

IJkaker Deelproject B1. Variabel doseren van fungiciden

Resultaten praktijkproeven 2012-2015

1. Inleiding

Variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen (GBM), waaronder schimmelbestrijdingsmiddelen (fungiciden) is één van de beloften van precisielandbouw. Het voordeel van variabel doseren van de middelen voor een teler/loonwerker is dat alleen daar waar nodig zo min mogelijk middel terecht komt. Dit levert op de eerste plaats besparingen in verbruik en kosten op. Verder dalen emissies, milieubelasting en volksgezondheidsrisico's, waardoor meer middelen toelaatbaar zijn onder de huidige wetgeving. Tot slot levert dit bij bepaalde middelen minder gewasschade doordat overdosering vermeden wordt.

IJkaker deelproject B1 richt zich op variabel doseren (Variable Rate Application, VRA) van contactfungiciden in aardappel tegen *Phytophthora infestans*, de veroorzaker van Aardappelziekte. Bij variabel doseren gaat het om detectie, beslissen en plaatsspecifiek uitvoeren. Op de eerste plaats is informatie nodig over ruimtelijke variatie binnen een perceel, zoals variatie in biomassa, bodemeigenschappen, micro-klimaat en/of schadeveroorzakers (ziekten, plagen, onkruiden). Deze informatie is te verkrijgen via bestaande of nog te ontwikkelen sensoren/ bodemkaarten. Vervolgens zijn beslisregels nodig die de ruimtelijke informatie vertalen in minimum effectieve doseringen. Tot slot is apparatuur nodig die met gewenste capaciteit doseringen plaatsspecifiek kan aanpassen op een schaal van ca. 10-30 m².

Een groot deel van de 'enabling technologies' is beschikbaar:

- Satellieten en UAV's voor remote sensing van biomassa,
- Biomassa-sensoren voor nearby sensing,
- Adviesregels voor variable doseren contactfungiciden,
- Phytophthora-waarschuwingssystemen,
- GBM-weeradviesystemen,
- Spuittechniek voor plaatsspecifiek variabel doseren.

In 2012 is onderzoek gedaan naar de modellen en beslisregels voor variabel doseren (Kempenaar et al., 2013). De ontwikkelde doseermodellen bevatten een beschrijving van de relatie tussen één of meerdere meetbare (omgeving)variabelen en de benodigde plaatsspecifieke dosering. De variabele dosering kan dan via een zogenaamde taakkaart geografisch inzichtelijk worden gemaakt. De taakkaart geeft op basis van de historische variatie binnen een perceel aan op welke plek welke dosering moet komen. Bij sommige variabel doseersystemen is een taakkaart niet nodig. Er wordt dan gebruik gemaakt van sensoren op de spuit of tractor die al rijdend door het gewas direct de spuit 'real time' aansturen.

Het totale VRA systeem van detectie, beslissen en plaatsspecifiek uitvoeren is in de periode 2012-2015 gevalideerd voor het doseren van het contactfungicide Revus (actieve stof Mandipropamid) tegen de schimmel *Phytophthora infestans* op aardappel. Hiervoor zijn diverse dosis-response proeven uitgevoerd waarbij op meerdere tijdstippen doseringsreeksen van Revus zijn getest. Op Proefbedrijf 't Kompas in Valthermond zijn praktijkproeven uitgevoerd met behulp van een Yara N-Sensor (biomassa-sensor; NDVI), een CHD landbouwspruit en de relatie tussen biomassa-index en dosering.

Bij variabel doseren van middelen gaat het niet alleen om meewegen van ruimtelijke variatie van één factor zoals biomassa. Belangrijke factoren in deze zijn ook klimaat, gewas- en ras-eigenschappen, populatie-eigenschappen van de ziekte of plaag en effecten van toedieningstechniek. Deze factoren dienen ook meegewogen te worden in de beslisregels. Echter, de onderbouwing van deze factoren is op dit moment nog onvoldoende bekend. Om die reden worden

in de praktijkproeven zoals in dit rapport gepresenteerd beslisregels toegepast met een hoge veiligheidsmarge om grote risico's te vermijden ('doseerregels voor ongunstige situatie'). Op termijn als meer validatie-experimenten gedaan zijn, kan voor de middelen ook beslisregels voor normale en gunstige situaties gegeven worden.

In dit rapport worden de resultaten van de verschillende (praktijk)proeven chronologisch gepresenteerd.

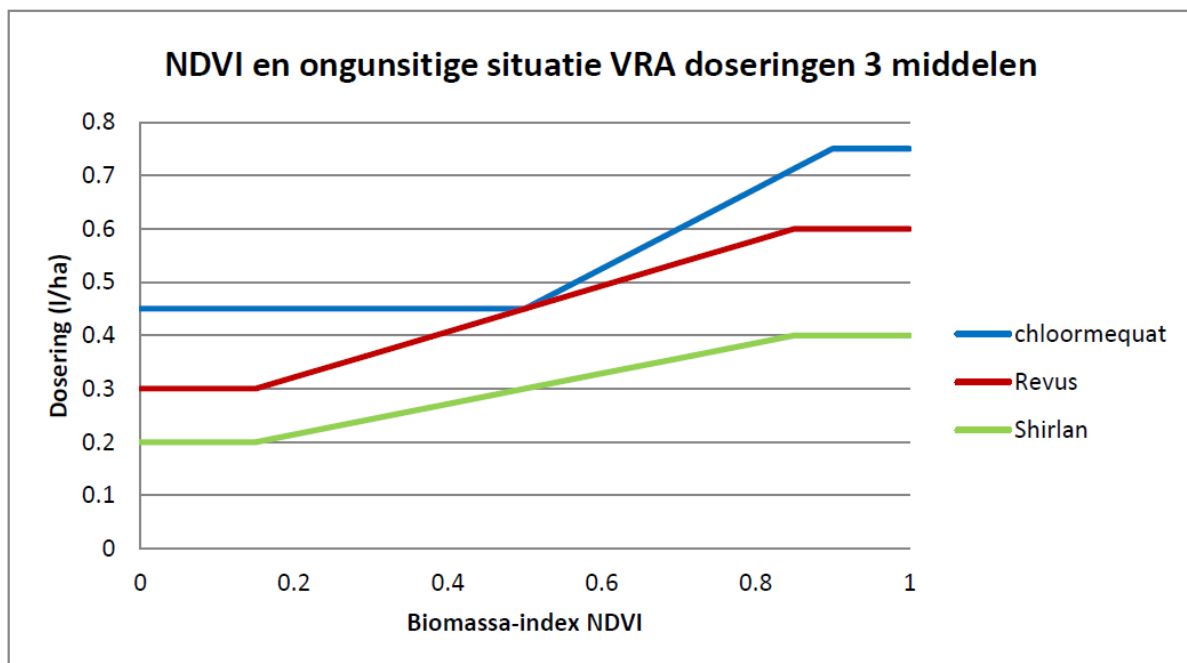
Relatie tussen biomassa-index en dosering

Het systeem voor variabel doseren (Variable Rate Application, VRA) van het contactfungicide Revus tegen *Phytophthora infestans* in aardappel is gebaseerd op de lineaire relatie tussen de biomassa-index (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) en de dosering van het middel (1).

$$\text{Dosis}_{(\text{min, max, specificatie})} = a * x + b \quad (1)$$

waarin *Dosis* de dosering van het middel is (l/ha), *x* de biomassa-index, en *a* en *b* de parameters die de ligging en helling van het lineaire verband aangeven (Figuur 1). Bij dit model worden naast minimum en maximum doseringen ook 'specificaties' benoemd, zoals toepassing in een resistent gewas bij ongunstig weer en hoge ziektedruk. De minimum en maximum doseringen worden bepaald door de toedieningstechniek, omstandigheden (ras, weer en ziekteverwekker) en wetgeving. Minima, maxima en de parameters *a* en *b* zijn middel- en situatiespecifiek.

