

Loofresistentie tegen *P.infestans* in aardappel

Mogelijkheden voor de verlaging van de fungicidedoseringen

H.G. Spits¹, A. Evenhuis^{1,2} en P.J. van Bekkum²

¹: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Postbus 430, 8200 AK Lelystad

²: Plant Research International B.V., Postbus 16, 6700 AA Wageningen

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

In opdracht van:

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit en

Syngenta Crop Protection B.V.

Projectnummer: 3252012900

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING.....	5
2	MATERIAAL EN METHODEN.....	7
2.1	Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie.....	7
2.1.1	Keuze van de rassen.....	7
2.1.2	Fungicidendoseringen en toepassingen.....	7
2.1.3	Proefvelden.....	7
2.1.4	Inoculatie en samenstelling van inoculum.....	8
2.1.5	Waarnemingen.....	9
2.1.6	Statistische analyse.....	9
2.2	Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie.....	10
2.2.1	Keuze van de rassen.....	10
2.2.2	Proefvelden.....	11
2.2.3	Fungicidendoseringen en toepassingen.....	11
2.2.4	Inoculatie.....	11
2.2.5	Waarnemingen.....	11
2.2.6	Berekening.....	11
2.2.7	Statistische analyse.....	12
2.3	Resistentiecomponenten in relatie tot knolresistentie.....	12
2.3.1	Rassen- en isolatenkeus.....	12
2.3.2	Infectie efficiëntie.....	12
2.3.3	Cortex resistentie.....	12
2.3.4	Doorgroei resistentie.....	13
2.3.5	Statistische analyse.....	13
3	RESULTATEN.....	15
3.1	Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie.....	15
3.1.1	2002.....	15
3.1.2	2003.....	16
3.1.3	2004.....	17
3.1.4	Berekende adviesdosering per ras.....	18
3.2	Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie.....	19
3.2.1	2005.....	19
3.2.2	2006.....	20
3.2.3	Berekende adviesdosering per ras.....	21
3.3	Resistentiecomponenten voor knolinfectie.....	21
3.3.1	Infectie efficiëntie.....	21
3.3.2	Cortex resistentie.....	22
3.3.3	Lesiegroei.....	23
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIE.....	26
4.1	Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie.....	26
4.2	Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie en resistentiecomponenten.....	26
4.3	Conclusies.....	28

1 Inleiding

Verbetering van, voorkoming en bestrijding van de aardappelziekte, veroorzaakt door *Phytophthora infestans*, behoort tot de zwaartepunten in het huidige onderzoek naar ziekten en plagen in de landbouw. Om op korte termijn te komen tot een duurzame en effectieve beheersing van de aardappelziekte is het van groot belang om optimaal gebruik te maken van de reeds beschikbare instrumenten voor een integrale beheersingsstrategie. Het gebruik van resistente rassen behoort samen met chemische gewasbescherming tot de meest effectieve componenten van een dergelijke strategie, en het combineren van rasresistentie met verlaagde fungicide doseringen is momenteel een veelbelovende onderzoeksrichting. Voor de toepasbaarheid van een dergelijk concept is de beschikbaarheid van betrouwbare resistentiecijfers en kennis van de onderliggende resistentiecomponenten van groot belang. In het kader van DWK onderzoeksprogramma 397 en 427 (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) en het Masterplan Phytophthora (Hoofdproductschap Akkerbouw en LTO Nederland) werd hieraan gewerkt in een projectteam bestaande uit PPO-AGV en PRI.

Plant Research International heeft in de periode 2002 -2004 gewerkt aan de resistentiecomponenten van het loof bij diverse aardappelrassen. In 2005 en 2006 werd gewerkt aan resistentiecomponenten betreffende de knol. Kennis van de resistentiecomponenten van een bepaald ras geeft inzicht over de te verwachten epidemieontwikkeling bij dat ras, in afwezigheid van fungiciden bespuitingen. Mogelijk kan er een verband gelegd worden tussen de resistentie componenten en de potentiële verlaging van de fungicidendosering.

PPO-AGV heeft in de periode 2002-2004 veldproeven uitgevoerd waarin de relatie tussen het niveau van loofresistentie van rassen en de effectiviteit van verschillende fungicidendoseringen werd onderzocht.

In de periode 2005-2006 heeft het onderzoek van PPO-AGV zich gericht op de relatie tussen de mate van knolresistentie van verschillende rassen en de effectiviteit van verschillende fungicidendoseringen. Doel van het onderzoek was na te gaan in hoeverre de fungicidendosering verlaagd kon worden bij gebruik van verschillende aardappelrassen. Hierbij is gekeken naar mogelijkheden voor verlaging van de fungicide dosering in de loofgroefase en in de knolvullingsfase.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie

2.1.1 Keuze van de rassen

De lijst met rassen (Tabel 1) werd samengesteld op basis van areaalgegevens van de NAK, AVEBE en advies vanuit HPA en LTO. Uitgangspunt was om per specifieke teelt de belangrijkste of veelbelovende rassen te selecteren. Biogold werd geselecteerd omdat werd aangenomen dat deze raswaardige kloon behoort tot de nieuwe generatie rassen op basis van een nieuwe, veelbelovende resistentiebron. In 2004 is het zetmeelras Mercury (loof 9, vroegheid 4) vervangen door Aveka. Problemen met het pootgoed waren hier de oorzaak van.

Tabel 1. Lijst van 34 getoetste aardappelrassen met aanvullende gegevens over vroegrijpheid en loofresistentie op basis van rassenlijstcijfers (2007 of eerder) en andere bronnen.

Rascode	Ras	Vroegheid	Loofresistentie	Rascode	Ras	Vroegheid	Loofresistentie
1	Seresta	5	7	18	Mondial	4.5	4.5
2	Karnico	2.5	8	19	Bintje	6.5	3
3	Mercator	3	8	20	Agria	5	5.5
4	Karakter	4	6 (was 7) ¹	21	Asterix	5	5
5	Starga	3	5.5 (was 7)	22	Lady Rosetta	6.5	3
6	Aveka	5	7	23	Nicola	5.5	4.5
7	Kartel	3.5	8	24	Sante	6.5	4.5
8	Biogold	6	7 (was 8)	25	Santana	6	5 (was 4.5)
9	Innovator	7	8	26	Frieslander	7	3.5
10	Spunta	7	5	27	Remarka	5	6.5
11	Desiree	5.5	5	28	Ostara	8	3.5
12	Monalisa	7.5	4	29	Aziza	5	7.5
13	Kondor	6.5	4.5	30	Pimpernel	3.5	8
14	Diamant	5.5	6	31	Menco	4.5	9
15	Agata	6.5	4	32	Kantara	4	7
16	Felsina	7	3.5 (was 5.5)	33	Katinka	2.5	6.5
17	Premiere	8.5	2.5	34	Festien	3	8

¹: Tussen haakjes staat het resistentiecijfer zoals deze bij aanvang van het onderzoek in 2002 vastgesteld was.

