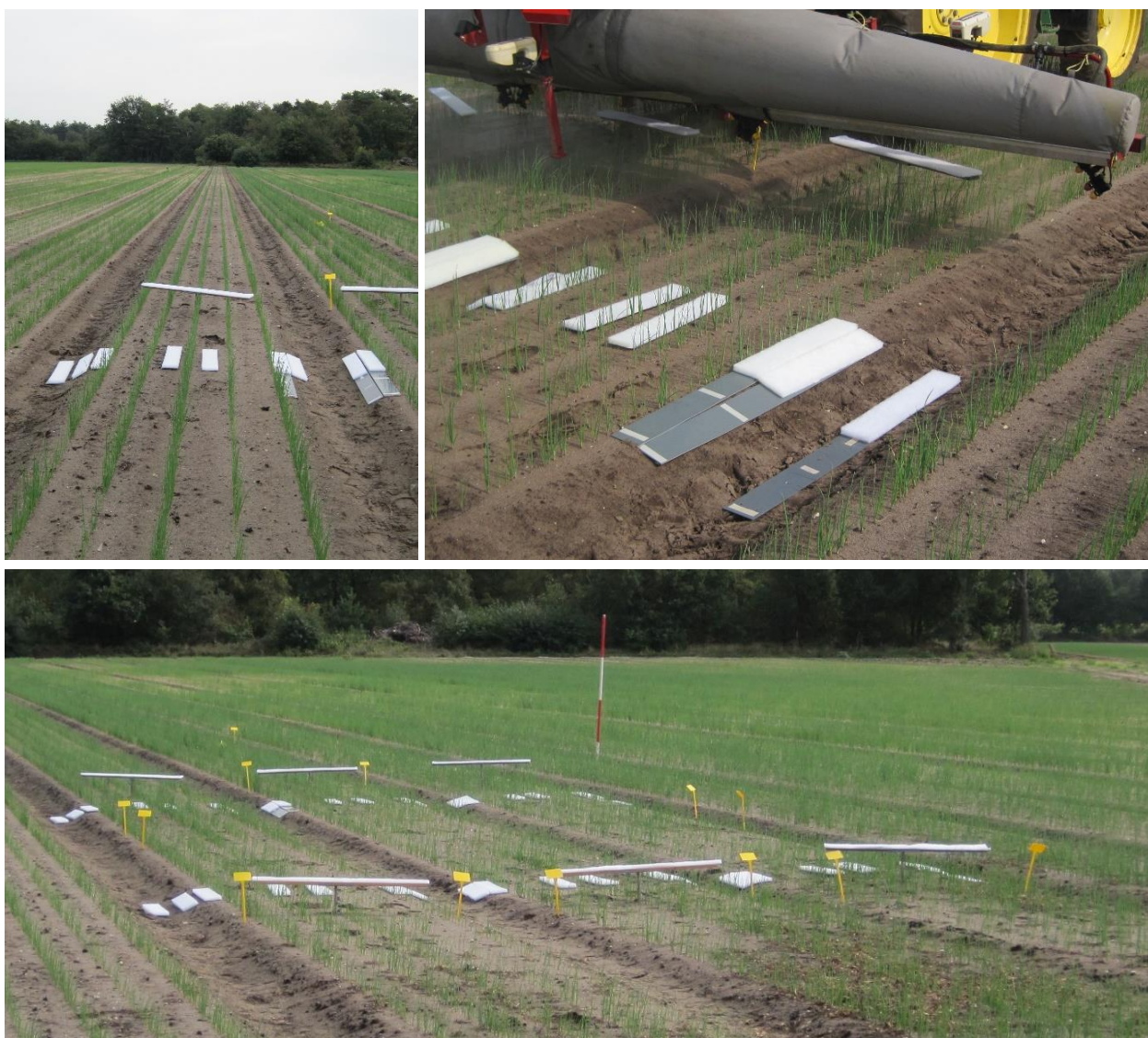


Figuur 10 Schematische weergave plekken van bemonsteren spuitvloeistof depositie op grondoppervlak en uien gewas voor de standaard (top) en de SensiSpray spuit (onder).

Standaard veldspuit (Gambetti)



SensiSpray



Figuur 11 Positie spuitvloeistofdepositie collectoren in het uien perceel (2018; gewasstadium 1), voor de standaard veldspuit (top) en de SensiSpray (onder).

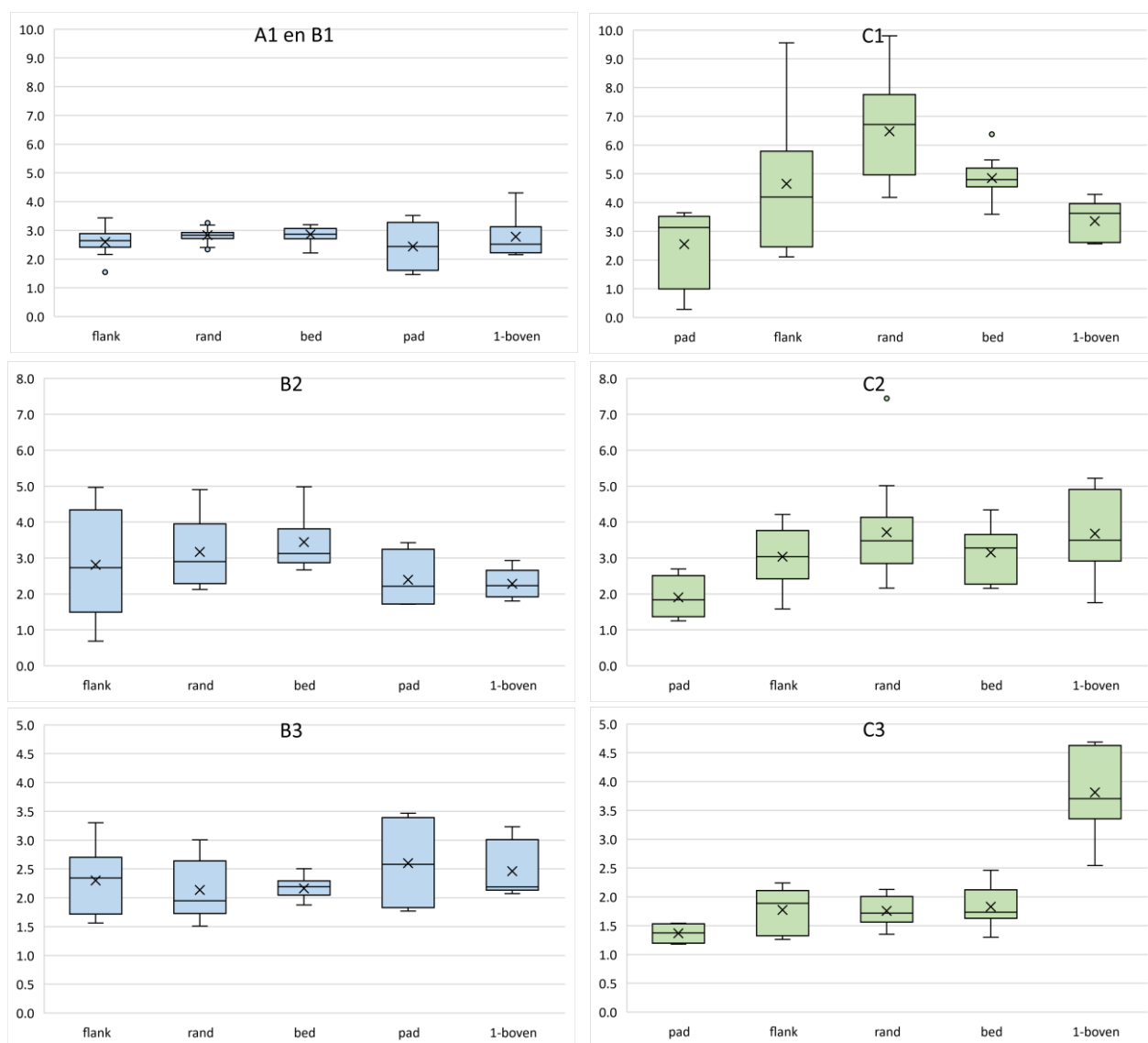
3 Resultaten

Op 31 augustus 2018 zijn op twee percelen met het gewas bosuien (Kouwenberg, Beek en Donk) spuitvloeistof depositiemetingen gedaan met de standaard spuit (Gambetti luchtondersteund) en de CDS-beddenspuit, de SensiSpray2.0. De resultaten van de depositiemetingen staan in de Bijlagen 2 en 3. Analyse van de depositiemetingen geeft de onderstaande resultaten voor de collectoren boven het gewas, op de grond onder en naast het gewas (par 3.1) en op de bladstengels van het gewas uien (par 3.2).

3.1 Depositie boven, onder en naast gewas

Depositie boven het gewas en op de grond

Bij de depositiemetingen wordt bepaald wat de hoeveelheid spuitvloeistof is die op de collectoren tot depositie is gekomen. De gemeten depositie wordt dan uitgedrukt in $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ en is voor de verschillende posities van de collectoren aangegeven in Figuur 12.



Figuur 12 Gemeten spuitvloeistofdepositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) op de collectoren boven het gewas en op de grond onder het gewas (rand en midden bed) en in het pad tussen de bedden (midden van pad en flank van het bed) voor de standaard veldspuit (A-B, links) en de SensiSpray (C, rechts) in de drie gewasstadia van de bosuien (A1-B1 en C1, B2 en C2, B3 en C3).

Voor de standaard luchtondersteunde veldspuit en de SensiSpray2.0 staat de gemeten depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) boven het gewas, tussen de plantrijen op het bed, op de rand van het bed en tussen de bedden op het midden van het pad en op de flanken van het bed voor de drie gewasstadia getalsmatig ook in Tabel 7.

Tabel 7 Gemeten spuitvloeistofdepositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) op de collectoren boven het gewas en op de grond onder het gewas (rand en midden bed) en in het pad tussen de bedden (midden van pad en flank van het bed) voor de standaard veldspuit (A1-B1, B2, B3; top) en de SensiSpray (C1, C2, C3; onder) in de drie gewasstadia van de bosuien.

Standaard	boven	midden pad	flank bed	rand bed	midden bed	gem pad	gem bed	gem grond
A1-1	2,49	2,12	2,48	2,66	2,93	2,39	2,79	2,63
A1-2	3,20	2,13	2,44	2,79	2,69	2,36	2,74	2,59
A1gem	2,85	2,13	2,46	2,73	2,81	2,37	2,77	2,61
B1-1	2,38	2,70	2,71	2,82	2,88	2,70	2,85	2,79
B1-2	3,05	2,81	2,76	3,06	2,94	2,77	3,00	2,91
B1gem	2,72	2,75	2,73	2,94	2,91	2,74	2,93	2,85
B2-1	2,14	2,58	2,84	2,92	3,40	2,78	3,16	3,01
B2-2	2,43	2,20	2,77	3,41	3,49	2,63	3,45	3,12
B2gem	2,29	2,39	2,81	3,17	3,44	2,71	3,30	3,06
B3-1	2,13	2,58	2,30	2,27	2,22	2,37	2,25	2,30
B3-2	2,79	2,62	2,30	2,00	2,11	2,38	2,05	2,18
B3gem	2,46	2,60	2,30	2,13	2,16	2,37	2,15	2,24
gem. Standaard	2,58	2,47	2,57	2,74	2,83	2,55	2,79	2,69
SensiSpray								
C1-1	3,28	3,38	5,07	7,29	5,18	4,65	6,24	5,60
C1-2	3,47	1,71	4,24	5,67	4,52	3,61	5,09	4,50
C1gem	3,35	2,55	4,65	6,48	4,85	4,13	5,66	5,05
C2-1	2,92	1,97	2,71	3,00	2,72	2,53	2,86	2,73
C2-2	4,44	1,83	3,37	4,43	3,59	2,98	4,01	3,60
C2gem	3,68	1,90	3,04	3,72	3,16	2,76	3,44	3,16
C3-1	3,62	1,39	1,83	1,78	1,97	1,72	1,88	1,81
C3-2	4,01	1,34	1,72	1,73	1,68	1,62	1,71	1,67
C3gem	3,81	1,37	1,77	1,76	1,83	1,67	1,79	1,74
gem. SensiSpray	3,61	1,94	3,16	3,98	3,28	2,85	3,63	3,32

Door rekening te houden met het uitgebrachte spuitvolume kan bepaald worden wat de depositie op de collectoren is relatief ten opzichte van dit spuitvolume (% van uitgebracht spuitvolume), hierdoor kunnen spuittechnieken met verschillende spuitvolumes toch met elkaar vergeleken worden. Voor de standaard spuit en de SensiSpray2.0 staat de gemeten depositie boven het gewas, tussen de plantrijen op het bed, op de rand van het bed en tussen de bedden op het pad in Tabel 8.

Tabel 8 Berekende spuitvloeistofdepositie (% van uitgebracht spuitvolume) op de collectoren boven het gewas en op de grond onder het gewas (rand en midden bed) en in het pad tussen de bedden (midden van pad en flank van het bed) voor de standaard veldspuit (A1-B1, B2, B3; top) en de SensiSpray (C1, C2, C3; onder) in de drie gewasstadia van de bosuien.

Standaard	boven	midden pad	flank bed	rand bed	midden bed	gem pad	gem bed	gem grond
A1-1	82,8	70,7	82,6	88,7	97,6	79,6	93,1	87,7
A1-2	106,8	71,2	81,2	93,0	89,8	78,7	91,4	86,3
A1gem	94,8	70,9	81,9	90,8	93,7	79,2	92,3	87,0
B1-1	79,4	89,9	90,2	94,0	96,0	90,1	95,0	93,0
B1-2	101,8	93,7	92,0	102,0	98,1	92,4	100,1	97,0
B1gem	90,6	91,8	91,1	98,0	97,1	91,3	97,5	95,0
B2-1	71,3	86,1	94,8	97,4	113,2	92,6	105,3	100,2
B2-2	81,1	73,4	92,5	113,7	116,3	87,7	115,0	104,1
B2gem	76,2	79,8	93,6	105,6	114,7	90,2	110,1	102,2
B3-1	71,0	86,0	76,7	75,7	74,0	79,0	74,9	76,5
B3-2	93,1	87,3	76,6	66,6	70,2	79,3	68,4	72,8
B3gem	82,1	86,7	76,7	71,1	72,1	79,2	71,6	74,6
gem. Standaard	85,9	82,3	85,8	91,4	94,4	84,9	92,9	89,7
SensiSpray								
C1-1	81,9	84,6	126,7	182,3	129,5	116,2	155,9	140,0
C1-2	86,6	42,8	105,9	141,7	112,9	90,2	127,3	112,4
C1gem	83,8	63,7	116,3	162,0	121,2	103,2	141,6	126,2
C2-1	72,9	49,3	67,9	75,1	67,9	63,2	71,5	68,2
C2-2	111,0	45,9	84,1	110,7	89,8	74,6	100,3	90,0
C2gem	92,0	47,6	76,0	92,9	78,9	68,9	85,9	79,1
C3-1	90,5	34,8	45,7	44,5	49,3	43,0	46,9	45,3
C3-2	100,2	33,5	43,0	43,3	42,1	40,6	42,7	41,9
C3gem	95,3	34,2	44,4	43,9	45,7	41,8	44,8	43,6
gem. SensiSpray	90,4	48,5	78,9	99,6	81,9	71,3	90,8	83,0

^{a)} verschillende letters betekent significant verschil ($P > 0.05$).