Voor de toepassing van het fungicide Revus (a.s. Mandipropamid) geldt dat de parameters *a* en *b*, als ook de minima en maxima betrekking hebben op relatief ongunstige situatie (ongunstig weer, ongunstige gewassituatie en aanwezigheid van ziekte- en/of onkruiddruk). Alleen als situaties aantoonbaar minder ongunstig zijn, kunnen de minima, maxima en de parameters *a* en *b* naar beneden bijgesteld worden. Op dit moment is alleen voor Reglone (Reglone/s) voldoende kennis beschikbaar om de ondergrens in het basismodel parameters uit te drukken (Tabel 1).



Figuur 1. Schematische weergave van de relatie tussen NDVI en dosering van 2 fungiciden en 1 groeiregulator (chloormequat 750 g a.s./l), bij toepassing van het basismodel $\text{Dosis} = a * x + b$, met parameters zoals weergegeven in tabel 2.3. Specificatie: ongunstige situatie. De ondergrenzen van de middelen in het basismodel worden niet getoond daar hieraan nog onderzoek plaatsvindt.

Tabel 1. Parameters van twee fungiciden, een groeiregulator en een loofdoodmiddel die in een lineair basismodel de relatie tussen biomassa-index NDVI en dosering beschrijven voor een ongunstige (o: ras-eigenschappen en weer ongunstig, aanwezigheid van ziekte- en/of-onkruiddruk) of standaard (s) situatie.

Middel/ specificatie	Actieve stof	Min. dosis [l prod./ha]	Max. dosis [l prod./ha]	a [r.c.]	b [intercept]
Reglone/o	Diquat dibromide	1,0	3,75	3,93	0,41
Reglone/s	Diquat dibromide	0,3	2,5	3,14	0,17
Shirlan/o	fluazinam	0,2	0,4	0,29	0,16
Revus/o	Mandipropamid	0,3	0,5	0,43	0,24
CECECE/o	Chloormequat	0,45	0,75	0,75	0,08

2. Dosis-response en praktijkproeven 2012

(Kempenaar et al., 2013)

2.1 Proefopzet

2.1.1 Dosis-response proef

In deze proef werden vaste uniforme doseringen vergeleken met een opbouwend schema van VRA doseringen. Het onderzoek bouwt voort op resultaten uit onderzoek in 2010 en 2011 (Kempenaar et al, 2010; Blok & Kempenaar, 2011). De proeven werden gedaan op proefbedrijf 't Kompas in Valthermond met het ras Seresta (medium resistent tegen *P. infestans*) volgens gangbare praktijk. De individuele proefveldjes waren 10 bij 6 m (l., br.) groot. Er werden vier vaste doseringen (100%, 75%, 50% en 25% van labeldosering, 0,6 L per ha) en drie variabele doseringen op basis van Yara N-Sensor (VRA YARA gemiddelde doseringsadvies opbouwend in de tijd, VRA Yara - 15%, VRA Yara + 15%) in een opbouwend schema toegepast. De bespuitingen werden gedaan met de proefveldspuit van het proefbedrijf (afgesteld op 250 L per ha, Lechler 110025 doppen en 5 bar druk) op 7, 14, 20 en 27 juni en 4 juli. Deze data werden gekozen op basis van de ontwikkeling van het gewas en een praktisch wekelijks schema.

Na 10 juli werd de proef beëindigd, het gewas werd verder in stand gehouden volgens gangbare praktijk en het proefveld werd uniform behandeld met voor alle veldjes dezelfde dosering van fungiciden. Als zodanig bestond de proef uit variatie in doseringen van een fungicide op vijf tijdstippen. De behandelingen werden over de proefveldjes verloot volgens een *randomized block design* (blokkenproef, behandelingen worden over veldjes binnen een blok verloot). In totaal waren er per behandeling vier herhalingen en 28 individuele proefveldjes. In Bijlagen I en II staat het proefveld op kaarten weergegeven.

Tijdens de proefperiode werden veldwaarnemingen gedaan aan gewasontwikkeling en eventuele ontwikkeling van *Phytophthora* in de veldjes. Voor dit laatste werd de PPO-beoordelingsschaal voor bepalen effectiviteit van middelen tegen de schimmel gebruikt. Mocht er aantasting optreden a.g.v. verschillen in behandeling, dan was er het voornemen om opbrengst- en kwaliteitsmetingen per behandeling uit te voeren. Uiteindelijk bleken deze verschillen er niet te zijn, en werden er geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan per behandeling. De opbrengst aan aardappelen werd geschat op 45 ton per ha met een zetmeelgehalte van 21,6% (520 OWG).

2.1.2 Praktijkproef

Het praktijkperceel aardappel lag op kavel 67A van proefboerderij 't Kompas. Het ras was Seresta, een veel geteeld zetmeelaardappelras. De pootdatum was rond 10 mei 2012. De teelt was volgens gangbare praktijk. Alleen de ziektebestrijding werd op een deel anders dan gangbare praktijk gedaan. Op dit deel werd VRA (Variable Rate Application) van Revus getest met een Yara N-Sensor en CHD spuit. Een kaart van het perceel en een verdeling van de banen die volgens VRA behandeld werden en die volgens gangbare praktijk (vaste dosering) behandeld werden staat in Bijlage I. In

Op het praktijkperceel werd Revus 5 keer toegediend tussen begin juni en 10 juli. De tijdstippen van de bespuitingen werden bepaald door het waarschuwingssysteem. Op dezelfde data werd ook steeds een biomassa-afhankelijke VRA bespuiting gedaan. Er waren 4 VRA blokken van 200 m lang en 1spuitbaan breed (breedte 27 m). Als referentie werden 4 even grote blokken vaste dosering aangelegd (nummers 1 t/m 4 in niet gekleurde deel van Bijlage I). De dosering op gangbare praktijk was een vaste dosering van 0,6 L Revus per ha bij een instelling op 300 L spuitvloeistof per ha. In de VRA blokken werd een opbouwende VRA doseerreeks toegediend (Tabel 2).

Tabel 2. Gemiddelde afgifte aan spuitvloeistof en dosering van Revus in de praktijkproef in de twee objecten variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (vaste uniforme dosering) op de verschillende data van bespuiten, op basis van verspoten hoeveelheid vloeistof.

Object	Datum	Spuitvolume (L per ha)	Dosis Revus (L per ha)	Druk (bar)	Rijsnelheid (km per uur)
VRA YARA	7/6 *	81	0,16	1,5-3,4	9-12,5
	14/6	296	0,57	± 7	5,5
	20/6	333	0,64	± 7	5,5
	27/6	306	0,59	± 7	5,5
	4/7	319	0,61	± 7	5,5
Gemiddeld		267	0,51		
Vaste dosering	7/6	280	0,54	6,5	7,0
	14/6	333	0,64	7	5,5
	20/6	380	0,73	7	5,5
	27/6	315	0,60	7	5,5
	4/7	361	0,69	7	5,5
Gemiddeld		334	0.64		

* Gewenste VRA dosering kon niet toegediend worden vanwege beperking aan kant van rijsnelheid en druk. De tankmixconcentratie was verkeerd gekozen. Ook bleek de rekenregel verkeerd geprogrammeerd te zijn (is ondertussen verholpen).