2.1.2 Fungicidendoseringen en toepassingen

Er zijn 6 doseringen van het middel Shirlan (fluazinam 500 g/L) opgenomen namelijk 100%, 80%, 60%, 40%, 20% en 0% van de etiketdosering (0,4 L/ha). Het tijdstip van spuiten is aangeven door het adviesprogramma Plant-Plus van Dacom PLANT-Service B.V. met uitzondering van de eerste drie bespuitingen. Deze zijn uitgevoerd op basis van "kalenderspuiten" omdat deze uitgevoerd moesten zijn vòòrdat inoculatie met *P. infestans* plaatsvond.

2.1.3 Proefvelden

De proeven zijn aangelegd als een split-plotproef met 3 herhalingen, waarbij in iedere doseringsstrook alle 30 rassen zijn geloot (Figuur 1). Infectiestroken (2 rijen cv. Nicola) zijn zo gelegen dat ieder veldje grenst aan een infectiestrook. De veldjes hadden een afmeting van 4,5 bij 4,5 meter. De proefvelden zijn handmatig gepoot op 13/14mei 2002, 27/28mei 2003 en 2/3 mei 2004. Bemesting, onkruid- en plaagbestrijding zijn volgens "praktijk" uitgevoerd. De proefvelden werden omgeven door een maïstrook.



Figuur 1. Overzichtsfoto van het proefveld met 30 aardappelrassen (2004). De proef is zo aangelegd dat veldjes met verschillende rassen die in dezelfde baan liggen met dezelfde dosering Shirlan zijn gespoten.

2.1.4 Inoculatie en samenstelling van inoculum

De infectierijen van het proefvelden zijn geïnoculeerd met een mengsel van 15 isolaten op de avond van 26 juni 2002, 3, 10 en 17 juli 2003 en 22 juni en 1 juli 2004. De inoculatie op 3 en 10 juli 2003 en 22 juni 2004 leidden niet tot infectie. Daarom werd er een derde en een tweede inoculatie uitgevoerd. Deze inoculaties sloegen wel aan.

Het mengsel werd willekeurig samengesteld uit de isolatencollectie van PRI, met als randvoorwaarde dat de isolaten in het jaar 2000 in Nederland verzameld moesten zijn (Tabel 2). Het mengsel kan worden beschouwd als een representatieve selectie van de Nederlandse *P. infestans* populatie.

Tabel 2. Herkomst van het mengsel van 15 *P. infestans* isolaten gebruikt als inoculum in de veldproeven in Lelystad.

inoculum	isolaat	verzameljaar	locatie	provincie
Mengsel	1	2000	Buinerveen 1	Drenthe
Mengsel	2	2000	Buinerveen 2	Drenthe
Mengsel	3	2000	Exloërveen	Drenthe
Mengsel	4	2000	Nieuwediep	Drenthe
Mengsel	5	2000	Kammerland 2	Zeeland
Mengsel	6	2000	Kammerland 3	Zeeland
Mengsel	7	2000	Kammerland 4	Zeeland
Mengsel	8	2000	Olland	Noord Brabant
Mengsel	9	2000	Haps	Noord Brabant
Mengsel	10	2000	Veghel	Noord Brabant
Mengsel	11	2000	St. Oedenrode	Noord Brabant
Mengsel	12	2000	Dinteloord	Noord Brabant
Mengsel	13	2000	Ysselsteijn	Limburg
Mengsel	14	2000	Kammerland 1	Zeeland
Mengsel	15	2000	Gasselternijveenschemond	Drenthe

2.1.5 Waarnemingen

Waarnemingen zijn twee maal per week uitgevoerd. Bij de eerste twee waarnemingen zijn het aantal aangetaste blaadjes geteld. Het aantal aangetaste blaadjes is vervolgens getransformeerd naar het percentage aangetast blad. Bij de resterende waarnemingen is, afhankelijk van de mate van aantasting, het aantal aangetaste blaadjes geteld of het percentage loofaantasting per veldje geschat.

2.1.6 Statistische analyse

Op basis de percentages loofaantasting in de veldproeven is per veldje de stAUDPC (standaard Area Under the Disease Progress Curve) berekend. Deze AUDPC is een relatieve maat voor de aantasting gedurende de epidemie. Naarmate dit getal hoger wordt, is de epidemie ernstiger geweest. In 2003 is de aantasting na 25 (AANTAST25) dagen berekend, omdat de mate van loofaantasting in dat jaar zeer laag was, waardoor dit een betere maat voor de rasverschillen was dan de stAUDPC. De stAUDPC en AANTAST25 zijn verwerkt middels een variantie-analyse.

Per ras zijn exponentiële curves gefit voor de DELAY, stAUDPC en AANTAST25 tegen de dosering Shirlan. Vervolgens zijn de parameters per ras gebruikt om voor elk ras afzonderlijk een dosering Shirlan te berekenen die overeen kwam met het niveau van aantasting gevonden in de referentie Bintje gespoten met een dosering van 0.4 L ha^{-1} . Daarnaast werd ook een dosering per ras berekend waarbij een aantasting verwacht mag worden vergelijkbaar met Bintje gespoten met 0.3 L ha^{-1} . Uit de berekende dosering per ras is een advies dosering voor elk ras afzonderlijk vastgesteld. De adviesdosering voor loof geldt voor de eerste seizoenhelft.

De analyses zijn uitgevoerd met Genstat 8.1

2.2 Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie

In de jaren 2002-2004 is er onderzoek verricht naar de relatie van een aangepaste fungicidedosering en loofresistentie. Echter, het is ook van belang om te weten wat de invloed is van het spuiten met aangepast fungicide dosering op de mate van knolbescherming. Uiteindelijk gaat het er ook om dat de knollen beschermd worden. In de jaren 2005-2006 zijn 2 proeven uitgevoerd om meer inzicht te verkrijgen in het effect van het spuiten met een aangepast fungicide dosering op de mate van knolbescherming.

2.2.1 Keuze van de rassen

Uit de lijst met rassen (Tabel 1) werd een selectie gemaakt op basis van loof- en knolresistentie. Uitgangspunt was om per loof- en knolresistentie klasse een (representatief) ras te kiezen (Figuur 2). De gekozen rassen staan ook weergegeven in dit figuur. In twee van de zestien klassen is geen ras opgenomen omdat er geen rassen uit tabel 1 zijn die aan deze criteria voldoen. De 14 gekozen rassen en hun resistentie cijfers zijn weergegeven in Tabel 3.

		loof resistentiecijfer			
		3 - 4	4.5 - 5.5	6 - 7.5	8 - 9
knol resistentiecijfer	4 - 5	Bintje	Starga		
	5.5 - 6.5	Felsina	Mondial	Karakter	
	6.5 - 7			Kantara	Kartel
	7 - 8		Agria		Menco
	8 - 8.5	Ostara		Seresta	
8.5 - 9		Asterix		Remarka	Festien

Figuur 2. Indeling van de aardappelrassen in loof- en knolresistentie klassen.