In stadium 1 is de depositie op de verschillende stroken op de grond voor de standaard techniek met beide doptypen ongeveer gelijk. Omdat er maar een klein gewas bosuien op de bedden staat is de verdeling over het hele oppervlak overeenkomstig een kale grond bespuiting met een veldspuit. Voor de SensiSpray2.0 is er duidelijk meer depositie op het bed tussen de plantrijen en op de rand van het bed en minder depositie in het pad tussen de bedden. Hierdoor is de gemiddelde depositie op de grond voor de SensiSpray2.0 39% hoger dan bij de standaard spuit. In stadium 2 is er bij de standaard spuit meer depositie op het bed dan bij de SensiSpray2.0 terwijl in het pad juist de SensiSpray2.0 minder depositie geeft. Gemiddeld is de depositie op de grond voor de SensiSpray2.0 21% lager dan bij de standaard spuit. In stadium 3 is de verdeling in depositie over de verschillende grondvlakken voor de standaard spuit ongeveer gelijk. Dat is ook zo voor de SensiSpray2.0 alleen het niveau van depositie bij de SensiSpray2.0 is aanzienlijk lager (gemiddeld 30%) dan bij de standaard spuit (Figuur 13).



Figuur 13 Gemeten spuitvloeistofdepositie (% van uitgebracht spuitvolume) op de collectoren op de grond onder het gewas (rand en midden bed) en in het pad tussen de bedden (midden van pad en flank van het bed) voor de standaard veldspuit (A-B, boven) en de SensiSpray (C, onder) in de drie gewasstadia van de bosuien (A1-B1 en C1, B2 en C2, B3 en C3).

3.2 Spuitvloeistof depositie op uien gewas

Bladoppervlak van het gewas

Om de spuitvloeistofdepositie op het gewas te kunnen bepalen moet de bladoppervlakte van het gewas gemeten worden. Per techniekbespuiting zijn er per bespoten gewasrij (15 rijen) daarom 20 planten meegenomen voor verdere analyse. Van deze gewasmonsters zijn er per gewasrij 10-20 planten geanalyseerd en daarvan is de bladoppervlakte gemeten. De resultaten van deze bladoppervlaktemetingen staan per techniek en gewasstadium per gewasrij in Figuur 14. Duidelijk is dat er grote verschillen in plantgrootte zijn voor de verschillende gewasstadia. De gemiddelde plantgrootte is 30 cm² voor stadium 1, 189 cm² voor stadium 2 en 297 cm² voor stadium 3. Ook zitten er grote verschillen in plantgrootte tussen de gewasrijen, een factor 2 tot 5 in grootte tussen de gewasrijen komt voor. In deze verschillen lijkt geen structuur te zitten, dus niet dat bijvoorbeeld de gewasrijen op de rand van de drie bedden (rijen 1, 5, 6, 10, 11 en 15) anders in grootte zijn dan midden op het bed (rijen 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13 en 14).

Depositie per gewasrij op het gewas

De spuitvloeistof depositie op het gewas kan uitgedrukt worden in de gemeten µL vloeistof per cm² bladoppervlak en bv. per gewasrij gepresenteerd worden (Figuur 15) en als hoeveelheid spuitvloeistofdepositie op het uienblad ten opzichte van het uitgebrachte spuitvolume (% gespoten volume) voor de verschillende technieken (Tabel 10, Figuur 16). Hieruit ontstaat het beeld dat er per bed en per groeistadium verschillen zijn waar per techniek de meeste en de minste spuitvloeistof per gewasrij tot depositie komt. Zo lijken in gewasstadium 1 bij de standaard techniek (A1-B1) vooral hogere deposities, meer dan 20% van de gemiddelde depositie op gewas per bed, op ieder bed op rij 5 te komen en op de bedden 2 en 3 ook op de rijen 1 en 2, terwijl dit bij de SensiSpray (C1) vooral op de randrij 5 was en bij bed 3 ook op de middelste gewasrij 3 was.

In gewasstadium 2 lijkt bij de standaardspuit (B2) de spuitvloeistofdepositie op de verschillende gewasrijen per bed weinig verschil te maken met bij bed 1, een hogere depositie op de randrijen 1 en 5. Bij de SensiSpray (C2) is de depositie bij alle drie de bedden op rij 1 hoger.

In gewasstadium 3 is bij de standaardspuit (B3) de depositie op de middelste gewasrij 3 bij alle drie de bedden duidelijk hoger. Bij de SensiSpray (C3) is de depositie bij bed 1 en 2 vooral hoger op gewasrij 5, terwijl bij bed 3 de depositie hoger is op de gewasrijen 1 en 2. Zo is de gemiddelde depositie op de individuele plantrijen voor de SensiSpray2.0 op alle drie de bedden vooral hoger op rij 1 (1,9-3,4 keer) op het middelste bed (bed 2) ook op de rijen 3 (middelste; 1,8 keer) en 5 (randrij andere zijde bed; 1,7 keer). Dit lijkt vooral een effect te zijn van de schuin richting bed gepositioneerde spuitdoppen bij de SensiSpray 2.0. Dat bij de rijen 1 en 5 dan niet hetzelfde beeld ontstaat komt waarschijnlijk door de positie van de spuitende dop in de VarioSelect dophouder.

Gemiddeld was de depositie per plantrij voor de drie gewasstadia voor de SensiSpray2.0 op rij 1 2,5 keer hoger dan van de standaard spuit, voor rij 3 1,3 keer hoger en voor rij 5 1,2 keer hoger, terwijl voor de rijen 2 en 4 de depositie van beide spuiten gelijk was (Tabel 10). De depositie per plantrij op bed 1 was gemiddeld voor de 5 plantrijen 1,2 keer hoger (0,8-2,2), 1,8 keer (1,1-3,4) voor bed 2 en 1,2 keer (0,7-1,9) voor bed 3.

Deze ongelijkheid over de 5 gewasrijen per bed en voor de bedden onderling komt ook tot uiting in een grotere spreiding in de depositie op de planten (Tabel 9) en een gemiddeld hogere variatiecoëfficiënt van de gemiddelde depositie voor de SensiSpray (50%) t.o.v. de standaard spuit (38%). Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door de hogere variatie voor de SensiSpray2.0 in gewasstadium 2 (86%) terwijl dit voor de standaard spuit in gewasstadium 2 juist het laagst is (19%). In de gewasstadia 1 en 3 is de variatie in depositie per gewasrij op de drie bedden voor de SensiSpray2.0 overigens gemiddeld lager (resp. 25% en 32%) dan voor de standaard spuit (resp. 30% en 65%).

Tabel 9 Variatie in spuitvloeistofdepositie (% van spuitvolume) op de 5 rijen gewasrijen per bed voor de verschillende technieken en gewasstadia als gemiddelde, mediaan, standaardafwijking en variatiecoëfficiënt.

stadium	mediaan [%vol]			std [%vol]			VC(%)		
	bed			bed			bed		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A1-B1	5.67	5.24	6.48	2.19	1.19	1.72	37	23	29
B2	1.76	2.99	2.17	0.41	0.43	0.35	22	16	18
B3	1.95	2.90	2.77	2.69	2.18	2.05	82	56	55
C1	6.88	10.79	7.03	0.88	3.87	2.16	13	34	29
C2	1.73	4.22	2.18	2.62	5.59	3.28	90	81	88
C3	4.90	3.51	4.15	1.04	1.83	1.00	25	45	25

Depositie op gewas per individueel bed

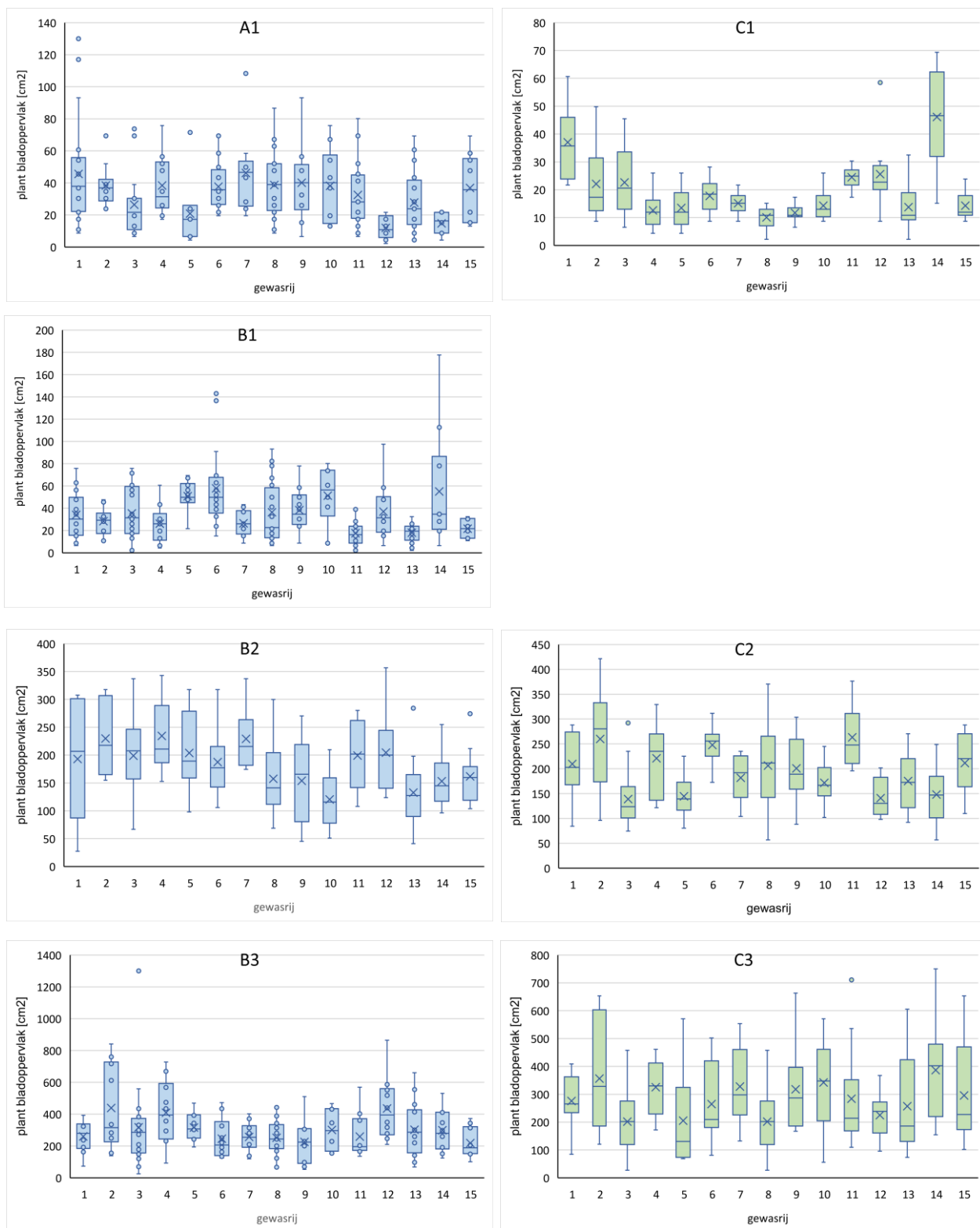
Ook kan de spuitvloeistofdepositie uitgedrukt worden in bv. de gemiddelde hoeveelheid depositie (% van spuitvolume) op de planten van vijf plantrijen die op een bed staan (Tabel 11). Bij de bespuiting in stadium 1 is er bij de standaard spuit weinig verschil in de gemiddelde depositie op het gewas (minder dan 10%) tussen de beide doptypen. Gemiddeld komt er ongeveer 5,6% van het spuitvolume op de uienplant terecht. De depositie op het bosui gewas is bij de SensiSpray2.0 bespuiting in stadium 1 duidelijk hoger (8,6%) en 53% hoger dan bij die van de standaard bespuiting. Ook voor de bespuitingen in gewas stadium 2 en 3 van de bosuien is de gemiddelde depositie op het gewas bij de SensiSpray2.0 hoger (resp. 4,5% en 3,6%) dan van de standaard techniek (resp. 2,2% en 3,6%), en daarmee resp. 109% en 13% hoger.

Tabel 11 Gemiddelde depositie op bosui planten (% van uitgebracht spuitvolume) per bed.

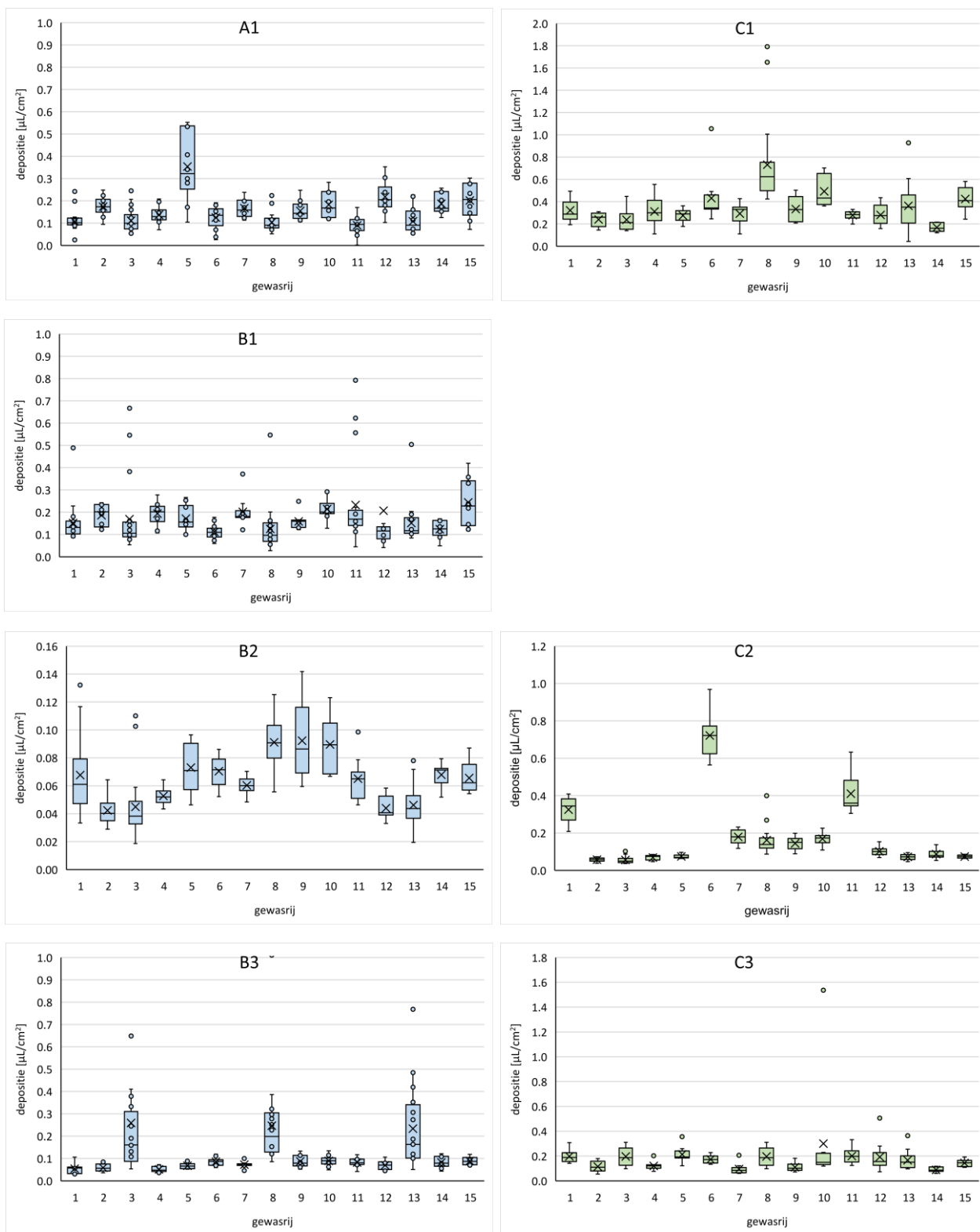
stadium	code	techniek	dop @druk	bed			gem
				1	2	3	
1	A1	Gambetti	AM 04 @2	5.90	4.90	5.38	5.39 a
	B1	Gambetti	ADI 03 @3	5.81	5.41	6.39	5.87 a
	C1	Sensispray	variabel	6.93	11.41	7.58	8.64 b
2	B2	Gambetti	ADI 03 @3	1.87	2.69	1.92	2.16 a
	C2	Sensispray	variabel	2.92	6.89	3.73	4.51 b
3	B3	Gambetti	ADI 03 @3	3.28	3.87	3.72	3.63 a
	C3	Sensispray	variabel	4.22	4.09	3.96	4.09 a

^{a)} verschillende letters betekent significant verschil ($P > 0.05$).