Tijdens de proefperiode werden dezelfde waarnemingen gedaan als in de dosis-response proef (zie 2.1.1). Uiteindelijk bleken er medio juli geen verschillen tussen de objecten te zijn. Na 10 juli werd de proef beëindigd. Dit betekent dat het gewas verder in stand gehouden werd volgens gangbare praktijk en het perceel uniform werd behandeld met voor alle blokken dezelfde dosering van fungiciden. En er werden geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan per blok daar er geen verschillen in aantasting waren. De opbrengst aan aardappelen werd geschat op 45 ton per ha. De mate van bescherming van de aardappelen tegen Phytophthora in de objecten VRA en vaste dosering werd op dezelfde wijze bepaald als in de dosis-response proef. In de praktijkproef waren er 2 objecten in 4 herhalingen.

2.1.3 Biotests

De (eventuele) ontwikkeling van Phytophthora in de proefveldjes is beoordeeld aan de hand van een standaard PPO-beoordelingsschaal voor het bepalen van de effectiviteit van gewasbeschermingsmiddelen tegen de schimmel, de zogenaamde *Biotests*. Op verschillende tijdstippen gedurende het groeiseizoen zijn *Biotests* uitgevoerd.

Voor één biotests werden per veldje (behandeling) 20 blaadjes geplukt (het jongste volgroeide blad van een aardappelstengel), in zakjes verpakt en gekoeld naar het laboratorium in Wageningen gebracht. In het lab werden de blaadjes met de adaxiale (boven) zijde naar boven in Petrischalen gelegd met als bodem 15 ml 1,5 % (w/w) wateragar. Binnen acht uur na plukken werden de blaadjes geïnoculeerd met een sporangia suspensie van *P. infestans* van ca. 1 ml per blad tot run off (zie Tabel 3). De petrischalen werden vervolgens afgesloten met een deksel, in open bakken geplaatst en in een doorzichtige plastic zak gedaan om vochtverlies te beperken (ca. 100% R.V.). De bakken met petrischalen werden vervolgens in een klimaatruimte geplaatst bij continu 15°C en 16/8 uur licht/donker. Na zeven dagen werden de individuele blaadjes visueel beoordeeld op percentage necrose ('severity': 0 - 100%) e. Bij veldproeven werd ook de sporulatie beoordeeld (0 = geen sporulatie, 1 = gereduceerde sporulatie, 2 = normale sporulatie).

De resultaten werden geanalyseerd m.b.v. variantie analyse (ANOVA) op de logit getransformeerde necrose data (Logit(necrose+1%)).

Tabel 3. Concentratie sporangia suspensie en *P. infestans* isolaat per praktijkproef

Praktijkproef	sporangia/ml	isolaat
2012	1x10 ⁴	NL11147
2013	2x10 ⁴	NL11147
2014	1x10 ⁴	NL07041 (Blue13) en VK98014
2015	2x10 ⁴	NL07041 (Blue13)

2.2 Resultaten

2.2.1 Dosis-response proef

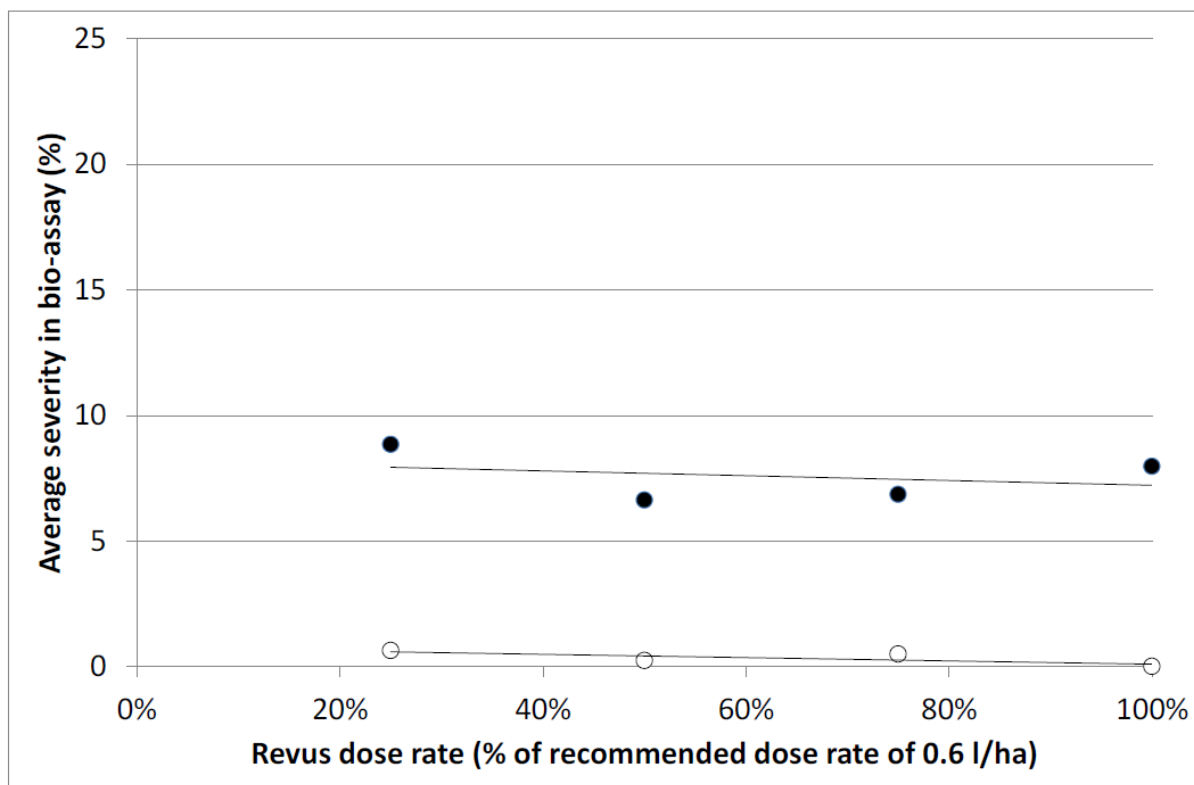
De proef werd tot en met medio juli 2012 wekelijks visueel beoordeeld op aantasting door *P. infestans* met de standaard schaal voor beoordeling *Phytophthora*-proefvelden. Infecties werden niet waargenomen in de proefveldjes tot medio juli op basis van visuele inspecties. Er waren dan ook geen verschillen te zien tussen de objecten op het proefveld wat betreft mate van aantasting. Alle doseringen hebben bescherming gegeven tegen de over het algemeen lichte ziektedruk vanuit de omgeving.

Tweemaal is net voor een bespuiting een biotoets uitgevoerd om te testen of er voldoende mate van bescherming was op de bladeren (Tabel 4 en Figuur 2). In de eerste proef ontwikkelde zich gemiddeld 7 % necrose op de blaadjes. De verschillen tussen de behandelingen waren niet significant ($P=0.05$). Bij de tweede biotoets ontwikkelde zich veel minder necrose; in alle behandelingen minder dan 1%. Ook hier waren de verschillen tussen de behandelingen niet significant. Het verschil tussen het necrose-percentage in biotoets 1 en 2 was significant. De VRA doseringen hebben allemaal een goede werking gegeven in de dosis-response proef. Uit de biotoetsen bleek geen verschil tussen de VRA doseringen en de vaste doseringen.

Het verschil in de mate van necrose in de biotoetsen kan mogelijk worden verklaard door het feit dat het bij het plukken van de blaadjes voor biotoets 1 licht regende en bij biotoets 2 niet. De blaadjes zijn vochtig in zakjes gekomen, waardoor omstandigheden gunstiger waren voor infectie.

Tabel 4. Samenvatting van de resultaten in de dosis-response proef. De mate van aantasting wordt per bio-toets (blaadjes geplukt op 24 juni (1) en 10 juli (2) en behandeling weergegeven.