Tabel 3. Lijst van 14 getoetste aardappelrassen en hun loof en knolresistentiecijfer op basis van rassenlijst en andere bronnen.

ras	resistentiecijfer	
	loof	knol
Bintje	3	4.5
Mondial	4.5	6
Asterix	5	8.5
Agria	5.5	7.5
Felsina	3.5	5.5
Karakter	6	5
Kantara	7	6
Seresta	7	8
Remarka	6.5	9
Kartel	8	6.5
Ostara	3.5	8
Starga	5.5	4.5
Menco	9	7.5
Festien	8	9

2.2.2 Proefvelden

De proeven zijn aangelegd als een split-plotproef met 3 herhalingen, waarbij in iedere doseringsstrook alle 14 rassen zijn geloot. Infectiestroken (2 rijen cv. Nicola) zijn zo gelegen dat ieder veldje grenst aan een infectiestrook. De veldjes hadden een afmeting van 4,5 bij 4,5 meter. De proefvelden zijn relatief laat gepoot op 25 mei 2005 en 6 juni 2006. Dit om bij de vroege rassen (o.a. Felsina, Ostara en Bintje) aan het einde van het groeiseizoen nog groen loof te hebben. Bemesting, onkruid- en plaagbestrijding zijn volgens "praktijk" uitgevoerd.

2.2.3 Fungicidendoseringen en toepassingen

Er zijn 6 doseringen van het middel Shirlan (fluazinam 500g/L) opgenomen namelijk 100%, 80%, 60%, 40%, 20% en 0% van de etiketdosering (0,4 L ha⁻¹). Er is begonnen met deze bespuitingen begin augustus. Voorafgaand aan deze bespuitingen is het gewas vrij gehouden van aantasting door de spuiten met een fungicide zonder knolbescherming (Curzate M, cymoxanil 4,5% + mancozeb 68%; 2,5 kg ha⁻¹).

Alvorens de bespuitingen met de doseringen is begonnen is er twee weken niet gespoten. De spuitintervallen varieerden van 4-8 dagen.

2.2.4 Inoculatie

De infectierijen van het proefveld zijn op de avond van 25 juli 2005 and 2 augustus 2006 geïnoculeerd met een mengsel van 15 isolaten (Tabel 2).

2.2.5 Waarnemingen

Op 10, 12, 15 en 18 augustus 2005 en op 10, 14, 17, 21, 24 en 29 augustus en 1, 4 en 8 september 2006 is het percentage aangetast loof bepaald. Op 12 september 2005 en 2 oktober 2006 zijn tijdens de oogst (9 m²) het aantal aangetaste knollen bepaald en verwijderd uit het oogstmonster. Na opslag van 4 weken is op 14 oktober 2005 en 31 oktober 2006 is van het resterende oogstmonster het aantal rotte knollen bepaald.

2.2.6 Berekening

Vlak na de laatste bespuiting is het hele proefveld kunstmatig beregend met 20 (2005) en 10 (2006) mm om de aanwezige sporen naar de knollen te spoelen.



Figuur 3. Kunstmatige beregening van het proefveld om de sporen naar de knollen te spoelen.

2.2.7 Statistische analyse

Variantie analyse (ANOVA) is gebruikt om significante verschillen in de mate van knolaantasting tussen rassen en over *P. infestans* isolaten te berekenen.

Per ras zijn dubbel-exponentiële curves gefit voor de mate van knolaantasting tegen de dosering Shirlan. Vervolgens werd per ras een dosering Shirlan berekend die overeen kwam met het niveau van aantasting gevonden in het referentieras Bintje gespoten met een dosering van 0.4 L ha^{-1} in 2006. In 2005 was de mate van knolaantasting voor Bintje bij een dosering van 0.4 L ha^{-1} dusdanig hoog dat er een drempelwaarde gesteld is van 4% knolaantasting. Vervolgens werden op basis van de analyses de rassen ingedeeld in klassen, die de mogelijkheid tot verlaging van de dosering weergeven.

De analyses zijn uitgevoerd met Genstat 8.1

2.3 Resistentiecomponenten in relatie tot knolresistentie

2.3.1 Rassen- en isolatenkeus

In 2005 werd gewerkt met 6 rassen. In 2006 werd gewerkt met dezelfde 14 rassen als in de veldproef in Lelystad, aangevuld met het ras Monalisa.

In 2005 werden de rassen geïnoculeerd met IPOcomplex, IPO-428-2, IPO-98014 en een mengsel van 15 isolaten verzameld in 2000. In 2006 werd getoetst met 3 isolaten, IPOcomplex werd buiten beschouwing gelaten.

2.3.2 Infectie efficiëntie

Per herhaling werden ongeveer 100 knollen in een plastic krat gedaan. De proeven werden uitgevoerd in 3 of 4 herhalingen. Inoculatie van de knollen vond plaats met verschillende isolaten. De knollen werden met het navel eind naar onderen gezet. Onderin de krat werd vochtig filterpapier gelegd. De knollen werden geïnoculeerd door een druppel met 200 sporangia van *P. infestans* op een oog te leggen. Vervolgens werd de krat in een plastic zak gestopt. De kratten werden drie weken geïncubeerd bij 15 °C . Na 3 weken werd de mate van aantasting per ras per isolaat bepaald. De mate van aantasting werd gecorrigeerd voor eventuele natuurlijke aantasting in de onbehandelde controle.

2.3.3 Cortex resistentie

Per herhaling werden 35 knollen in een plastic krat gedaan. De proeven werden uitgevoerd in 3 of 4 herhalingen. Inoculatie

van de knollen vond plaats met verschillende isolaten. De knollen werden licht beschadigd met een pin. De beschadiging was oppervlakkig, zodat de vaatbundels niet werden geraakt. De knollen werden geïnoculeerd door een druppel met 200 sporangiën van *P. infestans* in de beschadiging te pipeteren. Onderin de krat werd vochtig filtreerpapier gelegd. Vervolgens werd de kratten in een plastic zak gestopt. De kratten werden twee weken geïncubeerd bij 15 °C. Na 2 weken werd de mate van aantasting per ras per isolaat bepaald. Hiertoe werden de knollen longitudinaal doorgesneden, waarbij ervoor gezorgd werd dat de snede door de beschadiging werd gemaakt. Vervolgens werd de mate van aantasting bepaald door het % necrotisch weefsel te schatten. Daarnaast werd de infectie ingedeeld in 4 klassen, waaruit een index werd berekend.