Gemiddeld over de drie gewasstadia is de spuitvloeistofdepositie op de uienplanten voor de SensiSpray2.0 beddenspuit 5,8% en 35% hoger dan van de standaard Gambetti luchtondersteunde veldspuit (4,3%).



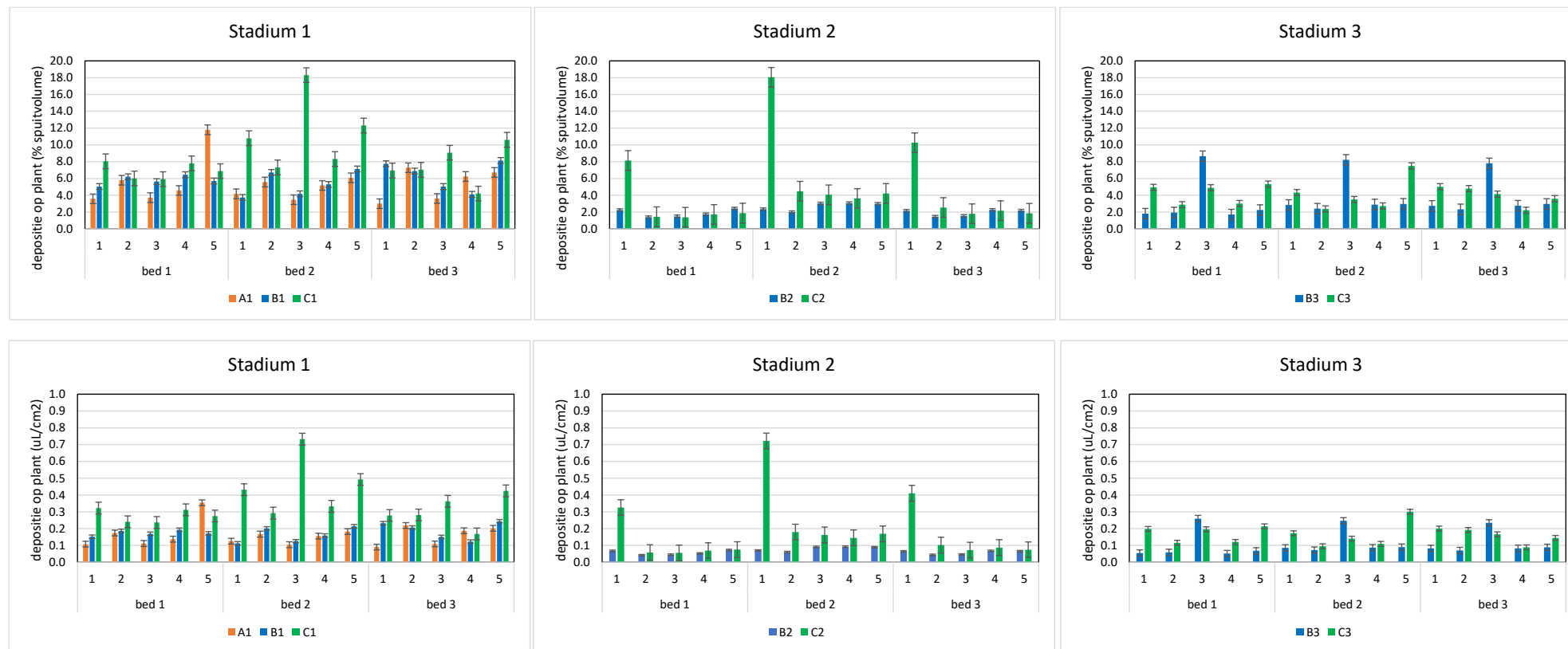
Figuur 14 Bladoppervlak (cm^2) van de bosui planten per gewasrij voor de standaard techniek (A-B, links) en de SensiSpray2.0 (C, rechts) voor de drie gewasstadia (1, 2, 3).



Figuur 15 Spuitvloestofdepositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) op de bosui planten per gewasrij voor de standaard techniek (A-B, links) en de SensiSpray2.0 (C, rechts) in de drie gewasstadia (1, 2, 3).

Tabel 10 *Gemiddelde spuitvloeistofdepositie (% van spuitvolume) op bosui planten per gewasrij op de drie bespoten bedden in drie gewasstadia voor de standaard veldspuit (A1-B1, B2, B3) en de SensiSpray2.0 beddenspuit (C1, C2, C3).*

	bed 1					bed 2					bed 3				
	rij					rij					rij				
code	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A1	3.59	5.80	3.71	4.58	11.80	4.17	5.58	3.47	5.18	6.09	3.01	7.29	3.62	6.24	6.72
B1	5.05	6.21	5.64	6.45	5.70	3.74	6.72	4.18	5.30	7.13	7.75	6.89	5.04	4.11	8.14
C1	8.05	6.01	5.92	7.81	6.88	10.79	7.32	18.31	8.32	12.31	6.96	7.03	9.07	4.22	10.61
B2	2.25	1.41	1.50	1.76	2.44	2.35	2.01	3.04	3.07	2.99	2.17	1.47	1.54	2.26	2.18
C2	8.14	1.45	1.39	1.73	1.88	18.05	4.49	4.06	3.63	4.22	10.26	2.55	1.80	2.18	1.86
B3	1.82	1.95	8.65	1.72	2.25	2.85	2.42	8.22	2.90	2.98	2.75	2.33	7.80	2.77	2.97
C3	4.95	2.89	4.90	3.02	5.34	4.32	2.38	3.51	2.73	7.50	5.02	4.80	4.15	2.23	3.60
Gambetti	3.18	3.84	4.88	3.63	5.55	3.28	4.18	4.73	4.11	4.80	3.92	4.49	4.50	3.85	5.00
SensiSpray2.0	7.05	3.45	4.07	4.19	4.70	11.05	4.73	8.62	4.89	8.01	7.41	4.79	5.01	2.87	5.36



Figuur 16 Spuitvloestofdepositie (onder in $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, boven in % van spuitvolume) op de individuele bosui planten in de vijf plantrijen op de 3 bedden onder de spuit in drie gewasstadia voor de standaard veldspuit (A1-B1, B2, B3) en de SensiSpray2.0 beddenspuit (C1, C2, C3).

4 Discussie

4.1 Spuitboom ontwerp, doppositie en dwarsverdeling

De schuin stelling van de dophouders aan de randen van het bed heeft ertoe bijgedragen dat de depositie op de flanken en rand van de bedden bij de SensiSpray2.0 hoger is dan bij de standaard spuit. Dit is vooral in het eerste groeistadium duidelijk te zien omdat de dophoogte ten opzichte van de kale grond door de ingestelde boomhoogte van 30 cm dan ook het laagst is. Dit was ook een wens van de teler om in de eerste gewasstadia vooral ook voor de onkruidbestrijding een hogere depositie en daardoor betere werking van de middelen op de flanken en randen van de bedden te hebben.

De schuinstelling van de spuitdoppen aan de randen van het bed heeft duidelijk ook bijgedragen aan een hogere depositie op het gewas. Door van opzij richting de stengel te spuiten is het doeloppervlak de lengte van de uienstengels geworden, deze is groter dan wanneer alleen recht van boven gespoten wordt en het doeloppervlak alleen de bladoppervlakte van recht erboven is. Dit was het meest duidelijk op de randrijen waarbij de depositie op rij 1 ook weer duidelijk hoger was dan op rij 5 van ieder bed, respectievelijk de linker en de rechter randrij. Door de voortwaartse beweging van de spuitkegels door de rijsnelheid blijft voor allebei de spuitdoprichtingen dit effect op de depositie waarschijnlijk gelijk.

De drie spuitdoppen (2*F-01-80 en 1*F-015-80) in de schuin naar het bed gerichte VarioSelect-dophouders zitten links en rechts op dezelfde volgorde gemonteerd als in de dophouders op het vlakke gedeelte van de spuitboom (0121), zie Figuur 8. Dat betekent dus dat de volgorde van eerste dop spuiten voor alle dophouders hetzelfde is maar wil ook zeggen dat door de positionering van de individuele doppen in de vier dopposities van de dophouder de hoogte van de eerste, tweede en derde spuitende dop links en rechts bij de schuin gestelde dophouders verschilt. Hierdoor ontstaat waarschijnlijk het verschil in spuitvloeistofdepositie op de rijen 1 en 5 van de individuele bedden en in depositie links en rechts op de flank en de rand van de bedden. Bij de schuin gerichte dophouders zou een mogelijke verbetering dus kunnen zijn de eerst spuitende dop aan weerszijden in de onderste doppositie te plaatsen en de tweede en derde dop in de dopposities daarboven met de bovenste doppositie vrij (spiegelbeeldige opstelling).

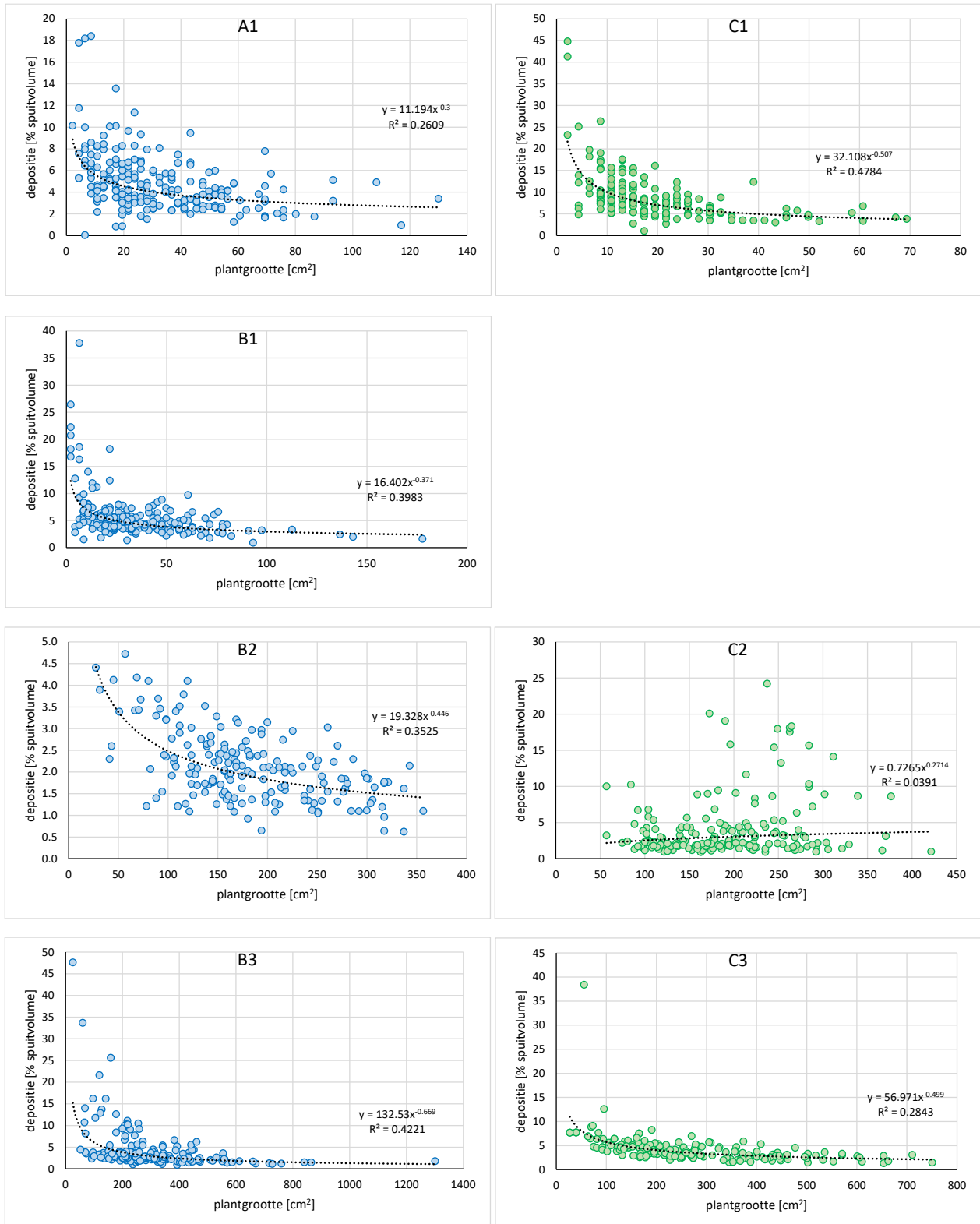
Het oorspronkelijke ontwerpidee was om bij de eerste bespuiting in een klein gewasstadium, zoals bij een rijenspuit, alleen op de individuele vijf gewasrijen per bed te spuiten (Figuur 1) en bij een groter wordend gewas spuitdoppen bij te schakelen afhankelijk van het NDVI-signaal van de GreenSeeker sensor en de gebruikte rekenregel (Figuur 9). Door constructieve eisen en de wens een meer gestandaardiseerde spuit voor gebruik in meerdere teelten te ontwikkelen is gekozen voor een afstand voor de dophouders (dopafstand) van 25 cm op de spuitboom (L8-D25-S0). Hierdoor komt de gerealiseerde spuitboom niet meer overeen met het oorspronkelijke idee. Dit kan wellicht wel verbeterd worden door de dopposities in de individuele VarioSelect-dophouders bij het ontwerp al te optimaliseren naar de positie van de gewasrij op het bed en bij de optimalisatie van de vloeistofverdeling naar een minimale variatie in de dwarsverdeling meer rekening te houden met de positie van de gewasrijen per bed.

4.2 Spuitvloeistofhoeveelheid op het gewas

Hoeveel er van het uitgebrachte spuitvolume op het gewas tot depositie gekomen is kan berekend worden uitgaande van de gemeten depositie ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) op de individuele planten en die met de bladoppervlakte per individuele plant (Figuur 17) te vermenigvuldigen. Door te vermenigvuldigen met het totale aantal planten per ha wordt het totale op de plant tot depositie gekomen spuitvolume bepaald (Tabel 12).

Maakt men een overzicht van de spuitvloeistofdepositie (% spuitvolume) per individuele plant (Figuur 17) dan blijkt daaruit dat met toenemende plantgrootte de hoeveelheid spuitvloeistof depositie meestal afneemt.

Alleen in het tweede groeistadium bij de SensiSpray2.0 is deze relatie niet van toepassing. Hieruit valt ook meteen op dat het niveau van depositie op het gewas voor de standaard spuit in het tweede gewasstadium (B2) laag is; wel 4 tot 10 keer lager dan bij de andere stadia en beide technieken.



Figuur 17 Relatie tussen de plantgrootte (cm²) en de spuitvloeistofdepositie (% van uitgebracht spuitvolume) op de bosui planten voor de standaard techniek (links) en de SensiSpray2.0 (rechts) in de drie gewasstadia.

Tabel 12 Berekende totale spuitvloeistofdepositie op gewas (L/ha) op basis van depositiemetingen per techniek en gewasstadium.

techniek	stadium	gem D-corr [μL/cm ²]	gem opp/plant [cm ²]	plant /ha [*10 ⁶]	μL/plant	L/ha	Sensi = ..x beter
A1	1	0.162	30	1.2	4.78	5.7	2.1
B1	1	0.176	30	1.2	5.20	6.2	2.0
C1	1	0.346	30	1.2	10.21	12.3	
B2	2	0.065	190	1.5	12.32	18.5	2.8
C2	2	0.180	190	1.5	34.29	51.4	
B3	3	0.109	300	1.5	32.64	49.0	1.5
C3	3	0.164	300	1.5	49.07	73.6	

Bij de standaard techniek is de berekende totale depositie op het bosui gewas in stadium 1, 2 en 3 laag en resp. 5,7-6,2 L/ha, 18.5 L/ha en 49.0 L/ha. Uitgaande van het uitgebrachte spuitvolume van 300 L/ha wordt er dus slechts 2%, 6% en 16% terug gevonden op de bosuien. Bij de SensiSpray2.0 techniek wordt er aanzienlijk meer spuitvloeistof teruggevonden op het gewas; 12,3 L/ha, 51,4 L/ha en 73,6 L/ha voor resp. de groeistadia 1, 2 en 3 van de bosuien. Door de SensiSpray2.0 is er daardoor in stadium 1 van de bosui een 2 keer hogere depositie op het gewas dan bij de standaard techniek terwijl dit in het tweede stadium 2,8 keer hoger is en in het derde stadium 1,5 keer hoger is.