Experiment	Behandeling	Toelichting	Necrose (severity %)
Bio-toets 1	A	100% Revus	8,0
	B	75% Revus	6,9
	C	50% Revus	6,6
	D	25% Revus	8,8
	E	VRA Yara	9,2
	F	VRA Yara - 15%	5,4
	G	VRA Yara + 15%	3,2
Bio-toets 2	A	100% Revus	0,01
	B	75% Revus	0,50
	C	50% Revus	0,24
	D	25% Revus	0,64
	E	VRA Yara	0,02
	F	VRA Yara - 15%	0,21
	G	VRA Yara + 15%	0,01



Figuur 2. Weergave van de gemiddelde mate van aantasting in behandelingen met 100%, 75%, 50% en 25% van de adviesdosering 0,6 L Revus per ha op twee tijdstippen (data uit Tabel 4).

2.2.2 Praktijkproef

De praktijkproef werd tot medio juli 2012 wekelijks beoordeeld op aantasting door *P. infestans*. Infecties zijn niet waargenomen, er waren dan ook geen gewasverschillen te zien tussen variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk met vaste doseringen (Vast). Beide doseringssystemen hebben voldoende bescherming gegeven tegen de over het algemeen lichte ziektedruk vanuit de omgeving.

Bij de VRA methode is bij de eerste vijf bespuitingen gemiddeld 0,52 L/ha Revus verspoten, bij gangbare praktijk was dit 0,63 L per ha (Tabel 5). Het VRA systeem had in principe lager moeten doseren, maar door een verkeerde programmering is de dosering 0,1-0,2 L/ha hoger uitgevallen dan gepland. Dit werd pas achteraf geconstateerd na afloop van de praktijkproef. De grootste middelreductie (60%) werd na de eerste bespuiting in Juni gerealiseerd toen het gewas nog niet gesloten was. Ondanks de te hoog ingestelde dosering is gemiddeld over het seizoen door toepassing van VRA een middelreductie van 17% gerealiseerd.

Op 26 juni en 10 juli is net voor een bespuiting een biotoets uitgevoerd om te testen of er voldoende mate van bescherming was op de bladeren (Tabel 6). Bij de eerste biotoets ontwikkelde zich gemiddeld 1 % necrose op de blaadjes. De verschillen tussen de behandelingen met vaste en variabele dosering (VRA) waren niet significant ($P \leq 0.05$). Bij de tweede biotoets ontwikkelde zich minder necrose, gemiddeld 0,1%. Ook hier waren de verschillen tussen vaste en variabele dosering (VRA) niet significant.

Tabel 5. Gemiddelde fungicidedosering (Revus) op basis van biomassa-index (WDVI) voor variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (Vast) op de verschillende tijdstippen gedurende het groeiseizoen.

Datum	Waarschuwing	Gewas	Dosering		Middel reductie	
	DSS*		WDVI	Vast		VRA
7 Juni	N		0.2	0.5	0.2	60%
14 Juni	HR		0.4	0.64	0.57	11%
20 Juni	HR		0.5	0.73	0.64	12%
27 Juni	HR		0.5	0.6	0.59	2%
4 Juli	HR		0.5	0.69	0.61	12%
Gemiddeld				0.63	0.52	17%

* N: normaal; HR: hoog risico

Tabel 6. Resultaten biotoets: mate van aantasting (%) per behandeling met vaste of variabele dosering(VRA) op blaadjes geplukt op 26 juni en 10 juli.

Biotoets	Datum	Mate van bladnecrose (%)		
		Vast	VRA	
1	26 Juni	1	1.2	n.s.
2	10 Juli	0.1	0.1	n.s.
Gemiddeld		0.6	0.7	

2.3 Conclusies

Opvallend in de resultaten van de dosis-response proef was dat er geen significante effecten van de dosering op aantasting zijn gevonden. De rekenregel voor VRA heeft een goede werking van het fungicide gegeven, de rekenregel is echter alleen toepasbaar voor ongunstige situaties en bevat nog een grote veiligheidsmarge. De ervaringen met variabel doseren van de middelen in de praktijkproeven waren positief. In 2013 wordt nader onderzoek gedaan aan de beslisregel waarna mogelijk meer kwantitatieve conclusies over de gepresenteerde beslisregel voor Revus kunnen worden getrokken.

Ziektedruk en weer: De gangbare adviessystemen van Dacom en AgroVision gaven voor de regio Valthermond regelmatig aan dat er infectieuze periodes geweest zijn in de periode tot medio juli 2012. Op een nabij gelegen aardappelproefveld op een afstand van minder dan 1 km van de proeven is ook daadwerkelijk *Phytophthora*-aantasting geconstateerd. Er is dus sprake geweest van enige ziektedruk, maar mogelijk was deze (te) licht. In de biotoets is wel zware ziektedruk gesimuleerd. Het is aan te bevelen de rekenregel verder te ontwikkelen onder hoge ziektedruk.

Resistentie: Het aardappelras Seresta is medium resistent tegen de aardappelziekte. Het is aan te raden de rekenregels ook te testen voor meer vatbare rassen.

De biotoets bleek een goede methode om hoge ziektedruk te simuleren en om in te schatten of er nog voldoende mate van bescherming op bladeren was net voor bespuitingen. In de biotoetsen kwam echter relatief weinig aantasting tot ontwikkeling. In de dosis-response proef was er een opvallend verschil in de mate van necrose in biotoets 1 en 2. De verklaring ligt waarschijnlijk in het feit dat bij het plukken de blaadjes voor de eerste biotoets al vochtig waren, waardoor de omstandigheden gunstiger waren voor infectie. In de praktijkproef is dit verschil niet geconstateerd, het was droog op het moment van blaadjes plukken voor de biotoetsen.

De resultaten van de biotoetsen gaven bruikbare informatie bij de evaluatie van de beslisregels. Wel is het zo dat de VRA doseringen achteraf gezien onbedoeld te hoog waren. In de loop van de proef bleek namelijk dat het VRA systeem door fout in de software 10 tot 20% hoger doseerde dan gepland op basis van biomassa-index waarden. Ondanks de te hoog ingestelde dosering is gemiddeld over het seizoen door toepassing van VRA een middelreductie van 17% gerealiseerd. Vervolgonderzoek is nodig om de rekenregel voor Revus verder te ontwikkelen. Van belang daarbij is onderscheid te maken tussen resistentie-eigenschappen van rassen en een koppeling te maken met waarschuwingssystemen.

3. Praktijkproef 2013

(Kessel, G.J., Hoekzema, G, Kempenaar C. PRI/PPO, Wageningen UR)

In 2013 is een dosis-response proef uitgevoerd waarbij vaste uniforme doseringen zijn vergeleken met een opbouwend schema van VRA doseringen. De resultaten van deze proef zijn in een apart verslag gerapporteerd.

3.1 Proefopzet

De praktijkproeven in 2013 waren een herhaling van een proeven uit 2012 (Hoofdstuk 2). Het praktijkperceel met aardappelen lag op kavel 64 van proefboerderij 't Kompas. Het ras was Seresta, een veel geteeld zetmeelaardappelras. De pootdatum was 8 mei 2013. De opkomst was rond 1 juni. De teelt werd gedaan volgens de gangbare praktijk. Voor de *Phytophthora*-beheersing werden twee behandelingen opgenomen:

- 1) Revus in de eerste vijf bespuitingen volgens gangbare praktijk met vaste dosering (Vast), en
- 2) Revus in de eerste vijf bespuitingen met Variable Rate Application (VRA) m.b.v. een Yara N-Sensor en CHD spuit.