0: *P. infestans* heeft de knol niet geïnfecteerd.

1: Lokale of beperkte lesie.

2: Spreidende lesie die niet voorbij de vaatbundelring kwam.

3: Spreidende lesie waarbij de aantasting wel voorbij de vaatbundelring kwam en in meer of mindere mate het vlees koloniseerde.

2.3.4 Doorgroei resistentie

Per herhaling werden 10 aardappelschijfjes gesneden. Deze werden in een Petrischaal geplaatst. Vervolgens werd een druppel inoculum (200 sporangiën) op de schijfjes gepipeteerd. De schalen werden afgesloten en in het donker bij 15 °C geïncubeerd. Nadat de symptomen zichtbaar werden, werd dagelijks de lesiediameter gemeten. Hieruit werd de groeisnelheid berekend.

2.3.5 Statistische analyse

Variatie analyse (ANOVA; Genstat 8.1) werd gebruikt om de gegevens te analyseren.

3 Resultaten

3.1 Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie

In onderstaande paragrafen wordt de berekende loofaantasting op dag 25 van de epidemie weergegeven. In 2003 werd er nagenoeg geen aantasting waargenomen. Daarom wordt voor dit jaar niet de berekende loofaantasting maar de aantasting van de laatste waarneming weergegeven.

3.1.1 2002

In Tabel 4 is de berekende loofaantasting weergegeven per ras en dosering Shirlan. Opmerkelijk is dat de gemiddelde aantasting per dosering bij de hoogste vier doseringen nauwelijks verschillen. Wanneer er $0,08 \text{ L ha}^{-1}$ wordt gespoten neemt de aantasting significant toe in vergelijking met de hogere doseringen. Verder is het verband tussen het resistentiecijfer en de gemiddelde aantasting per ras erg laag. Het verschil in niveau van resistentie in rassen wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 4.



Figuur 4. Aantasting van het onbespoten loof bij het ras Biogold (links) en Agria (rechts) in 2002.

Tabel 4. Berekende aantasting (stAUDPC25) op dag 25 van de epidemie per ras en dosering Shirlan (L ha^{-1}) in 2002.

ras	dosering resistentie	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	gemiddeld ras
Seresta	7	7,6	4,7	2,0	1,1	0,6	1,4	2,9
Karnico	8	16,9	3,9	1,0	2,3	1,0	1,5	4,4
Mercator	8	8,2	1,4	1,1	1,5	3,6	1,6	2,9
Karakter	7	19,5	4,4	2,1	3,1	1,5	1,3	5,3
Starga	5,5	19,3	11,2	4,2	4,4	1,6	4,0	7,4
Mercury	9	8,1	0,5	0,2	1,0	0	0,6	1,7
Kartel	8	3,5	2,2	0,4	0,2	0	0,0	1,0
Biogold	8	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0	0,0
Innovator	8	6,3	1,2	1,3	0,5	0,4	0,1	1,6
Spunta	5	9,2	3,5	2,6	2,4	3,2	2,0	3,8
Desiree	5	18,5	3,8	2,6	4,2	2,2	3,6	5,8
Monalisa	4	17,8	2,3	1,6	6,9	1,9	4,1	5,7
Kondor	4,5	14,1	2,0	1,8	0,8	0,4	1,6	3,5
Diamant	6	10,6	1,6	1,1	1,8	0,0	0,5	2,6
Agata	4	22,8	11,8	1,2	7,1	2,7	1,6	7,8
Felsina	3,5	16,1	7,6	2,7	2,2	1,7	1,8	5,3
Premiere	2,5	22,1	7,4	1,5	3,6	1,4	0,3	6,0
Mondial	4,5	17,5	10,5	3,2	9,4	2,6	5,5	8,1
Binthe	3	25,5	16,1	2,9	7,5	5,3	7,0	10,7
Agria	5,5	19,0	8,7	1,2	1,2	1,8	1,7	5,6
Asterix	5	12,9	6,3	2,6	3,3	5,6	2,3	5,5
Lady Rosetta	3	9,2	10,7	2,7	5,2	3,8	1,1	5,4
Nicola	4,5	16,2	12,8	6,0	5,4	10,8	6,4	9,6
Sante	4,5	9,5	3,6	0,9	1,1	1,1	1,1	2,9
Santana	4,5	8,9	4,9	1,0	0,9	1,0	1,4	3,0
Frieslander	3,5	21,8	10,5	5,9	2,9	3,0	2,6	7,8
Remarka	6,5	17,0	1,7	1,7	3,8	2,7	2,5	4,9
Ostara	3,5	8,8	3,4	1,4	1,3	1,6	1,3	3,0
Aziza	7,5	5,2	0,8	0,3	1,7	0,2	1,3	1,6
Pimpernel	8	15,3	1,6	1,0	1,5	4,0	2,0	4,2
LSD					6,2			2,5
F.prob. (0,05)					0,003			<0,001
Gemiddeld dosering		13,6	5,4	1,9	2,9	2,2	2,0	
LSD					1,9			
F.prob. (0,05)					<0,001			

3.1.2 2003

De ziektedruk gedurende de proefperiode in 2003 was erg laag. De weersomstandigheden waren hier de oorzaak van. In de

zomer van 2003 was het warm en droog. In de meeste rassen ontstond geen aantasting (Tabel 5). Alleen bij onbehandeld en de laagste dosering (0,08 L ha⁻¹) ontstond aan het einde van het seizoen (enige) aantasting.

Tabel 5. Berekende loofaantasting (percentage) per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) op 22 augustus 2003.