4.3 Spuitvloeistofhoeveelheid op de grond

De spuitvloeistofverdeling op het totale grondoppervlak kan uitgerekend worden naar rato van de verdeling van het oppervlak van het spoor en het bed op het totale grondoppervlak.

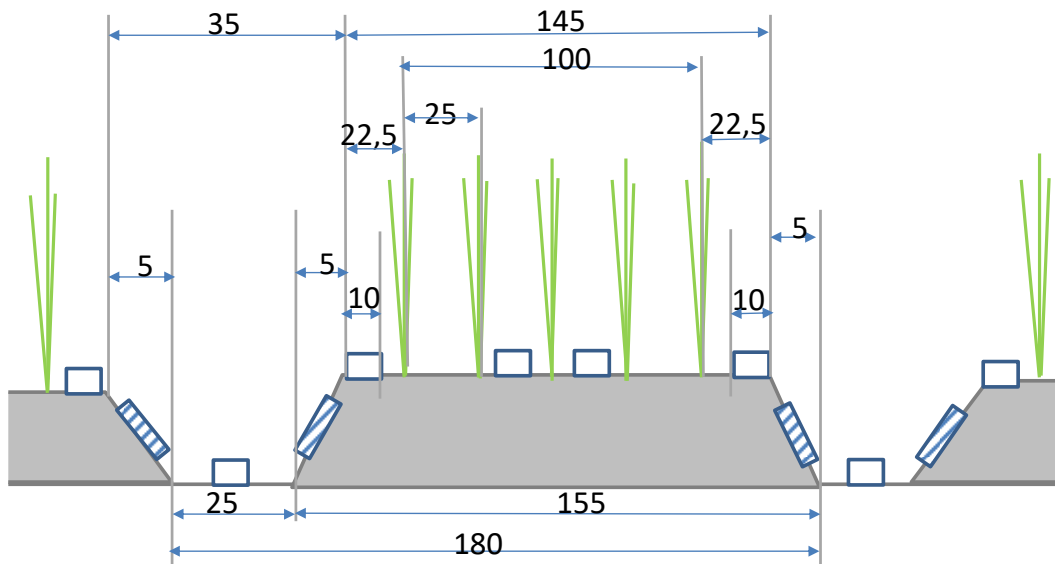
Het perceel is ingericht met 1,80 m bedden (hoh) met 0,30 m paden en 1,50 m bedden. Effectief was het pad 25 cm spoor + aan weerszijden 5 cm flank van het bed (totaal 0,35 m). Het platte stuk van het bed was daardoor effectief 1,45 m breed waarvan de buitenste randen aan weerskanten 10 cm waren en het hart van het bed met de vijf gewasrijen 1,25 m was (Figuur 18), waarbij de afstand tussen rij 1 en rij 5 (rijafstand 0,25 m) op het bed 1,00 m was. Wordt deze maatvoering gehanteerd, dan kan met de op de verschillende stroken en de op de collectoren gemeten depositie een gewogen gemiddelde van de depositie op de grond berekend worden; onderscheiden naar pad, bed en totaal grondoppervlak van het veld.

- Depositie Pad = $(0,25 \cdot \text{midden pad} + 0,05 \cdot \text{linker flank van bed} + 0,05 \cdot \text{rechter flank van bed}) / 0,35 \text{ m breedte pad}$
- Depositie Bed = $(0,10 \cdot \text{linker rand} + 1,25 \cdot \text{gem. midden bed} + 0,10 \cdot \text{rechter rand}) / 1,45 \text{ m breedte bed}$
- Depositie totale veld = $(0,35 \cdot \text{Depositie pad} + 1,45 \cdot \text{depositie Bed}) / 1,80 \text{ m totale breedte pad} + \text{bed}.$

De op deze wijze berekende spuitvloeistof op de grond staat voor de vier paden en drie bedden onder de spuit in Tabel 13, alsook de gemiddelde depositie in de paden, op het bed en voor het totale gespoten oppervlak.

In het kleinste groeistadium van de bosuien was bij de standaard spuit de spuitvloeistof depositie op de grond onder het gewas 95% van het verspoten volume, in het pad tussen de bedden 82% en op het totale grondoppervlak gemiddeld 93%. Voor de SensiSpray2.0 CDS-spuit was in dit kleinste groeistadium de depositie op het bed 130%, op het pad 76% en gemiddeld over het hele grondoppervlak 120%. De SensiSpray2.0 spuit dus in het kleinste groeistadium van de bosuien minder in het pad tussen de bedden en aanzienlijk meer op de grond onder het gewas op de bedden waardoor over het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie op de grond gemiddeld ongeveer een 30% hogere waarde heeft dan bij de standaard spuit. In het tweede gewasstadium de spuitvloeistofdepositie bij de standaard spuit 113% op het bed, 81% in het pad en 108% gemiddeld op het gehele grondoppervlak waarbij voor de SensiSpray2.0 CDS-spuit deze waarden respectievelijk 82%, 54% en 77% waren. In het tweede groeistadium spuit de SensiSpray2.0 dus aanzienlijk minder in het pad tussen de bedden alsook op het bed onder het gewas waardoor gemiddeld op het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie van de SensiSpray2.0 gemiddeld een 30% lagere waarde heeft

dan de standaard spuit. In het derde gewasstadium was de depositie op de grond onder het gewas op het bed voor de standaard spuit 72%, in het pad tussen de bedden 83% en gemiddeld over het totale grondoppervlak 75%. Bij de SensiSpray2.0 was in het derde gewasstadium de depositie op de grond op het bed onder het gewas 45%, op het pad tussen de bedden 36% en gemiddeld op het totale grondoppervlak van het perceel 44%. In het derde groeistadium spuit de SensiSpray2.0 dus aanzienlijk minder in het pad tussen de bedden alsook op het bed onder het gewas waardoor gemiddeld op het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie van de SensiSpray2.0 gemiddeld 30% lager in waarde is dan van de standaard spuit.

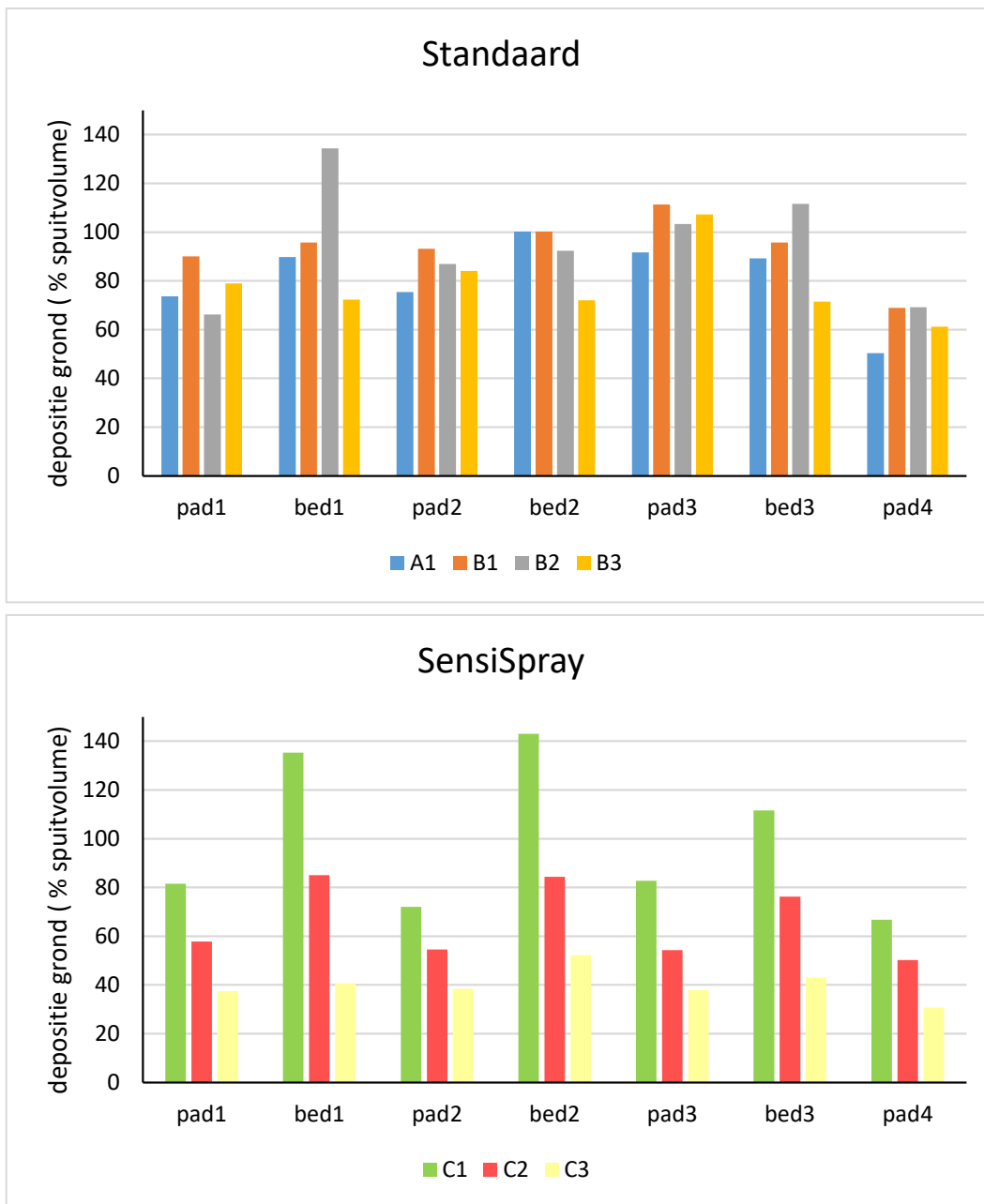


Figuur 18 Maatvoering (cm) en afstanden (cm) van gewasrijen, bedden en paden in de op bedden geteelde bosuien.

Tabel 13 Spuitvloeistof depositie op de grond (% verspoten spuitvolume) onder de spuit berekend met de verhoudingen van het grondoppervlak representatief voor de collector posities op de grond voor de bedden en paden onder de spuit en het totale bespoten grondoppervlak.

Standaard	pad1	bed1	pad2	bed2	pad3	bed3	pad4	gem. pad	gem. bed	gem. grondopp.
A1-1	73.2	95.6	76.2	101.4	91.6	90.1	49.5	72.6	95.7	91.9
A1-2	74.0	83.9	74.8	98.9	91.6	88.5	51.2	72.9	90.5	87.7
A1gem	73.6	89.8	75.5	100.2	91.6	89.3	50.3	72.8	93.1	89.8
B1-1	87.8	90.9	91.0	97.9	110.9	97.7	66.8	89.1	95.5	95.1
B1-2	92.3	100.7	95.3	102.6	111.7	93.6	71.2	92.6	99.0	98.4
B1gem	90.0	95.8	93.1	100.3	111.3	95.7	69.0	90.9	97.3	96.7
B2-1	70.3	132.3	94.6	92.4	111.9	104.6	67.6	86.1	109.8	106.3
B2-2	62.2	136.4	79.3	92.2	94.9	118.6	70.7	76.8	115.7	108.8
B2gem	66.2	134.4	87.0	92.3	103.4	111.6	69.2	81.4	112.8	107.6
B3-1	78.7	75.2	82.7	76.7	103.7	71.3	65.0	82.5	74.4	76.7
B3-2	79.1	69.3	85.6	67.3	110.8	71.6	57.3	83.2	69.4	73.1
B3gem	78.9	72.2	84.1	72.0	107.3	71.5	61.2	82.9	71.9	74.9
gem	77.2	98.0	84.9	91.2	103.4	92.0	62.4	82.0	93.7	92.2
SensiSpray	pad1	bed1	pad2	bed2	pad3	bed3	pad4	gem. pad	gem. bed	gem. grondopp.
C1-1	82.7	141.2	89.1	153.5	100.1	127.6	104.6	94.2	140.8	131.8
C1-2	80.2	129.4	55.0	132.5	65.4	95.4	28.9	57.4	119.1	107.3
C1gem	81.5	135.3	72.1	143.0	82.8	111.5	66.8	75.8	129.9	119.5
C2-1	68.5	87.8	55.8	59.7	52.0	60.9	38.5	53.7	69.5	66.4
C2-2	47.0	82.3	53.2	109.1	56.5	91.5	62.0	54.7	94.3	86.6
C2gem	57.8	85.0	54.5	84.4	54.3	76.2	50.2	54.2	81.9	76.5
C3-1	37.6	41.3	38.8	54.2	39.7	49.2	31.4	36.9	48.2	46.2
C3-2	37.4	40.0	38.0	50.2	36.0	36.9	30.1	35.4	42.4	41.1
C3gem	37.5	40.7	38.4	52.2	37.9	43.0	30.7	36.1	45.3	43.7
gem	58.9	87.0	55.0	93.2	58.3	76.9	49.2	55.4	85.7	79.9

Om een duidelijker beeld van de verdeling van de spuitvloeistof op de grond te krijgen zijn de resultaten van Tabel 13 ook in Figuur 19 weergegeven.



Figuur 19 Spuitvloeistof depositie op de grond (% verspoten spuitvolume) onder de spuit berekend met de verhoudingen van het grondoppervlak representatief voor de collector posities op de grond voor de bedden en paden onder de spuit voor de standaard veldspuit (top) en de SensiSpray2.0 (onder).

4.4 Sensordata

Tijdens de depositiemetingen zijn geen betrouwbare data van de Greenseeker gewassensoren gelogd. Wel zijn vooraf aan de depositiemetingen metingen uitgevoerd om de machine af te stellen en de rekenregel voor de bosuien te bepalen (Figuur 9) en zijn tijdens de depositiemetingen probeer runs gedaan. Van verschillende van deze metingen zijn NDVI-data van de sensoren boven de drie bedden verzameld. Een overzicht van deze gemeten sensor data staat in Bijlage 4.

Een indruk van de NDVI-waarden voor de drie groeistadia kan als volgt samengevat worden (Tabel 14).

Tabel 14 Gemeten NDVI-data van de drie sensoren boven de drie bedden die met de SensiSpray2.0 variabel gespoten zijn.

'stadium'			NDVI			gem.
			bed			
			1	2	3	
3	grootste	gem.	0.51	0.54	0.54	0.53
		std	0.08	0.09	0.11	0.09
		min	0.34	0.27	0.32	0.31
		max	0.80	0.76	0.80	0.78
2	middelste	gem.	0.36	0.39	0.34	0.36
		std	0.13	0.13	0.14	0.13
		min	0.22	0.24	0.19	0.21
		max	0.71	0.78	0.73	0.74
1	kleinste	gem.	0.21	0.24	0.17	0.20
		std	0.03	0.04	0.04	0.04
		min	0.16	0.18	0.10	0.15
		max	0.40	0.44	0.38	0.41

Gemiddeld is de gemeten NDVI van de gespoten bosuien 0,53 in het grootste gewasstadium, 0,36 in het middelste en 0,20 in het kleinste gewasstadium. De waarden voor de drie bedden zijn voor het grootste en het kleinste stadium vrijwel gelijk. In het kleinste stadium zit er nogal wat verschil tussen de NDVI-metingen van de drie bedden onderling (max. 30%).

Op grond van deze gemeten NDVI-waarden van de bosuien zou het spuitvolume volgens de ingestelde rekenregel (Figuur 9; par 2.2.3) in het kleinste gewasstadium 160 L/ha, in het middelste stadium 240 L/ha en in het grootste stadium 320 L/ha kunnen zijn.