Op het praktijkperceel werd het fungicide Revus vijfmaal toegediend tussen 14 juni en 10 juli (Tabel 1). De momenten van bespuiten werden bepaald door het waarschuwingssysteem waarmee 't Kompas werkt bij de beheersing van de *Phytophthora*. De VRA methode werd toegepast op vier blokken van 271 m lang en 27 m breed (één spuitbaan). Behandeling volgens gangbare praktijk werd op vier even grote blokken toegepast (nummers 1 t/m 4 in niet gekleurde deel van Bijlage I). De vaste dosering bij gangbare praktijk was 0,6 L/ha Revus bij een instelling op 300 L spuitvloeistof per ha. De dosering in de VRA blokken werd bepaald door een over het seizoen oplopende basisdosering aangevuld met een biomassa-afhankelijke dosering (Tabel 7). Het biomassa-afhankelijke deel van de dosering werd bepaald op basis van de WDVI parameter gemeten met een Yara N-sensor (Tabel 8)

Gedurende het seizoen zijn regelmatig visuele inspecties van het gewas uitgevoerd. Om de effectiviteit van de fungicidebehandelingen tegen *Phytophthora* te bepalen is op 2 en 15 juli 2013, 5 dagen na 3^e en 5^e bespuiting, bladmateriaal verzameld voor een biotoets.

Tabel 7. Gemiddelde fungicidedosering (Revus) op basis van biomassa-index (WDVI) voor variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (Vast) op de verschillende tijdstippen gedurende het groeiseizoen.

Datum	Waarschuwing	Gewas WDVI	Dosering		Middel reductie
	DSS*		Vast	VRA	
14 Juni	N	0.26	0.6	0.27	55%
19 Juni	N	0.38	0.6	0.36	40%
26 Juni	N	0.45	0.6	0.41	32%
2 Juli	N	0.5	0.6	0.5	17%
10 Juli	N	0.5	0.6	0.5	17%
Gemiddeld			0.6	0.41	32%

* N: normaal

Tabel 8. Ontwikkeling WDWI parameter van het aardappelgewas op basis van scans met Yara N-Sensor over de VRA vlakken van het perceel. Opkomst was rond 1 juni 2013.

Datum	WDVI		
	Minimum	Maximum	Gemiddelde
25 mei 2013			0
14 juni 2013	18	30	26
19 juni 2013	28	45	38
26 juni 2013	36	49	45

3.2 Resultaten

3.2.1 Veldwaarnemingen

Er bleken tijdens de VRA periode tot medio juli geen verschillen tussen de objecten te zijn. Na 10 juli werd de VRA proef beëindigd, het gewas werd verder in stand gehouden volgens gangbare praktijk. Het perceel werd uniform behandeld met voor alle blokken dezelfde dosering van fungiciden (geen Revus). Ook aan het eind van het seizoen bleek er met het oog geen verschil in aantasting tussen de objecten. De hoeveelheid aantasting door *Phytophthora* was zeer laag. Er werden geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan, de opbrengst aan aardappelen is geschat op 45 ton per ha.

In het VRA systeem is gemiddeld over de eerste vijf bespuitingen 0,41 L Revus verspoten per ha terwijl dit in het gangbare praktijk systeem 0,6 L per ha was. De grootste middelreductie (55%) werd na de eerste bespuiting medio juni gerealiseerd. Gemiddeld over het seizoen is door toepassing van het VRA systeem een middelreductie van 32% gerealiseerd.

3.2.2 Biotoetsen

De resultaten van de biotoetsen worden weergegeven in Tabel 9. Over het algemeen is het beschermingsniveau onder beide behandelingen uitstekend en zijn de percentages necrose onder de praktijk en VRA behandeling zeer vergelijkbaar met uitzondering van herhaling 1 in biotoets 1 onder VRA. De aantasting op het bladmateriaal is flink hoger dan alle andere waarnemingen.

Statistische analyse over beide biotoetsen geeft een significant "behandelingseffect" (F-prob = 0.023), een statistisch significant verschil in het beschermingsniveau onder de "praktijk" en "VRA" behandeling. Gezien de mogelijkheid dat de waarnemingen in herhaling 1 van biotoets 1 onder VRA uitbijters zijn is de analyse herhaald zonder deze data (met alle data m.u.v. herhaling 1 van biotoets 1 onder VRA). Deze analyse laat geen statistisch significant behandelingseffect zien wat er eveneens op duidt dat de waarnemingen van herhaling 1 van biotoets 1 onder VRA niet representatief zouden kunnen zijn voor deze behandeling.

Tabel 9. Resultaten biotoets: mate van aantasting (%) en sporulatie (0-2) per behandeling (vaste of variabele dosering) op blaadjes geplukt op 2 juli en 15 juli.

Biotoets	Datum	Mate van bladnecrose (%)			Sporulatie (0 - 2)		
		Vast	VRA	n.s.	Vast	VRA	n.s.
1	2 Juli	1.2	4.2	n.s.	0.125	0.225	n.s.
2	15 Juli	0.12	0.06	n.s.	0.025	0.0125	n.s.
Gemiddeld		0.7	2.1		0.1	0.1	

3.3 Conclusies

De resultaten van de praktijkproef in 2013 zijn in lijn met die van 2012. Het tijdig downloaden van VRA kaarten blijft een aandachtspunt.

Over het algemeen is het beschermingsniveau onder VRA en standaard praktijk uitstekend en zijn de percentages necrose onder beide behandelingen zeer vergelijkbaar. Hierbij zijn de waarnemingen van de eerste biotoets onder VRA niet meegenomen (uitbijter).

Gemiddeld over het seizoen is door toepassing van VRA een middelreductie van 32% gerealiseerd.

4. Praktijkproeven 2014

G. Kessel, B. Evenhuis, C. Topper, T. van den Bosch, M. Förch and C. Kempenaar

Acknowledgement: Maarten Holdinga, Florencia Lucca and Joop Esselink.

4.1. Proefopzet

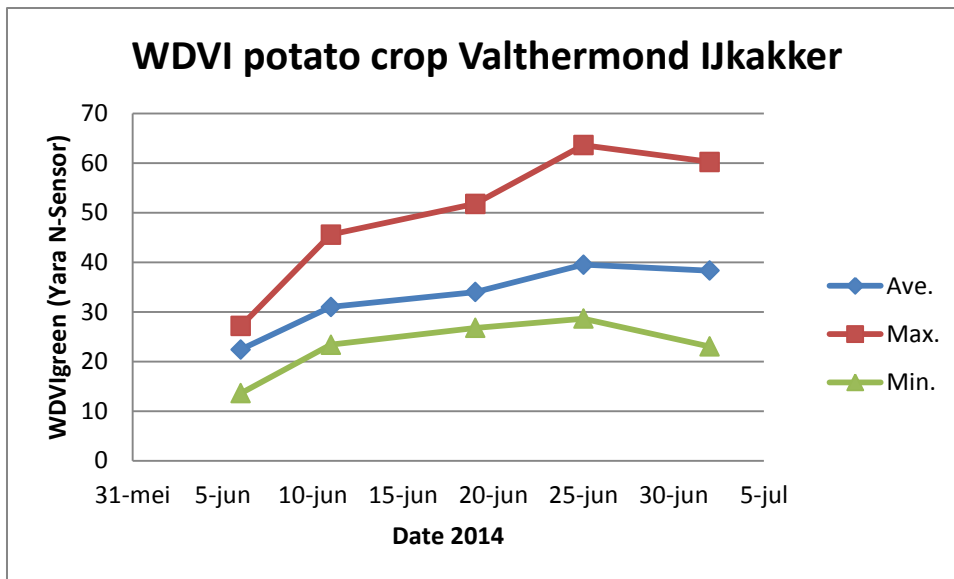
In 2014 zijn praktijkproeven uitgevoerd tegen *Phytophthora* in aardappel door fungicidebespuitingen met vaste gangbare praktijkdoseringen en variabel doseren (VRA). De proeven zijn uitgevoerd op op perceel 67a van proefboerderij 't Kompas in Valthermond met het ras Seresta, een veel geteeld zetmeelaardappelras. De pootdatum was 30 april 2014 en opkomst was rond 17 mei. De teelt werd gedaan volgens de gangbare praktijk. De effectiviteit van de fungicidebehandelingen werd op verschillende tijdstippen bepaald door middel van een biotoets.