ras	dosering resistentie	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	gemiddeld ras
Seresta	7	5,87	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	1,0
Karnico	8	11,33	0,70	0,07	0,01	0,04	0,07	2,0
Mercator	8	16,70	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	2,8
Karakter	7	53,33	1,33	0,40	0,07	0,01	0,37	9,3
Starga	5,5	38,33	0,37	0,01	0,04	0,01	0,04	6,5
Mercury	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Kartel	8	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Biogold	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Innovator	8	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1
Spunta	5	65,00	3,70	0,10	0,20	0,53	0,10	11,6
Desiree	5	35,00	1,73	0,07	0,00	0,03	0,04	6,1
Monalisa	4	92,50	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	15,4
Kondor	4,5	61,67	0,40	0,04	0,00	0,00	0,20	10,4
Diamant	6	23,33	0,37	0,01	0,00	0,00	0,00	4,0
Agata	4	100,00	0,58	0,01	0,00	0,00	0,00	16,8
Felsina	3,5	78,33	1,73	0,00	0,00	0,04	0,03	13,4
Premiere	2,5	62,50	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	13,2
Mondial	4,5	68,33	1,20	0,34	0,07	0,17	0,04	11,7
Bintje	3	68,33	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	11,7
Agria	5,5	31,67	0,40	0,07	0,04	0,03	0,04	5,4
Asterix	5	70,00	1,20	1,00	0,04	0,07	0,67	12,2
Lady Rosetta	3	81,67	20,03	0,20	0,17	0,04	0,87	17,2
Nicola	4,5	20,83	0,23	0,03	0,04	0,01	0,17	3,6
Sante	4,5	60,00	0,53	0,40	0,07	0,04	0,00	10,2
Santana	4,5	40,00	1,00	0,07	0,00	0,00	0,04	6,9
Frieslander	3,5	99,17	1,23	0,00	0,03	0,00	0,00	16,7
Remarka	6,5	25,00	1,17	0,10	0,07	0,04	0,07	4,4
Ostara	3,5	89,17	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	15,0
Aziza	7,5	3,67	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,6
Pimpernel	8	0,40	0,04	0,01	0,00	0,00	0,04	0,1
LSD					12,92			5,5
F.prob. (0,05)					<0,001			<0,001
Gemiddeld dosering		43,42	1,91	0,10	0,03	0,04	0,09	
LSD					2,34			
F.prob. (0,05)					<0,001			

3.1.3 2004

In Tabel 6 is de berekende loofaantasting weergegeven per ras en dosering Shirlan. Opmerkelijk is dat de gemiddelde aantasting per dosering bij de hoogste drie doseringen nauwelijks verschillen (in 2002 was dit bij de hoogste vier). Wanneer

er 0,16 of 0,08 L ha⁻¹ wordt gespoten neem de aantasting per dosering significant toe in vergelijking met de hogere doseringen. Het verband tussen het resistentiecijfer en de gemiddelde aantasting per ras was laag, maar wel beter dan in 2002. Opmerkelijk is dat het ras Biogold een relatief hoge aantasting heeft ten opzichte van de aantasting 2002 en nu vergelijkbaar is met enkele andere rassen met een hoog resistentiecijfer.

Tabel 6. Berekende aantasting (stAUDPC25) op dag 25 van de epidemie per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) in 2004.

ras	dosering resistentie	0	0,08	0,16	0,24	0,32	0,4	gemiddeld ras
Seresta	7	26,2	2,5	1,8	1,0	0,7	0,7	5,5
Karnico	8	24,7	6,2	2,6	1,2	1,1	1,4	6,2
Mercator	8	26,2	2,2	1,5	0,9	0,5	0,7	5,3
Karakter	7	32,3	10,8	6,1	2,2	1,2	1,6	9,0
Starga	5,5	29,4	6,0	3,6	1,3	0,5	0,9	7,0
Aveka	7	26,6	2,7	1,3	0,4	1,0	0,9	5,5
Kartel	8	23,6	0,6	0,3	0	0,2	0,0	4,0
Biogold	8	21,5	0,6	0,1	0	0,4	0	3,6
Innovator	8	30,3	3,1	0,7	0	0,3	0,2	5,6
Spunta	5	35,5	12,0	7,2	2,9	2,5	1,6	10,3
Desiree	5	34,6	10,7	5,0	1,5	1,1	2,2	9,2
Monalisa	4	39,2	17,5	5,1	1,6	1,0	1,1	10,9
Kondor	4,5	28,9	4,8	1,5	0,8	0,3	0,7	6,2
Diamant	6	28,0	6,0	1,5	1,1	0,5	1,9	6,5
Agata	4	49,3	22,7	7,8	7,0	1,2	0,6	14,8
Felsina	3,5	39,3	12,1	1,2	1,2	0,5	1,1	9,2
Premiere	2,5	39,0	13,8	3,9	0,7	0,3	0,6	9,7
Mondial	4,5	40,6	16,5	11,0	4,5	2,5	3,2	13,0
Bintje	3	45,9	15,2	5,1	3,0	1,2	0,9	11,9
Agria	5,5	29,2	4,4	3,3	1,0	0,5	1,2	6,6
Asterix	5	32,8	12,8	6,8	1,9	1,1	1,3	9,5
Lady Rosetta	3	42,7	15,1	7,3	2,5	1,8	2,1	11,9
Nicola	4,5	35,4	9,8	6,4	3,0	1,9	1,5	9,7
Sante	4,5	28,8	7,1	2,9	1,2	1,3	1,5	7,1
Santana	4,5	33,7	13,1	5,3	1,9	1,8	2,1	9,7
Frieslander	3,5	51,5	29,4	16,4	4,9	2,6	1,4	17,7
Remarka	6,5	26,6	6,3	3,4	1,7	1,5	0,9	6,7
Ostara	3,5	40,0	12,5	5,1	1,3	1,7	0,5	10,2
Aziza	7,5	23,4	1,9	0,5	0,3	0,2	0,4	4,4
Pimpernel	8	32,9	4,9	1,0	0,8	0,4	0,5	6,8
Menco	9	18,2	0,6	0,2	0	0,1	0,2	3,1
Kantara	7	15,5	1,5	0,4	0,7	0,1	0,2	3,1
Katinka	6,5	30,6	5,4	2,5	1,6	1,8	1,4	7,2
Festien	8	18,5	1,3	0,2	0,5	0,3	0,2	3,5
LSD					3,9			1,5
F.prob. (0,05)					<,001			<,001
Gemiddeld dosering		31,8	8,6	3,8	1,5	1,0	1,0	
LSD					1,7			
F.prob. (0,05)					<,001			

3.1.4 Berekende adviesdosering per ras

Op basis van de resultaten van proeven in 2002 en 2004 zijn de adviesdoseringen per ras berekend zoals deze zouden gelden bij omstandigheden zoals deze gedurende de proeven heersten (hoge ziektedruk in de loofgroeifase). Deze berekende adviesdoseringen staan weergegeven in Tabel 7. In het algemeen kan men stellen dat de rassen met een hoog resistentiecijfer in Klasse 1 staan en met een laag resistentiecijfer in klasse 4. Rassen die hier enigszins vanaf wijken zijn

Kantara (7) in klasse 1, Kondor (4,5) in klasse 2 en het ras Karakter (7) in klasse 3. De rassen Kantara en Kondor hebben een relatief laag resistentiecijfer in vergelijking met de klasse waarin ze zijn ingedeeld. Het ras Karakter heeft relatief een hoog resistentiecijfer in vergelijking met de klasse waarin ze is ingedeeld. Het verschil in mogelijkheid tot het verlagen van de dosering bij rassen met een verschillend resistentie niveau wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 5.