4.5 Verbruik / besparing middelen

Tijdens de metingen bleek het uitgebrachte spuitvolume van de SensiSpray2.0 voor gewasstadium 1, 2 en 3 resp. 130 L/ha, 189 L/ha en 297 L/ha te zijn. Dit zijn spuitvolumes die resp. 68%, 53% en 26% lager zijn dan het maximaal ingestelde spuitvolume van 400 L/ha bij een NDVI van 0,71 (Figuur 9). De standaard spuit had in alle drie de gewasstadia een spuitvolume van ongeveer 300 L/ha. Dit betekent dat de SensiSpray2.0 op basis van de NDVI-sensor gestuurde afgifte ten opzichte van de standaardspuit in groei stadium 1 en 2 van de bosuien respectievelijk 57% en 37% reductie in uitgebracht spuitvolume had.

4.6 Massabalans spuitvloeistof

Om te weten te komen waar de spuitvloeistof in het perceel terecht is gekomen en hoe de verdeling over de verschillende plekken is, is getracht een massabalans op te stellen. Hierbij is uitgaande van het uitgebrachte spuitvolume berekend hoeveel in het perceel van het spuitvolume op de totale hoeveelheid planten en op de

grond gekomen is (Tabel 15). Dit is gedaan voor de verschillende technieken (A, B, C) op de verschillende groeistadia van de bosuien (1, 2, 3). Hierbij lopen we tegen een paar onzekerheden aan. Zo is voor de standaard techniek het berekende (ingestelde) spuitvolume 300 L/ha voor techniek A en 330 L/ha voor technieken B, terwijl we boven het gewas gemeten hebben dat er bij techniek A het spuitvolume 285 L/ha was en bij de technieken B in de drie gewasstadia resp. 272 L/ha, 229 L/ha en 246 L/ha was. Als dan de totale gemeten depositie op het gewas en het grondoppervlak voor de technieken A1, B1-3 resp. 275 L/ha, 325 L/ha, 374 L/ha en 296 L/ha waren dan is duidelijk dat bij de technieken B1-3 er meer op de grond en gewas teruggevonden is dan er aan de bovenkant van het gewas ingegaan zou zijn. Dat kan niet kloppen dus de massabalans wordt dan bepaald tov het berekende spuitvolume (resp. 300 L/ha en 330 L/ha). Daaruit volgt dat er bij techniek A1 een tekort is van 25 L/ha, en bij de technieken B1-3 resp. een tekort van 5 L/ha, een overschot van 44 L/ha en een tekort van 34 L/ha. Deze tekorten in de massabalans liggen tussen de 1% en 13% en het overschot is 13% van het uitgebrachte spuitvolume. Dit zijn waarden die eerder ook voor een conventionele en een luchtondersteunde veldspuit bij bespuitingen in aardappelen gevonden werden (Zande et al., 2002).

Tabel 15 Massabalans (L/ha) van het uitgebrachte spuitvolume, gemeten spuitvloei- of depositie en het verschil daartussen en ten opzichte van de gemeten depositie boven het gewas voor de verschillende spuittechnieken (A, B, C) in de verschillende groeistadia (1,2, 3). Voor de SensiSpray2.0 wordt het verschil bepaald tussen maximaal spuitvolume volgens a. max. volgens doppen etc., b. max. 71% volgens rekenregel, c. berekend uit gemeten NDVI, d. afgelezen op spuitcomputer.

massabalans (L/ha)			A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3
input	Spuitvolume	a	300	330	330	330	550	550	550
		b					400	400	400
		c					160	240	320
		d					130	189	297
	gemeten boven gewas		285	272	229	246	335	370	380
depositie	op het gewas		5.7	6.2	18.5	49	12.3	51.4	73.6
	op totale grond opp		270	319	355	247	478	306	175
	totaal gewas+grond		275	325	374	296	490	357	248
verschil	tov boven gewas gemeten		10	-53	-145	-50	-155	13	132
	tov spuitvolume	a	25	5	-44	34	60	193	302
		b					-90	43	152
		c					-330	-117	72
		d					-360	-168	49

Voor de SensiSpray 2.0 CDS-spuit die gewasafhankelijk spuit en op basis van de gemeten NDVI-waarden van de GreenSeeker sensor het spuitvolume aanpast zijn de onzekerheden in wat precies het uitgebrachte spuitvolume is groter dan bij de standaard spuit. Immers het spuitvolume zou bepaald kunnen worden volgens:

- het maximale spuitvolume volgens de doppen gemonteerd in de dophouders, de spuitdruk en de rijsnelheid: welke 550 L/ha was;
- het maximale spuitvolume volgens 71% van de gemeten NDVI-waarde zoals in de rekenregel vastgelegd: zijnde 400 L/ha;
- het spuitvolume berekend uit de gemeten NDVI waarden: zijnde 160 L/ha, 240 L/ha en 320 L/ha voor de groeistadia 1-3 van de bosuien;
- spuitvolume zoals afgelezen op de spuitcomputer tijdens de toepassingen: zijnde 130 L/ha, 189 L/ha en 297 L/ha voor de groeistadia 1-3 van de bosuien of zoals gemeten als depositie boven het gewas zijnde 335 L/ha, 370 L/ha en 380 L/ha voor de groeistadia 1-3 van de bosuien.

Als dan uitgerekend wordt dat de totale depositie op het gewas en de grond in het perceel 490 L/ha, 357 L/ha en 248 L/ha voor de drie gewasstadia van de bosuien was wordt het wel heel erg moeilijk om aan te nemen wat de werkelijke situatie in het veld geweest is. Een massabalansberekening volgens de verschillende uitgangspunten laat dan ook grote verschillen zien wat afhankelijk van de gekozen uitgangssituatie als tekort (43 L/ha tot 152 L/ha) of overschot (90 L/ha tot 360 L/ha) in spuitvolume

teruggevonden wordt (Tabel 15). Op basis van uitgangssituatie b. met 400 L/ha, waarmee ook de depositiewaarden in deze rapportage berekend zijn, is er in gewassituatie 1 een overschot van 90 l/ha en in de situaties 2 en 3 resp. een tekort van 43 L/ha en 152 L/ha. Dit komt overeen met resp. 23%, 11% en 38% ten opzichte van het maximale spuitvolume van 400 L/ha, zijnde bij 71% van het maximale spuitvolume van de gemeten NDVI-waarden en zoals in de rekenregel vastgelegd. Duidelijk is dat het goed vastleggen (loggen) van de verschillende spuitparameters op de spuit, zodat men kan achterhalen wat werkelijk verspoten is, onontbeerlijk is. Een verantwoorde inschatting van de massabalans is dan ook voor de SensiSpray2.0 op dit moment met de beschikbare gegevens niet goed te maken.

4.7 Biologische effectiviteit

Er zijn geen biologische effectiviteit experimenten gedaan.

Op basis van de gemeten hogere depositie op het gewas door een bespuiting met de SensiSpray2.0 CDS-spuit wordt verwacht dat de biologische effectiviteit gelijkwaardig of beter is dan bij de standaard spuit.

De hogere depositie op de bosuïen bij bespuitingen met de SensiSpray2.0 kan wel een punt van zorg zijn voor de hoeveelheid middel die op het gewas zit bij het oogsten en in het traject erna. Dit vooral omdat het bij bosuïen om een versproduct gaat wat in zijn geheel gegeten wordt. Aandacht voor de hoeveelheid middel residu op het gewas en de mogelijke overschrijding van de Maximum Residu Level (MRL) waarden voor de verschillende gespoten middelen wordt daarom aanbevolen.

Door het verschil in spuitvolume van de standaard spuit en de CDS-spuit, resp. 300 L/ha en 400 L/ha, wordt bij eenzelfde dosering middel per ha, bv 1 kg/ha, met verschillende concentraties tankvloeistof gespoten, resp. met 3,3 g/L en 2,5 g/L.

Uitgaande van de L/ha die op het gewas komen (Tabel 15) kan de werkelijke hoeveelheid middel op de planten berekende worden (Tabel 16).

Tabel 16 Hoeveelheid middel in de groeistadia op de bosuïen (g/ha) bij een dosering van 1 kg/ha bij de standaard en de en de CDS-spuit met res. Een spuitvolume van 300 L/ha en 400 L/ha.

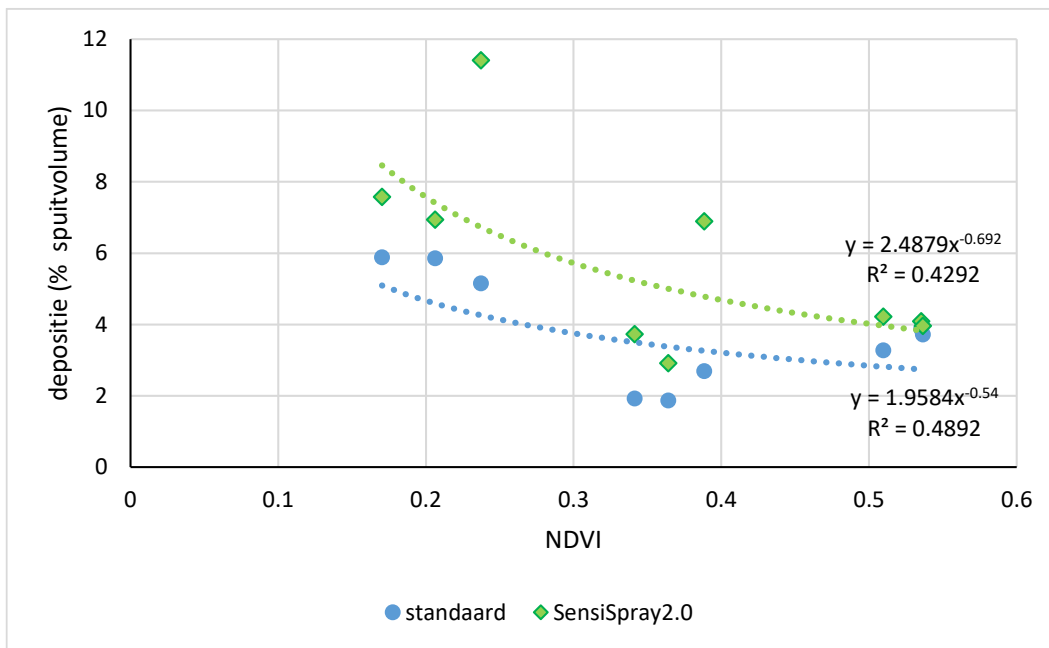
		groeistadium		
		1	2	3
Gambetti	depositie plant (L/ha)	6.0	18.5	49.0
	middel op plant (g/ha)	20	62	163
CDS	depositie plant (L/ha)	12.3	51.4	73.6
	middel op plant (g/ha)	31	129	184
	meer dan standaard (%)	53	109	13

Door voor de drie gewasstadia de middeldepositie (g/ha) op de bosuïen te delen door de totale versgewicht opbrengst van de bosuïen (kg/ha) kan een inschatting verkregen worden (g middel/kg product) van de ruimte die er bij beide spuittechnieken en de drie gewasstadia is voor de MRL.

4.8 Spuit efficiency

Afhankelijk van het groeistadium van het gewas verschilt de spuitvloeistofdepositie op de planten van het bosui gewas voor de standaard luchttondersteunde veldspuit en de SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit (Tabel 9). Dit is ook afhankelijk van de grootte van de planten en het stadium van het gewas (Figuur 17). Als de gemeten vegetatie-index (NDVI; Tabel 14) als maat gebruikt wordt voor de gewaskarakterisering, dan is de relatie tussen de NDVI en de spuitvloeistofdepositie op de planten van het bosui gewas verschillend voor beide spuittechnieken (Figuur 20). Voor beide toedieningstechnieken geldt dat bij toenemende NDVI de

spruitvloeistofdepositie op de gewasplanten afneemt. Het niveau waarop deze afname gebeurt ligt voor de SensiSpray2.0 op een hoger depositie spuitvloeistofdepositie niveau dan voor de standaard spuit.



Figuur 20 Relatie tussen de vegetatie-index (NDVI) van het bosui gewas en de spuitvloeistofdepositie (% spuitvolume) op de bosui planten voor de standaard luchtondersteunde veldspuit en de SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit.

Op grond van deze relatie kan men zeggen dat de spuit-efficiency van de SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit beter is dan die van de standaard luchtondersteunde veldspuit.

5 Conclusies

Bij het nieuwe ontwerp CDS-beddenspuit, de SensiSpray2.0, zijn op de randen van het bed de spuitdoppen schuin richting het bed gemonteerd, en wordt afhankelijk van de met sensoren gemeten vegetatie-index (NDVI) van het bosuien gewas gewasafhankelijk gespoten. Bij gewasafhankelijk spuiten wordt in een klein gewas met een lager spuitvolume gespoten dan in een groot gewas. Waar het maximale spuitvolume van het ontwerp door dopkeuze, rijsnelheid en spuitdruk 550 L/ha is werd op grond van de gewasontwikkeling besloten het maximale spuitvolume in te stellen bij een NDVI van 0,71, wat neer kwam op een spuitvolume van 400 L/ha. In de drie gewasstadia met NDVI-waarden van 0,20, 0,36 en 0,53 werd op de spuitcomputer zo een spuitvolume afgelezen van resp. 130 L/ha, 189 L/ha en 297 L/ha. Deze gewasafhankelijk uitgebrachte spuitvolumes waren daardoor resp. 68%, 53% en 26% lager dan het ingestelde maximale spuitvolume van 400 L/ha volgens de rekenregel in de spuitcomputer.

Bij de bespuiting van bosuien met een standaard luchtondersteunde veldspuit komt er weinig van het uitgebrachte spuitvolume van ongeveer 300 L/ha op het gewas terecht.

Bij de standaard techniek is de berekende totale depositie op het bosui gewas in stadium 1, 2 en 3 laag en resp. 5,7-6,2 L/ha, 18,5 L/ha en 49,0 L/ha. Uitgaande van het uitgebrachte spuitvolume van 300 L/ha wordt er dus slechts 2%, 6% en 16% terug gevonden op de bosuien.

Bij de SensiSpray2.0 techniek wordt er aanzienlijk meer spuitvloeistof teruggevonden op het gewas; 12,3 L/ha, 51,4 L/ha en 73,6 L/ha voor resp. de groeistadia 1, 2 en 3 van de bosuien. Door de SensiSpray2.0 is er daardoor in stadium 1 van de bosui een 2 keer hogere depositie op het gewas dan bij de standaard techniek terwijl dit in het tweede stadium 2,8 keer hoger is en in het derde stadium 1,5 keer hoger is.

Afhankelijk van het groeistadium van het gewas verschillen de depositie op de grond van de standaard en de SensiSpray2.0 meer of minder van elkaar.

In het kleinste groeistadium van de bosuien was bij de standaard spuit de spuitvloeistof depositie op de grond onder het gewas 95% van het verspoten volume, in het pad tussen de bedden 82% en op het totale grondoppervlak gemiddeld 93%. Voor de SensiSpray2.0 CDS-beddenspuit was in dit kleinste groeistadium de depositie op het bed 130%, op het pad 76% en gemiddeld over het hele grondoppervlak 120%. De SensiSpray2.0 spuit dus in het kleinste groeistadium van de bosuien minder in het pad tussen de bedden en aanzienlijk meer op de grond onder het gewas op de bedden waardoor over het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie op de grond gemiddeld ongeveer een 30% hogere waarde heeft dan bij de standaard spuit.

In het tweede gewasstadium was de spuitvloeistofdepositie bij de standaard spuit 113% op het bed, 81% in het pad en 108% gemiddeld op het gehele grondoppervlak waarbij voor de SensiSpray2.0 deze waarden respectievelijk 82%, 54% en 77% waren. In het tweede groeistadium spuit de SensiSpray2.0 dus aanzienlijk minder in het pad tussen de bedden alsook op het bed onder het gewas waardoor gemiddeld op het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie van de SensiSpray2.0 gemiddeld een 30% lagere waarde heeft dan bij de standaard spuit.