In de periode begin juni - juli is vijfmaal een bespuiting met het fungicide Revus uitgevoerd met gangbare praktijkdoseringen. De tijdstippen van de bespuitingen werden bepaald door het waarschuwingssysteem. Op dezelfde data werd ook steeds een biomassa-afhankelijke VRA bespuiting gedaan (Yara N-sensor en CHD sprayer). Er waren vier VRA blokken (herhalingen) van 190 m lang en 12 m breed (zie Bijlage 00). Als referentie werden vier even grote blokken geselecteerd voor de behandelingen met vaste dosering. De vaste gangbare praktijkdosering was 0,6 L Revus per ha bij een instelling op 300 L spuitvloeistof per ha. In de VRA blokken werd een over het seizoen oplopende basisdosering gehanteerd aangevuld met een biomassa-afhankelijke dosering (Tabel 10). Het biomassa-afhankelijke deel van de dosering werd bepaald op basis van vijf $WDVI_{green}$ parameter metingen met een Yara N-sensor in de periode juni tot begin juli (Figuur 3). Eind juni was het gewas gesloten (100% bodembedekking).

Tabel 10 Gemiddelde fungicidedosering (Revus) op basis van biomassa-index (WDVI) voor variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (vaste uniforme dosering) op de verschillende data van bespuiten.

Datum	Waarschuwing	Gewas	Dosering		Middel reductie	
	DSS		WDVI	Vast		VRA
6 Juni	N		0.3	0.5	0.33	34%
11 Juni	HR		0.4	0.6	0.56	7%
19 Juni	HR		0.5	0.6	0.59	2%
25 Juni	N		0.5	0.6	0.56	7%
2 Juli	N		0.5	0.6	0.55	8%
Gemiddelde				0.58	0.52	11%

Gedurende het seizoen zijn regelmatig visuele inspecties van het gewas uitgevoerd. Om de effectiviteit van de fungicidebehandelingen tegen *Phytophthora* te bepalen is op 17 juni en 7 juli 2014, 5 dagen na 2^e en 5e bespuiting, bladmateriaal verzameld voor een biotoets.



Figuur 3. Ontwikkeling van de biomassa (WDVI) over het seizoen, gemeten met de Yara sensor op verschillende plaatsen in het IJkakker 67A proefveld in Valthermond. Naast het gemiddelde is ook de minimum en maximum waarde aangegeven.

4.2 Resultaten

4.2.1 veldwaarnemingen

Gedurende de proefperiode, tot begin juli zijn er in het veld geen visuele verschillen geconstateerd tussen de behandelingen (vaste dosering versus VRA). Na 7 juli werd de proef beëindigd, het gewas werd verder in stand gehouden volgens gangbare praktijk. Ook aan het eind van het seizoen bleek er met het oog geen verschil in aantasting tussen de objecten. Er werden geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan, de opbrengst aan aardappelen is geschat op 45 ton per ha.

In het VRA systeem is gemiddeld over de eerste vijf bespuitingen 0,52 L Revus per ha verspoten terwijl dit in het gangbare praktijk systeem 0,58 L per ha was. De grootste middelreductie (34%) werd na de eerste bespuiting begin juni gerealiseerd. Gemiddeld over het seizoen is door toepassing van het VRA systeem een middelreductie van 11% gerealiseerd.

4.2.2 Biotoets

Op 17 juni en 7 juli is een biotoets uitgevoerd om te testen of er voldoende mate van bescherming was op de bladeren (Tabel 11). De mate van aantasting was relatief laag. Bij de eerste biotoets ontwikkelde zich gemiddeld 2,83 % necrose op de blaadjes. De verschillen tussen de twee objecten, vaste en variabele dosering, waren niet significant ($P \leq 0.05$). Bij de tweede biotoets ontwikkelde zich minder necrose, gemiddeld 0,34%. Ook hier waren de verschillen tussen de behandelingen niet significant.

Tabel 11. Resultaten biotoets: mate van aantasting (%) per behandeling (vaste of variabele dosering) op blaadjes geplukt op 17 juni en 7 juli.

Biotoets	Datum	Mate van bladnecrose (%)		
		Vast	VRA	
1	17 juni	2.1	3.4	n.s.
2	7 Juli	0.25	0.43	n.s.
Gemiddeld		1.2	1.9	

4.2 Conclusies

De resultaten van de praktijkproef in 2014 zijn in lijn met die van 2012/13.

Er zijn in het veld geen visuele verschillen geconstateerd tussen de behandelingen met VRA en standaard praktijk. Uit de biotoetsen blijkt dat VRA dosering ook onder hoge ziektedruk goede bescherming biedt. Er zijn geen significante verschillen gevonden in de mate van bladnecrose tussen VRA en standaard praktijk.

Gemiddeld over het seizoen is door toepassing van VRA een middelreductie van 11% gerealiseerd.

De praktische toepasbaarheid en meerwaarde wat middelreductie betreft is aangetoond.

5. Praktijkproeven 2015

Geert Kessel, Marieke Förch, Trudy van den Bosch en Johan Booij

5.1. Proefopzet

In 2015 zijn praktijkproeven uitgevoerd tegen *Phytophthora* in aardappel door fungicidebespuitingen met vaste gangbare praktijkdoseringen en variabel doseren (VRA). De proeven zijn uitgevoerd op op perceel 64v van proefboerderij 't Kompas in Valthermond met het ras Seresta, een veel geteeld zetmeelaardappelras. De pootdatum was 29 april 2015. De teelt werd gedaan volgens de gangbare praktijk m.u.v. de eerste vijf *Phytophthora* bespuitingen waarin de twee spuittechnieken (gangbaar en VRA) werden vergeleken:

- 1) Revus volgens gangbare praktijk (0.5 – 0.6 l/ha, 300l spuitvolume) en
- 2) Revus met Variable Rate Application (VRA m.b.v. in dit geval een Yara N-Sensor en CHD spuit).

Bespuitingen werden uitgevoerd volgens een "weekechema" beginnend op 3 juni 2015.

Vervolgbespuitingen vonden plaats op: 10 juni 2015, 17 juni 2015, 24 juni 2015 en 1 juli 2015.