Tabel 7. Indeling van de aardappelrassen naar de berekende adviesdosering Shirlan (L ha⁻¹) voor bescherming van het loof in de loofgroeifase.

Klasse 1: 0,1	Klasse 2: 0,2 ¹	Klasse 3: 0,3 ¹	Klasse 4: 0,4 ¹
Aziza (7,5) ³	Diamant (6)	Felsina (3,5)	Agata (4)
Biogold (8)	Kondor (4,5)	Agria (5,5)	Asterix (5)
Festien ² (8)	Karnico (8)	Karakter (7)	Binthe (3)
Innovator (8)	Katinka ² (6,5)	Sante (4,5)	Frieslander (3,5)
Kantara ² (7) ⁴	Seresta (7)	Premiere (2,5)	Monalisa (4)
Kartel (8)	Aveka ² (7)	Santana (4,5)	Mondial (4,5)
Menco ² (9)	Pimpernel (8)	Starga (5,5)	Nicola (4,5)
Mercator (8)		Ostara (3,5)	Spunta (5)
Mercury ² (9)		Remarka (6,5)	Lady Rosetta (3)
			Derisee (5)

¹) Bij een lage ziektedruk kan de dosering verlaagd worden met maximaal 0,1 L ha⁻¹

²) Resultaten op basis van 1 jaar onderzoek.

³) Tussen haakjes het resistentiecijfer voor het loof.



Figuur 5. Aantasting van bespoten loof (Shirlan, 0,08 L ha⁻¹) bij het ras Kantara met resistentiecijfer 7 (links) en Frieslander met resistentiecijfer 3,5 (rechts) in 2004.

3.2 Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie

3.2.1 2005

In 2005 waren de omstandigheden voor uitbreiding van *P. infestans* gedurende de proefperiode zeer gunstig. Eind juli en in de eerste helft van augustus viel veel neerslag (bijlage 1). Door deze weersomstandigheden kon er niet op tijd gespoten worden en ontstond er in het begin een spuitinterval van 7 dagen hetgeen onder de heersende omstandigheden te lang was. Daardoor ontwikkelde de epidemie zich zeer snel en werden hoge percentages loofaantastingen waargenomen ondanks de latere spuitintervallen van 5 dagen (bijlage 2). Het onderscheid tussen de doseringen was niet groot. Dit is ook zichtbaar in de hoeveelheid knolaantasting (Tabel 8). De gemiddelde aantasting per dosering is bij de drie hoogste doseringen nagenoeg gelijk. Bij de twee laagste doseringen neemt de aantasting toe, maar de toename is niet altijd significant. Verschillen tussen de rassen zijn duidelijk zichtbaar.

Tabel 8. Berekende knolaantasting (percentage) per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) in 2005.

ras	resistentie ¹		dosering Shirlan (L ha ⁻¹)						gem. ras
	loof	knol	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	
Bintje	3	4,5	48,9	39,7	34,4	30,3	30,8	29,7	35,6
Mondial	4,5	6	7,0	8,1	8,6	6,3	6,0	4,5	6,7
Asterix	5	8,5	2,1	1,4	0,9	0,6	0,6	0,8	1,1
Agria	5,5	7,5	3,4	3,6	2,4	0,6	1,2	2,5	2,3
Felsina	3,5	5,5	27,7	20,8	21,0	13,9	9,5	14,0	17,8
Karakter	6	5	13,7	15,7	14,8	11,1	8,3	10,0	12,3
Kantara	7	6	26,8	17,5	7,7	9,4	5,9	11,4	13,1
Seresta	7	8	4,3	3,2	1,4	1,8	2,6	2,8	2,7
Remarka	6,5	9	2,8	3,2	1,3	1,3	0,9	1,9	1,9
Kartel	8	6,5	2,3	2,0	1,5	1,5	1,2	1,5	1,7
Ostara	4	8	15,2	14,6	9,4	6,2	5,2	4,8	9,2
Starga	5,5	4,5	13,3	16,8	14,0	12,5	8,3	7,7	12,1
Menco	9	7,5	5,5	3,7	2,3	0,8	1,0	1,6	2,5
Festien	8	9	3,6	4,3	1,6	0,4	0,8	1,7	2,1
LSD					6,3				2,3
F-prob. (0.05)					<0,001				<0,001
gemiddeld dosering			12,6	11,1	9,7	6,9	5,9	6,8	
LSD					3,6				
F-prob. (0.05)					0,010				

¹) volgens de Nederlandse rassenlijst.

3.2.2 2006

In 2006 waren de omstandigheden voor uitbreiding van *P. infestans* gedurende de proefperiode minder gunstig als in 2005, maar de epidemie ontwikkelde zich goed. Evenals in 2005 waren de verschillen in gemiddelde loofaantasting bij de hoogste drie doseringen Shirlan klein. Bij een dosering van 0,16 L ha⁻¹ of lager nam de loofaantasting sterk toe (bijlage 1). De hoeveelheid knolaantasting is weergegeven in Tabel 9. Naarmate de dosering afneemt, neemt de knolaantasting toe. Echter, de verschillen zijn meestal niet significant.

Tabel 9. Berekende knolaantasting (percentage) per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) in 2006.

ras	resistentie ¹		dosering Shirlan (L ha ⁻¹)						gem. ras
	loof	knol	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	
Bintje	3	4,5	4,2	18,7	9,0	6,6	5,5	2,4	7,7
Mondial	4,5	6	3,0	4,3	4,7	2,5	4,0	1,0	3,3
Asterix	5	8,5	0,3	0,9	0,7	0,5	0,2	0,1	0,5
Agria	5,5	7,5	1,4	1,8	2,6	0,5	2,6	1,1	1,7
Felsina	3,5	5,5	10,9	15,9	9,6	1,7	2,5	1,6	7,0
Karakter	6	5	5,6	2,9	2,4	2,4	1,9	1,1	2,7

Kantara	7	6	4,1	2,4	0,8	0,7	0,5	0,5	1,5
Seresta	7	8	1,8	1,3	0,6	1,2	0,9	0,5	1,0
Remarka	6,5	9	3,0	3,5	1,9	2,2	2,1	1,9	2,4
Kartel	8	6,5	1,5	1,2	0,0	0,9	0,4	0,0	0,7
Ostara	4	8	7,8	11,2	3,4	1,9	1,6	0,6	4,4
Starga	5,5	4,5	4,3	13,5	11,0	10,4	2,9	2,1	7,4
Menco	9	7,5	1,5	2,2	0,6	1,2	1,0	0,3	1,1
Festien	8	9	1,1	0,6	1,0	0,8	0,3	0,1	0,6
LSD			4,4						1,6
F-prob. (0.05)			<0,001						<0,001
gemiddeld dosering			3,6	5,7	3,4	2,4	1,9	1,0	
LSD			2,5						
F-prob. (0.05)			0,019						

1) volgens de Nederlandse rassenlijst.