In het derde gewasstadium was de depositie op de grond onder het gewas op het bed voor de standaard spuit 72%, in het pad tussen de bedden 83% en gemiddeld over het totale grondoppervlak 75%. Bij de SensiSpray2.0 was in het derde gewasstadium de depositie op de grond op het bed onder het gewas 45%, op het pad tussen de bedden 36% en gemiddeld op het totale grondoppervlak van het perceel 44%. In het derde groeistadium spuit de SensiSpray2.0 dus aanzienlijk minder in het pad tussen de bedden alsook op het bed onder het gewas waardoor gemiddeld op het gehele grondoppervlak van het perceel de depositie van de SensiSpray2.0 gemiddeld 30% lager in waarde is dan van de standaard spuit.

Bij de SensiSpray2.0 komt er minder depositie op de grond in de paden tussen de bedden dan bij de standaard spuit en meer depositie op het gewas. De resultaten uit dit project tonen aan dat door technische aanpassingen van het spuitproces het mogelijk is de depositie van gewasbeschermingsmiddelen op het gewas te verbeteren en daardoor mogelijk met minder gewasbeschermingsmiddelen toch een goede bescherming van het gewas te realiseren.

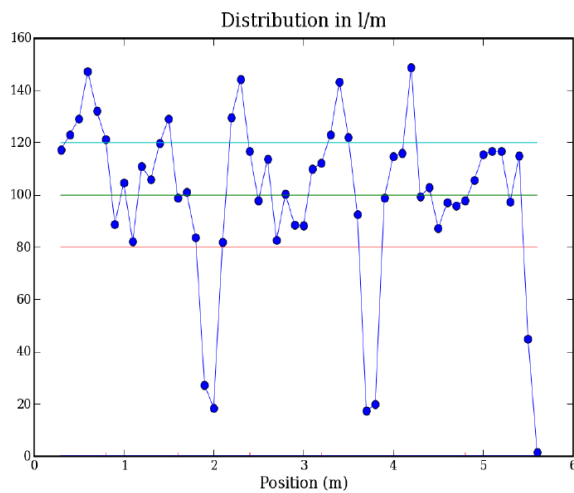
Literatuur

- EU, 2020. Farm to Fork Strategie; <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/from-farm-to-fork/#:~:text=In%20mei%202020%20presenteerde%20de,omturnen%20tot%20een%20duurzaam%20model>.
- Holterman, H.J., J.C. van de Zande & P. van Velde, 2018. Optimizing sprayer boom design for bed-grown crops. *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology* 137, 2018. p. 123-130.
- ISO16122, 2015. Agricultural and forestry machines. Inspection of sprayers in use. International Standardisation Organisation, Geneva. 2015.
- ISO24253-1. 2015. Crop protection equipment - Spray deposition test for field crop - Part 1: Measurement in a horizontal plane. International Standardisation Organisation, Geneva. 2015.
- ISO24253-2. 2015. Crop protection equipment - Spray deposition test for field crop - Part 2: Measurement in a crop. International Standardisation Organisation, Geneva. 2015.
- LVN, 2019. Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen. [Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen | Publicatie | Rijksoverheid.nl](#).
- LVN, 2020. Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030. [Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030 | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](#).
- LVN, 2022. Geactualiseerd nationaal actieplan duurzaam gebruik gewasbeschermingsmiddelen 2022 t/m 2025. [Nationaal Actie Plan duurzame gewasbescherming \(overheid.nl\)](#).
- Kempenaar, C., J.M.G.P. Michielsen & J.C. van de Zande, 2012. Algorithms for variable rate application of crop protection products. *Advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology* 114. p. 99-104.
- Kempenaar, C., J.M.G.P. Michielsen, A.T. Nieuwenhuizen, J.J. Slabbekoorn, J.C. van de Zande, A. Evenhuis, G.B.M. van den Bosch & W.M.L. Molhoek, 2013. Ontwikkeling van een autonome precisiespuit voor de aardbeienteelt in de volle grond: ontwerp, bouw, validatie en demonstratie van een prototype. WageningenUR Plant Research International, Plant Research International Rapport 540, Wageningen. 2013. 55 p.
- Michielsen, J.M.G.P., A.T. Nieuwenhuizen, J.C. van de Zande, P. van Velde & H. Stallinga, 2012. Canopy density spraying, Sensispray-Horti in strawberries. Spray deposition measurements 2011-2012. Wageningen University and Research Centre, Plant Research International, WUR-PRI Report 490, Wageningen. 70 p.
- Michielsen, J.M.G.P., J.C. van de Zande, P. van Velde, H. Stallinga & P.M. Blok, 2016. Canopy density spraying of strawberries. *Aspects of Applied Biology* 132, *International Advances in Pesticide Application*, 2016. 153-158.
- SKL, 2017. Test criteria for boom sprayers in use in the Netherlands. <http://www.sklkeuring.nl/nl/>.
- TCT, 2022. Lijst met indeling van spuitdoppen in DriftReducerende Dop-klassen (DRD-klassen); DRD-lijst. Technische Commissie Techniekbeoordeling (TCT). <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/>.
- Zande, J.C. van de, J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga, H.A.J. Porskamp, H.J. Holterman & J.F.M. Huijsmans, 2002. Spray distribution when spraying potatoes with a conventional or an air-assisted field boom sprayer. ASAE Meeting Paper no. 021003, 2002 ASAE Annual International Meeting/ CIGR XVth World Congress, Hyatt Regency Chicago Ill., USA, July 28-31 2002. St. Joseph, Michigan, ASAE. 10p.
- Zande, J.C. van de, V.T.J.M. Achten, J.M.G.P. Michielsen, M. Wenneker & A.Th.J. Koster, 2008. Towards more target oriented crop protection. *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology* 84(2008): 245-252.
- Zande, J.C. van de, V.T.J.M. Achten, H.T.A.M. Schepers, A. van der Lans, C. Kempenaar, J.M.G.P. Michielsen, H. Stallinga & P. van Velde, 2010. Precision disease control in bed-grown crops. In: E.C. Oerke (eds.) *Precision crop protection – the challenge and use of heterogeneity*, Springer, Heidelberg, 2010. p. 403-416.

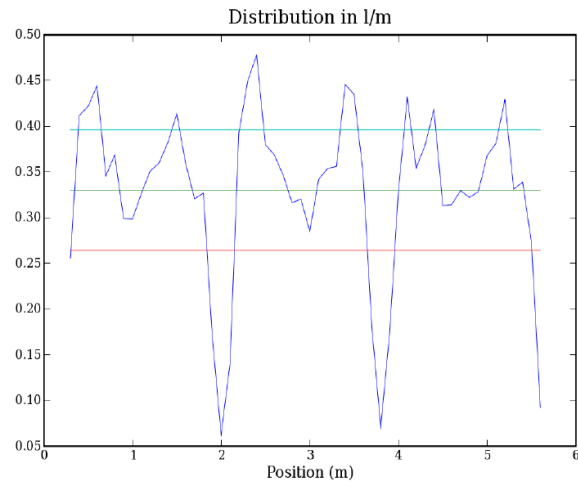
Bijlage 1 dwarsverdeling spuitvloeistof van spuitboom beddenspuit

De gemeten dwarsverdeling van de spuitvloeistof op spuitbord is hieronder voor de verschillende gebruikte dopcombinaties in de Lechler Varioselect dophouders weergegeven voor de SensiSpray2.0 beddenspuit voor uien (uit: Homburg special 1303-NK-400-EVC Stroksenspuit.pdf, skl 201031_2018-05-11_11h-03min.pdf).

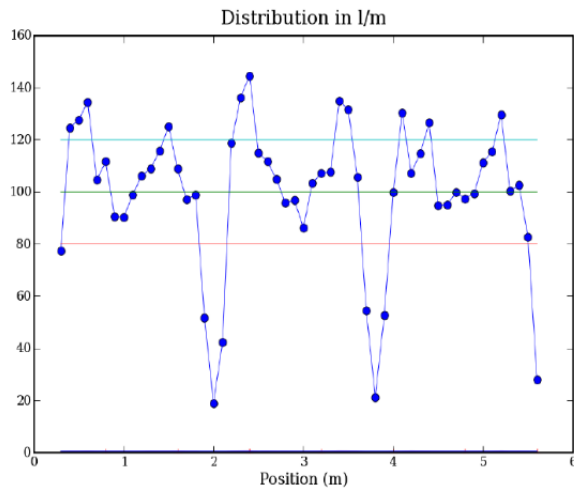
Hardi ISO F-01-80



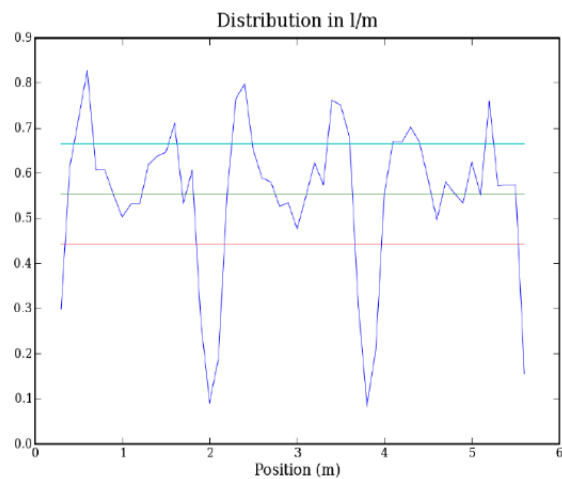
Hardi ISO F-01-80 & F-01-80



Hardi ISO F-01-80 & F-015-80

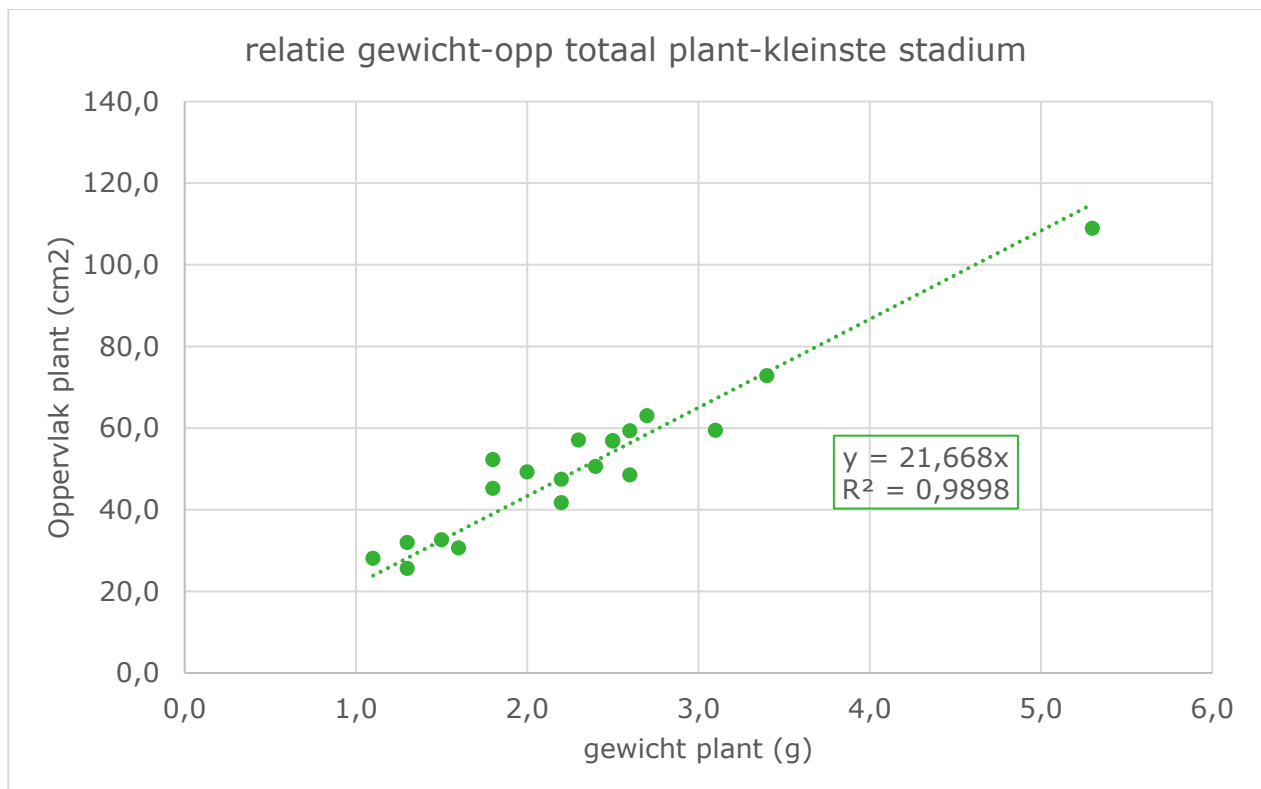


Hardi ISO F-01-80 & F-015-80 & F-01-80

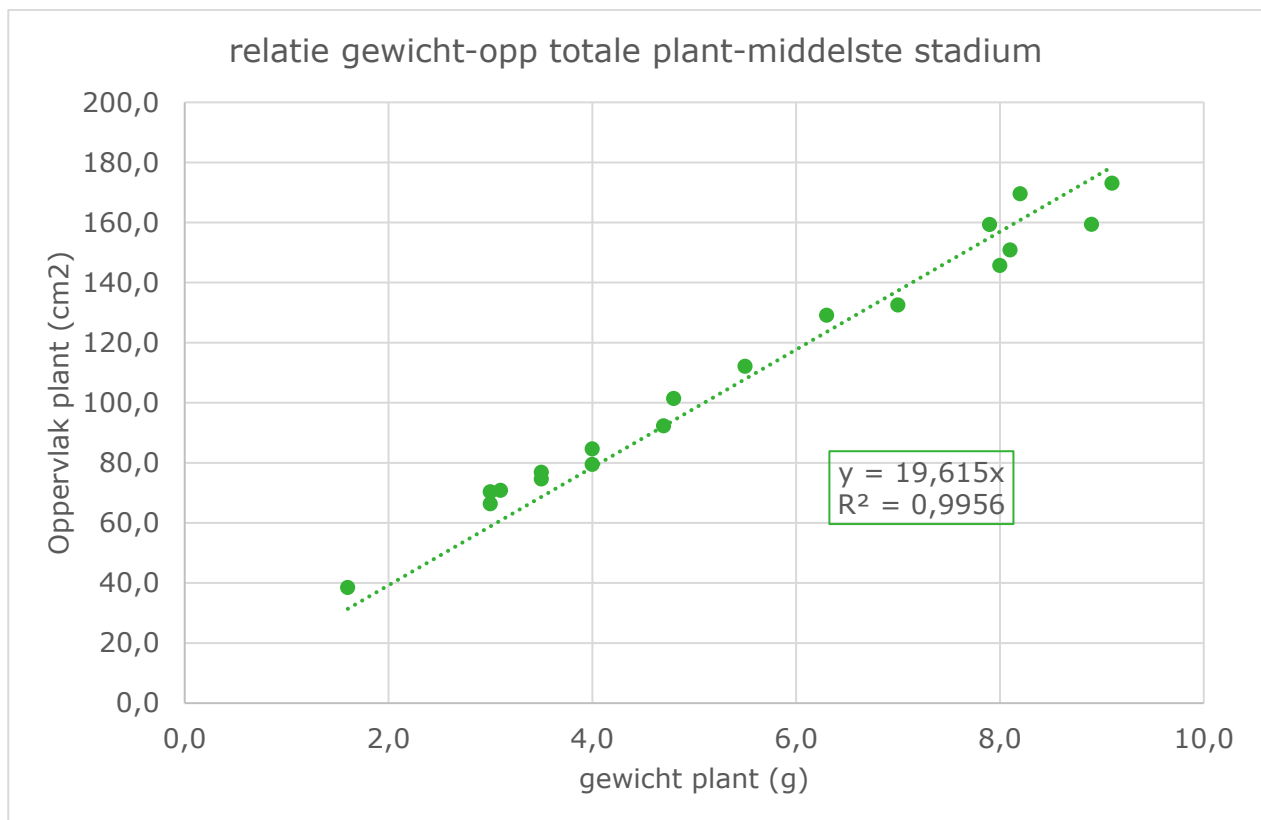


Bijlage 2 Relatie tussen het gewicht en de bladoppervlakte van de bosui planten in de drie gewasstadia