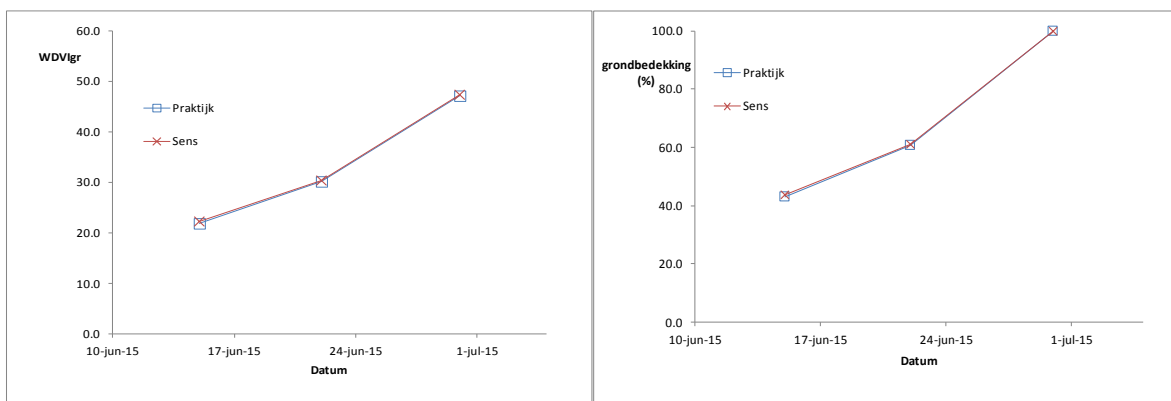
Per behandeling waren 4 plots (271 m lang en 1 spuitbaan = 27m breed). De dosering onder gangbare praktijk was gefixeerd terwijl in de VRA plots een oplopende VRA basisdosering werd gehanteerd. De basisdosering werd gebaseerd op de aanwezige biomassa. Lokale variaties in aanwezige biomassa werden opgevangen door het spuitvolume ter plaatse iets te verhogen of te verlagen. De proef werd op 8 juli (na bespuiting 6) beëindigd waarna het gewas volgens gangbare praktijk en uniform in stand gehouden werd.

Gedurende het seizoen zijn regelmatig visuele inspecties van het gewas uitgevoerd. Om de effectiviteit van de fungicidebehandelingen tegen *Phytophthora* te bepalen is op 15 juni en 6 juli 2015, 5 dagen na 2^e en 5e bespuiting, bladmateriaal verzameld voor een biotoets. Op 15, 22 en 30 juni zijn in zowel de gangbare praktijk als de VRA delen van het perceel de biomassa index (WDVI_{gr}) en bodembedekking gemeten met een *hand-held* Cropscan.

5.2 Resultaten

5.2.1 Veldwaarnemingen

Aantasting door *Phytophthora* onder beide spuittechnieken werd wekelijks in het veld waargenomen. Uit de additionele Cropscan metingen bleek dat er geen verschillen waren in gewasontwikkeling en bodembedekking tussen gangbare praktijk en VRA (Figuur 4). Rond 30 juni was het gewas gesloten (100% bodembedekking). Er zijn geen oogst- en kwaliteitsbepalingen gedaan. De opbrengst aan aardappelen werd geschat op 45 ton per ha.



Figuur 4. Ontwikkeling van de WDVI_{gr} biomassa index (links) en bodembedekking (rechts), gemeten met de *hand-held* Cropscan op verschillende plaatsen in het IJkkaker 64v proefveld in Valthermond (juni 2015).

Door een storing in de software werden bespuitingen 1 t/m 3 uitgevoerd met een te lage basisdosering van 0.15 l Revus per ha. Hierdoor kon geen betrouwbaar percentage middelreductie worden berekend. Bespuitingen 4, 5 en 6 werden met een correcte basisdosering uitgevoerd (Tabel 12).

Tabel 12 Gemiddelde fungicidedosering (Revus) op basis van biomassa-index (WDVI) voor variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (vaste uniforme dosering) op de verschillende data van bespuiten.

Datum	Waarschuwing	Gewas	Dosering		Middelreductie
	DSS		WDVI	Vast	
3-juni	n.v.t.		0.5	0.15*	-
10-juni	n.v.t.		0.6	0.15*	-
17-juni	n.v.t.		0.6	0.15*	-
24-juni	n.v.t.		0.6	0.46	23%
1-juli	n.v.t.		0.6	0.5	17%
Average			0.58	0.28	

* Als gevolg van een softwarefout zijn bespuitingen 1 t/m 3 uitgevoerd met een te lage basisdosering van 0.15 l Revus per ha. Deze zijn buiten beschouwing gelaten bij berekening van middelreductie.

5.2.2 Biotoeets

Het effect van de onder-dosering bij de eerste drie VRA bespuitingen is duidelijk te zien in de resultaten van biotoeets 1 (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**3). Hier is sprake van een statistisch significant verschil tussen de beschermingsgraad van het gewas onder praktijkbehandeling en onder VRA. De oorzaak hiervoor ligt, zoals boven al genoemd, in een software fout. Na herstel van deze fout zijn bespuitingen 4 en 5 correct uitgevoerd. Ondanks een verschil in dosering van 0.1 – 0.2 l/ha tussen beide systemen leidt dit niet tot een statistisch significant verschil in beschermingsgraad in biotoeets 2.

Tabel 13. Resultaten biotoeets: gemiddelde aantasting (%) en sporulatie (0-2) per behandeling (vaste of variabele dosering) op blaadjes geplukt op 15 juni en 6 juli.

Biotoeets	Datum	Mate van bladnecrose (%)			Sporulatie (0 - 2)		
		Vast	VRA		Vast	VRA	
1	15 Juni	9.11	46.34		0.43	1.53	n.s.
2	6 Juli	0	0.3	n.s.	0	0	n.s.
Gemiddeld		4.6	23.3		0.21	0.77	

5.3 Conclusies

De resultaten in 2015 zijn in lijn met die van 2012/2013/2014, de praktische toepasbaarheid van VRA met contactfungicide is wederom aangetoond.

Uit de additionele CropScan metingen bleek dat er geen verschillen waren in gewasontwikkeling en bodembedekking tussen gangbare praktijk en VRA. Ook visueel zijn er geen verschillen geconstateerd tussen de beide behandelingen in het veld.

De biotoetsen tonen aan dat de onbedoelde VRA onder-dosering leidt tot significant verschil in de beschermingsgraad van het gewas tussen gangbaar en VRA. Bij het buiten beschouwing laten van de onder doseringen bleek uit de tweede biotoets dat er geen significante verschillen waren in het percentage necrose tussen VRA en standaard praktijk.

Er kon geen betrouwbaar percentage middelreductie worden berekend door onder-dosering in de eerste drie VRA bespuitingen

6. Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek laat zien dat er perspectief is voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen door gebruik te maken van een reeks nieuwe technologieën die recent beschikbaar gekomen zijn. Het gaat hier om (GNSS) plaatsbepalingstechnieken, sensoren voor meten van biomassa, ICT en toedieningstechniek.

De praktijkproeven laten zien dat voor toepassing een contactfungicide tegen *Phytophthora* variabel doseren op een schaalniveau van 10 – 30 m² praktisch haalbaar is. Het model dat gebruikt is om de biomassaparameters door te vertalen in doseringen is een eenvoudig lineair model $y = a \cdot x + b$, waarbij y de dosering is, x de sturingsparameter (biomassa) en a en b middelspecifieke parameters. Waarden voor de parameters a en b zijn afgeleid uit bestaande kennis en de validatie-experimenten.

Globaal gezien werd over de verschillende praktijkproeven (2012-2015) per bespuiting een middelreductie gerealiseerd variërend van 12 tot 49% (Tabel 14). De over-all reductie bedroeg 20%. Deze resultaten moeten als indicatief worden gezien vanwege zowel over- (2012) als onderdoseringen (2015) in de VRA behandelingen als gevolg van een storing in de software.

Tabel 14 Fungicidedosering (Revus) op basis van biomassa-index (WDVI) voor variabel doseren (VRA) en gangbare praktijk (vaste uniforme dosering) voor vijf bespuitingen per seizoen gemiddeld over de periode van 2012-2015.