3.2.3 Berekende adviesdosering per ras

De resultaten van de beschreven proeven zijn gebruikt om een adviesdosering per ras te berekenen voor de voor de bescherming van het loof in de knolgroeifase.

Bij een aantal rassen is verlaging van de dosering mogelijk tijdens de loofgroei fase (Tabel 7). Voor een aantal van deze rassen is eenzelfde reductie van de dosering mogelijk tijdens de knolgroei fase (Tabel 10). Echter, voor rassen die vrij gevoelig zijn voor aantasting van de knol is een verlaging van de dosering in de knolgroei fase niet of beperkt mogelijk. Er zijn enkele rassen waarbij in de loofgroeifase een (beperkte) doseringsverlaging mogelijk is, maar waarbij dat in de knolgroeifase niet mogelijk is. Het gaat hierbij om de rassen Felsina, Kantara, Karakter, Ostara en Starga. Bij deze rassen geeft een verlaging van de dosering tijdens de knolgroeifase een te hoog risico op knolaantasting bij hoge ziektedruk.

Tabel 10. Indeling van de aardappelrassen naar de berekende adviesdosering Shirlan (L ha⁻¹) voor bescherming van het loof in de knolgroeifase.

Klasse 1: 0,1	Klasse 2: 0,2 ¹	Klasse 3: 0,3 ¹	Klasse 4: 0,4 ¹
Festien (8 / 9) ²	Seresta (7 / 8)	Agria (5,5 / 7,5)	Asterix (5 / 8,5)
Kartel (8, / 6,5)		Remarka (6,5 / 9)	Bintje (3 / 4,5)
Menco (9 / 7,5)			Mondial (4,5 / 6)
			Felsina (3,5 / 5,5) ³
			Kantara (7 / 6)
			Karakter (7 / 5)
			Ostara (3,5 / 8)
			Starga (5,5 / 4,5)

1) Bij een lage ziektedruk kan de dosering verlaagd worden met maximaal 25% van de genoemde dosering; dus voor klasse 4 met 0.1 L ha⁻¹, maar voor klasse 2 maar met 0.05 L ha⁻¹.

2) resistentiecijfer loof en knol

3) Bij groen gearceerde rassen is doseringsverlaging tijdens het eerste deel van het groeiseizoen wel mogelijk (tabel 7).

3.3 Resistentiecomponenten voor knolinfectie

3.3.1 Infectie efficiëntie

De infectie efficiëntie is een maat voor knolresistentie tegen *P. infestans*. De mate waarin knollen worden aangetast na inoculatie hangt af van het ras, maar ook van het gebruikte isolaat (Tabel 11 en 12). In 2005 bleek dat inoculatie met IPOcomplex (het standaard isolaat bij de rassentoetsing) minder aantasting gaf dan IPO-428-2 en het mengsel van isolaten uit de Nederlandse *P. infestans* populatie van het jaar 2000.

Tabel 11. Mate van aantasting van knollen na inoculatie met 3 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2005.

Ras	Knol resistentie ¹	Isolaat				Gemiddeld
		IPO-complex	IPO-428-2	Mengsel	IPO-98014	
Bintje	4,5	6,8	16,3	18,4	12,8	13,6
Kartel	6,5	0,0	2,8	0,0	0,4	0,8
Monalisa	6	11,2	28,9	27,0	17,6	21,2
Remarka	9	5,0	6,0	7,4	2,3	5,2
Seresta	8	0,8	0,3	0,0	0,3	0,4
Starga	4,5	8,6	5,7	7,8	7,2	7,2
LSD			0,104			< 0,001
F Prob			8,4			4,2
Gemiddeld		5,4	10,0	10,1	6,8	
LSD			3,4			
F Prob			0,015			

¹) volgens de Nederlandse rassenlijst.

Tabel 12. Mate van aantasting van knollen na inoculatie met 2 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2006.

Ras	Knol resistentie ¹	Isolaat			Gemiddeld
		IPO-428-2	Mengsel	IPO-98014	
Agria	7,5	11,1	6,4	8,7	8,7
Asterix	8,5	6,6	2,3	0,6	3,1
Bintje	4,5	39,8	41,2	20,7	33,9
Felsina	5,5	2,5	10,3	8,5	7,1
Festien	9	0,0	0,2	1,0	0,4
Kantara	6	8,8	7,8	7,5	8,1
Karakter	5	5,7	4,1	3,8	4,5
Kartel	6,5	0,8	1,0	0,2	0,7
Menco	7,5	3,4	1,9	0,4	1,9
Monalisa	6	34,8	28,4	31,3	31,5
Mondial	6	14,7	28,0	12,2	18,3
Ostara	8	13,6	13,2	7,1	11,3
Remarka	9	0,0	0,8	0,0	0,3
Seresta	8	3,6	4,8	1,5	3,3
Starga	4,5	0,9	14,3	11,8	9,0
LSD			8,0		4,6
F Prob			<0,001		<0,001
Gemiddeld per isolaat		9,6	11,0	7,6	
LSD			2,1		
F Prob			0,006		

¹) volgens de Nederlandse rassenlijst.

3.3.2 Cortex resistentie

De mate van aantasting werd uitgedrukt met een index variërend van 0 tot 3. Naarmate de index hoger is heeft de knol minder interne resistentie tegen infectie van *P. infestans* na beschadiging van de knol. Knollen van bijvoorbeeld het ras Remarka worden weliswaar moeilijk geïnfecteerd, maar een eenmaal aanwezige infectie kan zich relatief gemakkelijk vestigen in de knol (Tabel 13).

De rasvolgorde voor de mate van doorgroei in de knol was in 2005 gelijk aan die van 2006. Wel waren er verschillen in mate waarin *P. infestans* isolaten aantasting gaven. In 2006 gedroeg IPO 428-2 zich duidelijk minder agressief dan in 2005 (Tabel 14).

Tabel 13. Index voor knolaantasting na inoculatie met 3 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2005.

Ras	Knol resistentie ¹	Isolaat				Gemiddeld
		IPO-complex	IPO-428-2	Mengsel	IPO-98014	
Bintje	4,5	2,48	2,58	2,50	2,61	2,54
Kartel	6,5	1,63	0,47	0,61	0,77	0,69
Monalisa	6	2,56	2,69	2,69	2,45	2,60
Remarka	9	2,00	1,61	1,50	2,21	1,83
Seresta	8	1,51	1,23	1,39	1,57	1,42
Starga	4,5	1,88	2,54	1,86	2,32	2,15
LSD			0,50			0,25
F Prob			0,001			<0,001
Gemiddeld		2,01	1,85	1,76	1,99	
LSD			0,20			
F Prob			0,049			

¹⁾ volgens de Nederlandse rassenlijst.