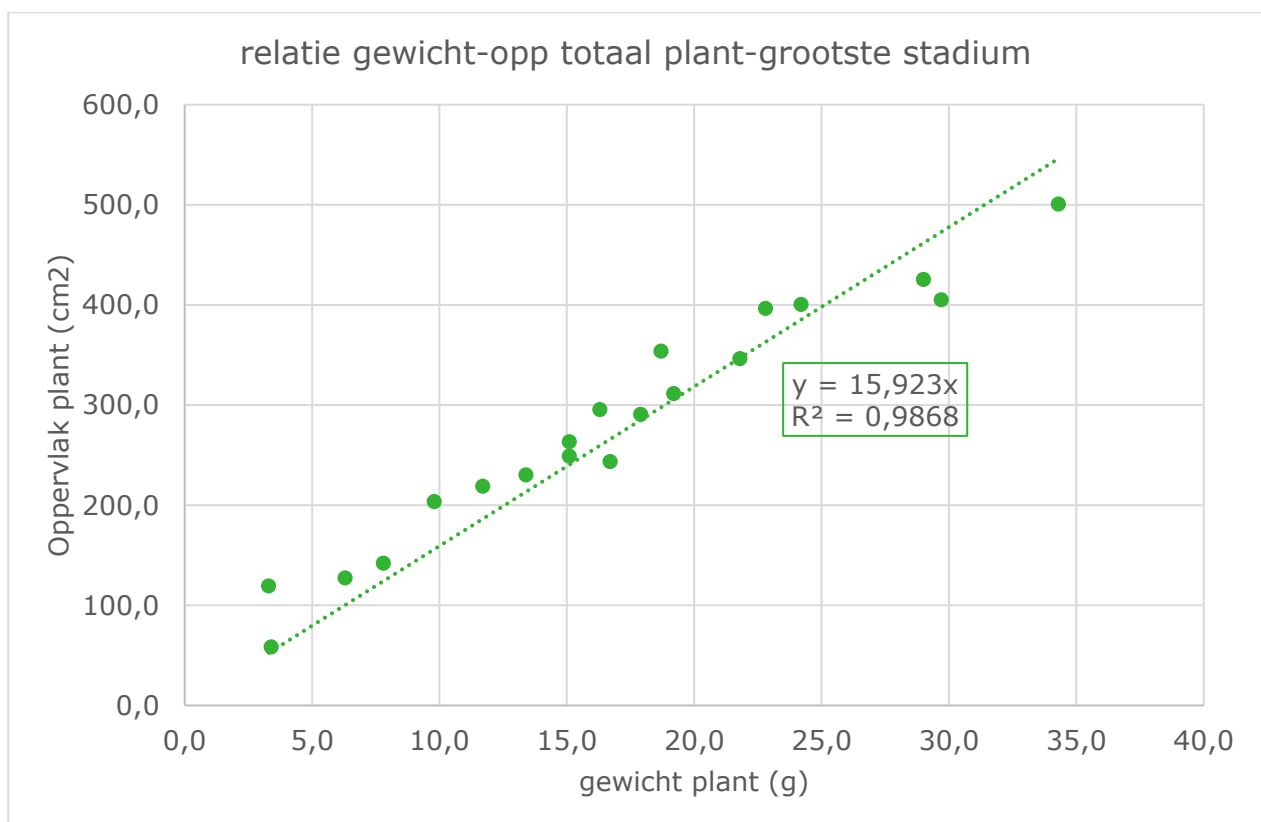
Per groeistadium van de uien werd van een aparte serie van 40 planten het individuele gewicht bepaald en de bladoppervlakte gemeten. Hieruit kwam per groeistadium een bladgewicht-bladoppervlakte relatie die gebruikt is voor het vaststellen van de bladoppervlakte van de planten in de depositiemetingen. Per groeistadium van de uienplanten (klein, midden, groot) is een aparte bladgewicht-bladoppervlakte relatie bepaald, deze staan aangegeven in onderstaande figuren.



Figuur B2.1 Bladgewicht-bladoppervlakte (cm^2/g) relatie voor de bosui planten in het kleinste gewasstadium (BBCH 13-15)



Figuur B2.2 Bladgewicht-bladoppervlakte relatie (cm²/g) voor de bosui planten in het middelste gewasstadium (BBCH 17-19).



Figuur B2.3 Bladgewicht-bladoppervlakte relatie (cm²/g) voor de bosui planten in het grootste gewasstadium (BBCH 41-43).

Bijlage 3 meetwaarden collectoren boven gewas, op grond onder gewas en op grond

D = depositie op collector [$\mu\text{L}/\text{cm}^2$]

Per-Afg = depositie op collector [% van spuitvolume]

spuit	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	2.43	80.9
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	2.45	81.8
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	2.98	99.2
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	2.88	95.8
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	2.84	94.7
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	2.66	88.6
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	2.90	96.6
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	3.13	104.4
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	3.17	105.6
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	3.07	102.2
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	2.40	80.1
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	2.69	89.7
Gambetti	AM 04	1	A1	1	pad	2.77	92.5
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	2.64	88.1
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	2.70	90.0
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	2.80	93.4
Gambetti	AM 04	1	A1	1	bed	2.68	89.2
Gambetti	AM 04	1	A1	1	rand	2.43	80.9
Gambetti	AM 04	1	A1	1	flank	1.54	51.5
Gambetti	AM 04	1	A1	1	pad	1.47	48.9
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	2.47	82.4
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.89	96.3
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	2.21	73.7
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	2.62	87.5
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.88	96.1
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	2.89	96.4
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	2.26	75.2
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.87	95.7
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	2.95	98.2
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	3.05	101.8
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.82	94.1
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	2.67	88.9
Gambetti	AM 04	1	A1	2	pad	2.77	92.5
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	2.68	89.3
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.83	94.4
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	2.81	93.6
Gambetti	AM 04	1	A1	2	bed	2.51	83.7
Gambetti	AM 04	1	A1	2	rand	2.45	81.6
Gambetti	AM 04	1	A1	2	flank	1.66	55.2
Gambetti	AM 04	1	A1	2	pad	1.50	49.8
Gambetti	AM 04	1	A1	1	1-boven	2.58	86.1
Gambetti	AM 04	1	A1	1	1-boven	2.45	81.6
Gambetti	AM 04	1	A1	1	1-boven	2.43	80.8
Gambetti	AM 04	1	A1	2	1-boven	4.31	143.6
Gambetti	AM 04	1	A1	2	1-boven	3.15	105.1

spuit	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Gambetti	AM 04	1	A1	2	1-boven	2.15	71.8
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	2.44	81.4
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	2.34	78.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	2.62	87.2
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	2.93	97.8
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	2.77	92.2
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	2.56	85.3
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	3.11	103.6
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	2.94	98.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	2.82	94.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	3.08	102.5
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	2.87	95.6
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	2.53	84.4
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	pad	3.44	114.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	3.44	114.5
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	3.19	106.2
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	2.75	91.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	bed	3.08	102.6
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	rand	2.81	93.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	flank	2.16	72.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	pad	1.95	65.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	2.64	88.2
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	2.83	94.3
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	2.85	95.1
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	3.17	105.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	3.26	108.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	2.87	95.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	3.12	104.1
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	3.27	109.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	3.20	106.6
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	2.98	99.4
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	2.81	93.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	2.41	80.4
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	pad	3.52	117.3
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	3.28	109.3
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	3.35	111.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	2.69	89.8
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	bed	2.77	92.3
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	rand	2.84	94.8
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	flank	2.23	74.4
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	pad	2.10	70.1
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	1-boven	2.22	74.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	1-boven	2.69	89.6
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	1-boven	2.24	74.7
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	1-boven	2.20	73.2
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	1-boven	3.93	131.0
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	1-boven	3.03	101.1
Sensispray	Vari	1	C1	1	pad	3.12	78.0
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	4.62	115.6
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	8.81	220.1
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	5.21	130.3
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	4.61	115.1
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	7.92	198.0
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	5.72	143.1
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	2.51	62.8
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	5.19	129.7
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	5.17	129.2
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	6.38	159.5

spuit	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	9.80	245.0
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	9.55	238.8
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	2.19	54.7
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	5.18	129.5
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	4.53	113.4
Sensispray	Vari	1	C1	1	bed	5.18	129.4
Sensispray	Vari	1	C1	1	rand	6.86	171.6
Sensispray	Vari	1	C1	1	flank	5.81	145.3
Sensispray	Vari	1	C1	1	pad	3.64	91.1
Sensispray	Vari	1	C1	2	pad	3.14	78.5
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	3.67	91.8
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	7.26	181.5
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	4.71	117.8
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	4.60	114.9
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	6.92	173.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	4.89	122.2
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	2.44	61.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	4.89	122.3
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	5.48	137.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	4.88	122.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	6.56	164.1
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	8.55	213.8
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	2.11	52.7
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	4.19	104.7
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	3.59	89.9
Sensispray	Vari	1	C1	2	bed	3.84	96.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	rand	4.18	104.4
Sensispray	Vari	1	C1	2	flank	3.76	94.1
Sensispray	Vari	1	C1	2	pad	0.29	7.2
Sensispray	Vari	1	C1	1	1-boven	3.62	90.5
Sensispray	Vari	1	C1	1	1-boven	2.56	64.1
Sensispray	Vari	1	C1	1	1-boven	3.64	91.1
Sensispray	Vari	1	C1	2	1-boven	2.65	66.2
Sensispray	Vari	1	C1	2	1-boven	4.28	107.0
Sensispray	Vari	1	C1	2	1-boven		
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	0.68	22.8
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	2.17	72.4
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	4.98	166.1
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	3.74	124.8
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	2.89	96.2
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	2.56	85.3
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	4.64	154.7
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	2.13	70.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	2.67	88.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	3.02	100.5
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	2.91	97.1
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	4.97	165.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	pad	3.43	114.3
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	1.31	43.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	3.42	113.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	3.14	104.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	bed	2.82	94.1
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	rand	4.03	134.2
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	flank	2.91	96.8
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	pad	1.74	57.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	0.85	28.4
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	2.76	92.1
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	4.81	160.3

spuit	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	3.84	127.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	3.71	123.8
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	3.61	120.4
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	2.21	73.7
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	2.27	75.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	3.01	100.2
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	2.78	92.5
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	2.35	78.2
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	4.58	152.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	pad	2.69	89.7
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	2.05	68.3
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	4.47	149.1
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	3.12	104.0
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	bed	3.38	112.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	rand	4.91	163.5
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	flank	3.35	111.5
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	pad	1.71	57.2
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	1-boven	2.37	78.9
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	1-boven	2.09	69.6
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	1-boven	1.96	65.3
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	1-boven	2.56	85.5
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	1-boven	2.93	97.7
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	1-boven	1.80	60.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	1.70	56.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	1.69	56.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	2.24	74.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	2.50	83.5
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	1.95	65.2
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	1.77	58.9
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	2.60	86.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	2.87	95.8
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	2.16	72.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	2.31	77.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	2.19	73.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	2.64	87.9
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	pad	3.16	105.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	3.30	110.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	3.01	100.2
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	1.87	62.5
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	bed	2.23	74.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	rand	1.91	63.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	flank	1.80	60.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	pad	2.00	66.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	1.63	54.4
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	1.51	50.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	2.04	68.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	2.31	77.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	1.94	64.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	2.09	69.8
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	2.72	90.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	2.37	79.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	2.11	70.4
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	1.88	62.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	1.85	61.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	2.59	86.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	pad	3.47	115.6
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	3.19	106.4
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	2.73	91.0

spuit	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	2.22	74.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	bed	2.07	69.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	rand	1.59	52.9
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	flank	1.56	52.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	pad	1.77	59.0
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	1-boven	2.07	69.1
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	1-boven	2.17	72.3
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	1-boven	2.15	71.8
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	1-boven	3.23	107.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	1-boven	2.21	73.7
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	1-boven	2.93	97.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	pad	2.70	67.4
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	3.04	76.1
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	3.81	95.2
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	4.18	104.5
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	3.11	77.9
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	2.23	55.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	3.84	95.9
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	2.20	55.0
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	2.16	54.0
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	2.21	55.2
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	2.16	53.9
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	4.11	102.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	3.22	80.5
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	1.58	39.5
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	2.87	71.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	2.22	55.4
Sensispray	Vari	2	C2	1	bed	2.43	60.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	rand	2.84	70.9
Sensispray	Vari	2	C2	1	flank	2.41	60.2
Sensispray	Vari	2	C2	1	pad	1.25	31.2
Sensispray	Vari	2	C2	2	pad	1.72	42.9
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	3.03	75.8
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	3.15	78.7
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	3.34	83.5
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	3.37	84.3
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	2.96	73.9
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	2.45	61.3
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	3.56	89.1
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	4.14	103.6
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	4.34	108.5
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	3.61	90.3
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	7.44	186.1
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	4.21	105.3
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	2.87	71.7
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	3.87	96.8
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	3.22	80.5
Sensispray	Vari	2	C2	2	bed	3.67	91.7
Sensispray	Vari	2	C2	2	rand	5.01	125.3
Sensispray	Vari	2	C2	2	flank	4.06	101.5
Sensispray	Vari	2	C2	2	pad	1.95	48.8
Sensispray	Vari	2	C2	1	1-boven	3.36	84.1
Sensispray	Vari	2	C2	1	1-boven	3.63	90.7
Sensispray	Vari	2	C2	1	1-boven	1.75	43.9
Sensispray	Vari	2	C2	2	1-boven	4.80	120.1
Sensispray	Vari	2	C2	2	1-boven	5.22	130.4
Sensispray	Vari	2	C2	2	1-boven	3.30	82.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	pad	1.54	38.5

spuut	dop	stadium	code	rij	plek	D	Per-Afg
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	1.26	31.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	1.60	40.0
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	1.64	41.1
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	1.67	41.7
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	1.70	42.4
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	2.15	53.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	1.93	48.2
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	1.90	47.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	1.96	48.9
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	2.46	61.5
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	2.13	53.2
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	2.24	56.0
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	2.11	52.9
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	1.97	49.3
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	2.18	54.4
Sensispray	Vari	3	C3	1	bed	1.92	48.0
Sensispray	Vari	3	C3	1	rand	1.38	34.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	flank	1.29	32.1
Sensispray	Vari	3	C3	1	pad	1.24	31.1
Sensispray	Vari	3	C3	2	pad	1.50	37.6
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	1.44	36.1
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	1.74	43.4
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	1.62	40.5
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	1.40	35.0
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	2.12	53.0
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	2.09	52.3
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	2.03	50.7
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	1.61	40.3
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	2.32	58.1
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	1.80	45.0
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	2.02	50.5
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	1.85	46.2
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	1.64	40.9
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	1.55	38.8
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	1.30	32.5
Sensispray	Vari	3	C3	2	bed	1.67	41.6
Sensispray	Vari	3	C3	2	rand	1.35	33.8
Sensispray	Vari	3	C3	2	flank	1.27	31.7
Sensispray	Vari	3	C3	2	pad	1.18	29.5
Sensispray	Vari	3	C3	1	1-boven	4.69	117.2
Sensispray	Vari	3	C3	1	1-boven	3.62	90.6
Sensispray	Vari	3	C3	1	1-boven	2.55	63.6
Sensispray	Vari	3	C3	2	1-boven	3.63	90.6
Sensispray	Vari	3	C3	2	1-boven	3.79	94.6
Sensispray	Vari	3	C3	2	1-boven	4.61	115.2