Bespuiting	Warning	Gewas	Dosering		Middelreductie
	DSS	WDVI	Vast	VRA	
1 ^e bespuiting	N-HR	0.19	0.53	0.27	49%
2 ^e bespuiting	N-HR	0.30	0.61	0.50	19%
3 ^e bespuiting	N-HR	0.36	0.63	0.55	14%
4 ^e bespuiting	N-HR	0.38	0.60	0.53	12%
5 ^e bespuiting	N-HR	0.38	0.62	0.54	13%
Gemiddelde			0.60	0.48	20%

De biotoets bleek geschikt voor het bepalen van de mate van bescherming op de bladeren. Na de eerste bespuiting was de mate van aantasting gemiddeld over de jaren (2012-2015) relatief laag (Tabel 15). Bij de tweede biotoets, na de vijfde bespuiting, ontwikkelde zich over het algemeen weinig necrose, 0.1-0.2%. Gemiddeld over alle praktijkproeven was er geen significant verschil ($P \leq 0.05$) aantoonbaar tussen de mate van necrose bij VRA en standaard praktijk.

Tabel 15. Resultaten biotoets over de periode 2012-2015: mate van aantasting (%) na de tweede en vijfde bespuiting met vaste of variabele dosering.

Moment van bespuiten	Mate van necrose (%)		
	Vast	VRA	
Na de 2 ^e bespuiting	3.4	2.9	n.s.
Na de 5 ^e bespuiting	0.1	0.2	n.s.
Gemiddelde	1.7	1.6	

De dosis-response experimenten leverden relatief weinig onderbouwing aan de beslisregels. Dit was anders dan verwacht. Een eenduidige verklaring is niet gevonden. De biotoets in de

fungicideproef gaf wel bruikbare informatie bij de evaluatie van de beslisregels. Wel is het zo dat de doseringen achteraf gezien te hoog gekozen waren. De ervaringen met de praktijkproeven variabel doseren van de middelen waren positief.

Als naar alle bestaande middelen gekeken wordt, dan worden minimaal 11 groepen van middelen onderscheiden die een eenheid vormen qua aanpak in de ontwikkeling van beslisregels. Iedere groep van middelen bestaat uit enkele tot meer dan 20 actieve stoffen en een veelvoud aan geregistreerde producten. Er is dus nog veel werk aan de winkel om voor het gros van de middelen gevalideerde beslisregels te ontwikkelen. De praktijk vraagt hier om. Steeds meer telers hebben beschikking over spuittechniek en bodem- en/of gewaskaarten waarmee variabel gedoseerd kan worden.

VRA doseringstechnieken dragen bij aan het voorkomen van verdere resistentieontwikkeling tegen fungiciden vanwege:

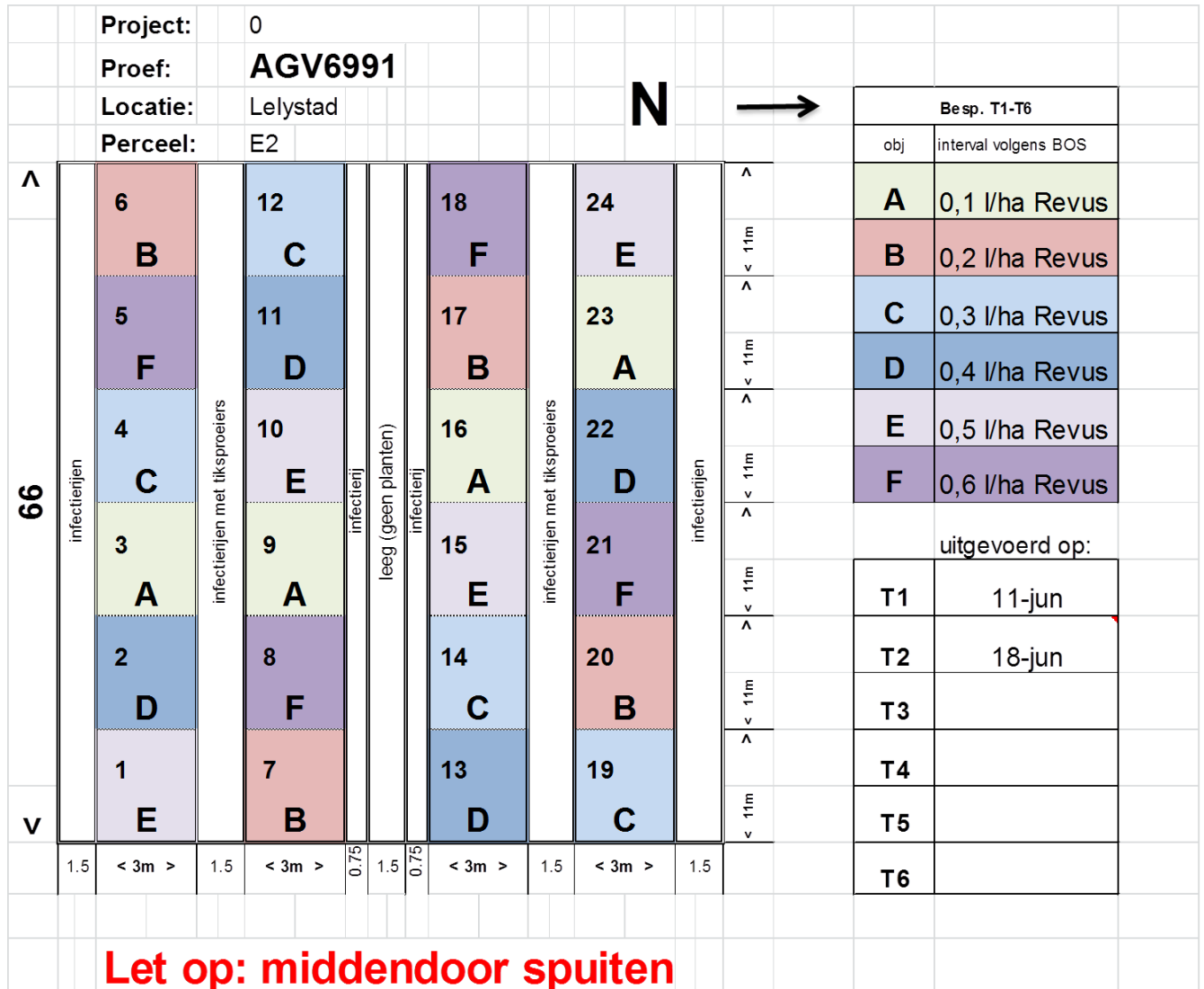
- VRA doseringsregels worden allen toegepast bij preventieve bespuitingen
- Bij het vaststellen van de dosering wordt rekening gehouden met de cultivar resistentie als ware het een equivalent van een preventief werkend fungicide.
- Door rekening te houden met de hoeveelheid biomassa wordt het toegediende volume aan fungicide lager. Uitgangspunt hierbij is dat de mate van bescherming gelijk moet zijn aan die bij toediening van een vaste 'standaard praktijk' dosering op een gevoelig gewas.

Literatuur

Kempenaar, C., Heiting, S., Kessel, G., et al., 2013: Modellen en beslisregels voor variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen op basis van variatie in bodem en gewas. Nota 496b. Wageningen UR – Plant Research International, PPL, Wageningen. Dit rapport staat op www.precisielandbouw.eu

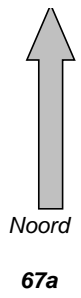
2014 Appendix I

Field lay out Lelystad 2014.



2014 Appendix II

18m				
150m	Ijkakker perceel			
190m	Praktijk 2	Praktijk 4	VRA Revus 6	VRA Revus 8
190m	VRA Revus 1	VRA Revus 3	Praktijk 5	Praktijk 7
12m				
60m	Kalibemesting zetmeelaardappelen Altic			
18m				



2013 Bijlage I Overzicht Objecten op kavel 64 aardappelgewas in 2013.