Bijlage 4 Meetwaarden depositie op bosui gewas

n planten = aantal planten geanalyseerd van rij

gew = gemiddeld gewicht individuele planten per rij [gram]

opp = gemiddelde oppervlakte van individuele planten per rij [cm²]

D = gemiddelde depositie op n planten per rij [μL/cm²]

Af = gemiddelde depositie op n planten per rij als percentage van afgifte of spuitvolume [%]

D-corr = depositie gecorrigeerd voor achtergrond blanco planten [μL/cm²]

Af-corr = depositie gecorrigeerd voor achtergrond blanco planten [%]

spuit	dop	stadium	code	rij	bed	n planten	gew	opp	D	Af	D-corr	Af-corr
Gambetti	AM 04	1	A1	1	1	20	2.1	46	0.01	0.28	0.11	3.59
Gambetti	AM 04	1	A1	2	1	10	1.8	38	0.02	0.63	0.17	5.80
Gambetti	AM 04	1	A1	3	1	20	1.2	26	0.00	0.02	0.11	3.71
Gambetti	AM 04	1	A1	4	1	10	1.8	38	0.00	0.15	0.14	4.58
Gambetti	AM 04	1	A1	5	1	10	1.0	21	0.03	0.94	0.35	11.80
Gambetti	AM 04	1	A1	6	2	20	1.7	38	0.00	0.11	0.13	4.17
Gambetti	AM 04	1	A1	7	2	10	2.1	46	0.02	0.80	0.17	5.58
Gambetti	AM 04	1	A1	8	2	20	1.8	39	0.00	0.01	0.10	3.47
Gambetti	AM 04	1	A1	9	2	10	1.9	40	0.01	0.41	0.16	5.18
Gambetti	AM 04	1	A1	10	2	10	1.8	38	0.03	0.98	0.18	6.09
Gambetti	AM 04	1	A1	11	3	20	1.5	33	0.00	0.04	0.09	3.01
Gambetti	AM 04	1	A1	12	3	10	0.6	12	0.00	0.04	0.22	7.29
Gambetti	AM 04	1	A1	13	3	20	1.3	28	0.00	0.02	0.11	3.62
Gambetti	AM 04	1	A1	14	3	10	0.7	15	0.00	0.02	0.19	6.24
Gambetti	AM 04	1	A1	15	3	10	1.7	37	0.03	0.85	0.20	6.72
Gambetti	ADi 03	1	B1	1	1	20	1.6	34	0.00	0.06	0.15	5.05
Gambetti	ADi 03	1	B1	2	1	10	1.3	28	0.01	0.37	0.19	6.21
Gambetti	ADi 03	1	B1	3	1	20	1.6	35	0.00	0.03	0.17	5.64
Gambetti	ADi 03	1	B1	4	1	10	1.2	26	0.02	0.60	0.19	6.45
Gambetti	ADi 03	1	B1	5	1	10	2.4	51	0.05	1.65	0.17	5.70
Gambetti	ADi 03	1	B1	6	2	20	2.7	58	0.01	0.36	0.11	3.74
Gambetti	ADi 03	1	B1	7	2	10	1.2	26	0.02	0.54	0.20	6.72
Gambetti	ADi 03	1	B1	8	2	20	1.7	36	0.01	0.46	0.13	4.18
Gambetti	ADi 03	1	B1	9	2	10	1.8	38	0.02	0.53	0.16	5.30
Gambetti	ADi 03	1	B1	10	2	10	2.4	51	0.08	2.78	0.21	7.13
Gambetti	ADi 03	1	B1	11	3	20	0.8	18	0.00	0.03	0.23	7.75
Gambetti	ADi 03	1	B1	12	3	10	1.7	37	0.02	0.77	0.21	6.89
Gambetti	ADi 03	1	B1	13	3	20	0.8	18	0.00	0.02	0.15	5.04
Gambetti	ADi 03	1	B1	14	3	10	2.5	55	0.01	0.35	0.12	4.11
Gambetti	ADi 03	1	B1	15	3	10	1.0	22	0.00	0.13	0.24	8.14
Gambetti	ADi 03	2	B2	1	1	10	9.9	193	0.02	0.61	0.07	2.25
Gambetti	ADi 03	2	B2	2	1	10	11.7	230	0.01	0.38	0.04	1.41
Gambetti	ADi 03	2	B2	3	1	20	10.1	199	0.01	0.38	0.04	1.50
Gambetti	ADi 03	2	B2	4	1	10	12.0	235	0.02	0.74	0.05	1.76
Gambetti	ADi 03	2	B2	5	1	10	10.4	204	0.04	1.33	0.07	2.44
Gambetti	ADi 03	2	B2	6	2	10	9.6	187	0.04	1.20	0.07	2.35
Gambetti	ADi 03	2	B2	7	2	10	11.7	229	0.03	0.99	0.06	2.01
Gambetti	ADi 03	2	B2	8	2	20	8.0	157	0.05	1.75	0.09	3.04
Gambetti	ADi 03	2	B2	9	2	10	7.9	154	0.05	1.61	0.09	3.07
Gambetti	ADi 03	2	B2	10	2	10	6.1	120	0.04	1.43	0.09	2.99
Gambetti	ADi 03	2	B2	11	3	10	10.2	199	0.03	1.05	0.07	2.17
Gambetti	ADi 03	2	B2	12	3	10	10.4	204	0.01	0.36	0.04	1.47
Gambetti	ADi 03	2	B2	13	3	20	6.8	133	0.01	0.19	0.05	1.54
Gambetti	ADi 03	2	B2	14	3	10	7.8	153	0.03	0.99	0.07	2.26

spuit	dop	stadium	code	rij	bed	n planten	gew	opp	D	Af	D-corr	Af-corr
Gambetti	ADi 03	2	B2	15	3	10	8.3	162	0.03	0.96	0.07	2.18
Gambetti	ADi 03	3	B3	1	1	10	16.3	260	0.00	0.00	0.05	1.82
Gambetti	ADi 03	3	B3	2	1	10	27.6	439	0.00	0.00	0.06	1.95
Gambetti	ADi 03	3	B3	3	1	20	20.0	318	0.16	5.29	0.26	8.65
Gambetti	ADi 03	3	B3	4	1	10	25.8	409	0.00	0.00	0.05	1.72
Gambetti	ADi 03	3	B3	5	1	10	19.9	317	0.00	0.00	0.07	2.25
Gambetti	ADi 03	3	B3	6	2	10	15.5	246	0.00	0.05	0.09	2.85
Gambetti	ADi 03	3	B3	7	2	10	16.2	257	0.00	0.00	0.07	2.42
Gambetti	ADi 03	3	B3	8	2	20	15.8	251	0.14	4.79	0.25	8.22
Gambetti	ADi 03	3	B3	9	2	10	14.1	225	0.00	0.00	0.09	2.90
Gambetti	ADi 03	3	B3	10	2	10	18.9	301	0.00	0.13	0.09	2.98
Gambetti	ADi 03	3	B3	11	3	10	16.3	259	0.00	0.04	0.08	2.75
Gambetti	ADi 03	3	B3	12	3	10	27.4	436	0.00	0.02	0.07	2.33
Gambetti	ADi 03	3	B3	13	3	20	19.0	301	0.14	4.56	0.23	7.80
Gambetti	ADi 03	3	B3	14	3	10	18.8	299	0.00	0.10	0.08	2.77
Gambetti	ADi 03	3	B3	15	3	10	13.7	218	0.00	0.06	0.09	2.97
Sensispray	Vari	1	C1	1	1	10	1.7	37	0.19	4.77	0.32	8.05
Sensispray	Vari	1	C1	2	1	10	1.0	22	0.02	0.54	0.24	6.01
Sensispray	Vari	1	C1	3	1	20	1.0	23	0.02	0.47	0.24	5.92
Sensispray	Vari	1	C1	4	1	10	0.6	13	0.01	0.23	0.31	7.81
Sensispray	Vari	1	C1	5	1	10	0.6	13	0.03	0.86	0.28	6.88
Sensispray	Vari	1	C1	6	2	10	0.8	18	0.16	3.88	0.43	5.73
Sensispray	Vari	1	C1	7	2	10	0.7	15	0.03	0.79	0.29	7.32
Sensispray	Vari	1	C1	8	2	20	0.5	10	0.15	3.86	0.73	18.31
Sensispray	Vari	1	C1	9	2	10	0.5	12	0.03	0.78	0.33	8.32
Sensispray	Vari	1	C1	10	2	10	0.7	14	0.16	4.01	0.49	12.31
Sensispray	Vari	1	C1	11	3	10	1.1	24	0.09	2.37	0.28	6.96
Sensispray	Vari	1	C1	12	3	10	1.2	26	0.09	2.15	0.28	7.03
Sensispray	Vari	1	C1	13	3	20	0.6	14	0.03	0.68	0.36	9.07
Sensispray	Vari	1	C1	14	3	10	2.1	46	0.06	1.55	0.17	4.22
Sensispray	Vari	1	C1	15	3	10	0.7	14	0.13	3.16	0.42	10.61
Sensispray	Vari	2	C2	1	1	10	10.7	210	0.04	1.06	0.33	8.14
Sensispray	Vari	2	C2	2	1	10	13.3	260	0.04	0.89	0.06	1.45
Sensispray	Vari	2	C2	3	1	20	7.1	139	0.03	0.65	0.06	1.39
Sensispray	Vari	2	C2	4	1	10	11.3	221	0.05	1.16	0.07	1.73
Sensispray	Vari	2	C2	5	1	10	7.4	144	0.05	1.17	0.08	1.88
Sensispray	Vari	2	C2	6	2	10	12.7	248	0.13	3.14	0.72	18.05
Sensispray	Vari	2	C2	7	2	10	9.3	182	0.15	3.87	0.18	4.49
Sensispray	Vari	2	C2	8	2	20	10.5	206	0.14	3.44	0.16	4.06
Sensispray	Vari	2	C2	9	2	10	10.2	201	0.12	3.02	0.15	3.63
Sensispray	Vari	2	C2	10	2	10	8.8	172	0.14	3.59	0.17	4.22
Sensispray	Vari	2	C2	11	3	10	13.4	263	0.06	1.57	0.41	10.26
Sensispray	Vari	2	C2	12	3	10	7.2	141	0.07	1.84	0.10	2.55
Sensispray	Vari	2	C2	13	3	20	8.9	175	0.05	1.16	0.07	1.80
Sensispray	Vari	2	C2	14	3	10	7.6	148	0.06	1.44	0.09	2.18
Sensispray	Vari	2	C2	15	3	10	10.8	211	0.05	1.28	0.07	1.86
Sensispray	Vari	3	C3	1	1	10	17.3	276	0.12	3.11	0.20	4.95
Sensispray	Vari	3	C3	2	1	10	22.4	356	0.04	1.12	0.12	2.89
Sensispray	Vari	3	C3	3	1	20	12.7	202	0.11	2.85	0.20	4.90
Sensispray	Vari	3	C3	4	1	10	20.5	326	0.05	1.24	0.12	3.02
Sensispray	Vari	3	C3	5	1	10	12.9	205	0.13	3.30	0.21	5.34
Sensispray	Vari	3	C3	6	2	10	16.7	265	0.10	2.45	0.17	4.32
Sensispray	Vari	3	C3	7	2	10	20.6	328	0.03	0.63	0.10	2.38
Sensispray	Vari	3	C3	8	2	20	18.6	296	0.06	1.60	0.14	3.51
Sensispray	Vari	3	C3	9	2	10	20.0	318	0.04	0.93	0.11	2.73
Sensispray	Vari	3	C3	10	2	10	21.5	342	0.23	5.66	0.30	7.50
Sensispray	Vari	3	C3	11	3	10	17.9	284	0.13	3.16	0.20	5.02
Sensispray	Vari	3	C3	12	3	10	14.1	225	0.12	2.92	0.19	4.80
Sensispray	Vari	3	C3	13	3	20	16.2	257	0.09	2.23	0.17	4.15
Sensispray	Vari	3	C3	14	3	10	24.3	387	0.02	0.48	0.09	2.23
Sensispray	Vari	3	C3	15	3	10	18.6	296	0.07	1.75	0.14	3.60

Bijlage 5 NDVI metingen bosui

					NDVI			gem.
					bed			
					1	2	3	
datum	naam	'stadium'						
20180815	test2	A	grootste	gem.	0.54	0.57	0.57	0.56
				std	0.08	0.08	0.08	0.08
				min	0.4	0.34	0.39	0.38
				max	0.89	0.82	0.84	0.85
		B	middelste	gem.	0.34	0.35	0.30	0.33
				std	0.29	0.27	0.31	0.29
				min	0.25	0.28	0.24	0.26
				max	0.92	0.89	0.93	0.91
		C	kleinste	gem.	0.20	0.22	0.15	0.19
				std	0.02	0.02	0.02	0.02
				min	0.16	0.19	0.12	0.16
				max	0.29	0.3	0.23	0.27
21080820	test4	?	heen	gem.	0.41	0.46	0.41	0.43
				std	0.08	0.09	0.10	0.09
				min	0.22	0.26	0.20	0.23
				max	0.57	0.69	0.74	0.67
		?	terug	gem.	0.46	0.47	0.43	0.45
				std	0.08	0.10	0.07	0.08
				min	0.27	0.26	0.22	0.25
				max	0.74	0.69	0.58	0.67
21080820	test5	?	heen	gem.	0.21	0.24	0.15	0.20
				std	0.05	0.07	0.04	0.05
				min	0.14	0.17	0.09	0.13
				max	0.59	0.77	0.45	0.60
		?	terug	gem.	0.25	0.26	0.20	0.24
				std	0.08	0.05	0.07	0.07
				min	0.16	0.19	0.09	0.15
				max	0.85	0.61	0.69	0.72
20180827	test6	A	grootste	gem.	0.51	0.50	0.52	0.51
				std	0.08	0.11	0.10	0.10
				min	0.34	0.07	0.27	0.23
				max	0.84	0.71	0.71	0.75
		B	middelste	gem.	0.32	0.36	0.32	0.33
				std	0.10	0.09	0.11	0.10
				min	0.22	0.25	0.17	0.21
				max	0.70	0.79	0.77	0.75
		C	kleinste	gem.	0.19	0.22	0.14	0.19
				std	0.02	0.02	0.02	0.02
				min	0.16	0.19	0.10	0.15
				max	0.22	0.26	0.19	0.22
20180827	test8	A	grootste	gem.	0.54	0.50	0.52	0.52
				std	0.08	0.10	0.11	0.10
				min	0.36	0.29	0.26	0.30
				max	0.88	0.68	0.72	0.76
		B	middelste	gem.	0.39	0.34	0.34	0.36
				std	0.15	0.09	0.14	0.13
				min	0.25	0.20	0.16	0.20
				max	0.90	0.83	0.86	0.86

					NDVI			gem.	
					bed				
					1	2	3		
datum	naam	'stadium'							
		C	kleinste	gem.	0.20	0.21	0.14	0.19	
				std	0.03	0.05	0.04	0.04	
				min	0.15	0.13	0.08	0.12	
				max	0.36	0.50	0.50	0.45	
20180831	proef7	A	grootste	gem.	0.45	0.58	0.54	0.52	
				std	0.07	0.09	0.13	0.10	
				min	0.24	0.38	0.34	0.32	
				max	0.59	0.81	0.91	0.77	
20180831	voorop	B	middelste	gem.	0.27	0.35	0.25	0.29	
				std	0.08	0.16	0.09	0.11	
				min	0.08	0.19	0.12	0.13	
				max	0.42	0.77	0.48	0.56	
20180831	test9	C	kleinste	gem.	0.18	0.24	0.17	0.20	
				hele baan	std	0.02	0.03	0.04	0.03
				min	0.14	0.18	0.10	0.14	
				max	0.23	0.31	0.29	0.28	
20180831	test9	C	kleinste	gem.	0.21	0.27	0.23	0.24	
				achterop	std	0.02	0.02	0.04	0.03
				min	0.18	0.22	0.14	0.18	
				max	0.25	0.32	0.33	0.30	

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1210



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.

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
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1210

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.