Tabel 14. Index voor knolaantasting na inoculatie met 2 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2006.

Ras	Knol resistentie ¹	Isolaat			Gemiddeld
		IPO-428-2	Mengsel	IPO-98014	
Agria	7,5	1,96	2,32	2,18	2,12
Asterix	8,5	1,81	1,43	1,58	1,61
Bintje	4,5	2,78	2,90	2,50	2,73
Felsina	5,5	0,99	2,48	2,42	1,96
Festien	9	0,68	1,42	0,72	0,94
Kantara	6	2,00	1,74	1,42	1,72
Karakter	5	1,28	1,29	1,25	1,27
Kartel	6,5	0,62	1,11	0,82	0,85
Menco	7,5	0,80	1,38	0,98	1,05
Monalisa	6	2,59	2,68	2,40	2,56
Mondial	6	2,27	2,68	2,29	2,41
Ostara	8	1,82	2,38	1,69	1,96
Remarka	9	0,86	2,01	2,45	1,77
Seresta	8	1,10	1,44	0,98	1,18
Starga	4,5	1,18	2,50	2,21	1,96
LSD			0,46		0,27
F Prob			< 0,001		< 0,001
Gemiddeld per isolaat		1,52	1,98	1,72	
LSD			0,12		
F Prob			< 0,001		

¹⁾ volgens de Nederlandse rassenlijst.

3.3.3 Lesiegroei

De lesiegrootte is een maat voor de snelheid waarmee *Phytophthora* de knol kan koloniseren. Naarmate de lesie groter is zal de knol sneller doorrotten. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 15 en 16.

Tabel 15. Lesiegrootte (mm) bij knolaantasting na inoculatie met 3 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2005.

Ras	Knol resistentie ¹	Isolaat			Gemiddeld	
		IPO-428-2	IPO-complex	Mengsel IPO-98014		
Bintje	4,5	23,1	22,5	26,5	17,7	22,4
Kartel	6,5	1,7	18,0	15,7	10,9	11,6
Monalisa	6	23,5	23,2	23,2	28,9	24,7
Remarka	9	17,9	13,7	16,8	18,5	16,7
Seresta	8	20,4	18,8	23,5	22,8	21,4
Starga	4,5	19,0	19,4	21,0	17,9	19,3
LSD			5,4			2,7
F Prob			< 0,001			< 0,001
Gemiddeld		17,6	19,3	21,1	19,5	
LSD			2,2			
F Prob			0,020			

¹⁾ volgens de Nederlandse rassenlijst.

Tabel 16. Lesiegrootte bij knolaantasting na inoculatie met 2 verschillende *P. infestans* isolaten en een mengsel van 15 isolaten, Wageningen 2006.

Ras	Knol resistentie	Isolaat			Gemiddeld
		IPO-428-2	Mengsel	IPO-98014	
Agria	7,5	22,5	25,3	20,7	22,8
Asterix	8,5	20,2	21,9	18,0	20,0
Bintje	4,5	19,9	22,0	20,9	20,9
Felsina	5,5	22,9	27,6	25,4	25,3
Festien	9	18,7	10,4	15,2	14,8
Kantara	6	21,7	24,8	22,9	23,1
Karakter	5	18,5	22,2	22,8	21,2
Kartel	6,5	10,6	18,7	16,8	15,4
Menco	7,5	14,9	19,8	16,6	17,1
Monalisa	6	22,8	28,5	28,3	26,5
Mondial	6	22,8	24,3	19,5	22,2
Ostara	8	22,9	23,6	12,3	19,6
Remarka	9	14,5	21,7	25,7	20,6
Seresta	8	23,8	27,0	25,8	25,5
Starga	4,5	16,8	21,5	17,5	18,6
LSD			3,2		1,8
F Prob			< 0,001		< 0,001
Gemiddeld per isolaat		19,6	22,6	20,6	
LSD			0,8		
F Prob			< 0,001		

4 Discussie en conclusie

4.1 Fungicide dosering in relatie tot loofresistentie

De proeven zijn uitgevoerd met een mengsel van *P. infestans* isolaten. Het is van belang de rassen te toetsen met een representatieve selectie van isolaten, omdat *P. infestans* zich gemakkelijk aanpast aan wisselende omstandigheden, en bijvoorbeeld ook aan nieuwe rassen. Zo is in de loop van het onderzoek van een aantal rassen het loofresistentiecijfer verlaagd (Tabel 1).

De proeven zijn uitgevoerd onder hoge ziektedruk. De berekende doseringen zijn dan ook berekend onder die omstandigheden. In de praktijk zal de ziektedruk over het algemeen niet zo hoog zijn. Dan zijn er mogelijkheden om de doseringen nog verder te verlagen. Dit is weergegeven in het onderschrift van de tabellen. De weergegeven indeling van de rassen geldt voor de bescherming van het loof in de loofgroefase. In algemene zin kan men stellen dat deze fase tot en met de bloei duurt. Na de bloei (knolgroefase) is het van belang dat naast het loof óók de knolbescherming voldoende hoog is (paragraaf 4.2).

Zowel bij hoge als lage ziektedruk blijft van kracht dat het gewas beschermd dient te zijn als het nodig is. Dit betekent dat er net vóór een kritieke perioden gespoten dient te worden als er niet beschermd blad (nieuw) aanwezig is. Met behulp van een beslissingsondersteunend systeem kan een kritieke periode goed worden ingeschat.

De resultaten van dit onderzoek komen in grote lijnen overeen met de resultaten van het onderzoek getiteld "cultivar resistentie en beslissingsondersteunde systemen voor bestrijding *Phytophthora infestans*" (Wander en Spits, 2006¹). In dit onderzoek zijn rassen met een verschillend resistentie niveau bespoten met aangepaste doseringen op basis van een Beslissingsondersteunend systeem.

Dit onderzoek is uitgevoerd met een preventief werkend fungicide (Shirlan). Van dit fungicide is veel bekend over de dosis respons curve en deze is redelijk lineair. Daarom is het bij dit fungicide mogelijk om de dosering te verlagen zonder dat de effectiviteit onevenredig veel afneemt.

Bij fungiciden waarvan weinig bekend is over het verloop van de dosis respons curve of de effectiviteit onevenredig snel afneemt met de dosering is het af te raden om met lagere doseringen dan de adviesdosering(etiket) te spuiten. Bij fungiciden waarvan bekend is dat ze gevoelig zijn voor resistentieontwikkeling van het pathogeen is verlaging van de dosering om deze reden niet aan te raden.

4.2 Fungicide dosering in relatie tot knolresistentie en resistentiecomponenten

Aantasting van de knollen is afhankelijk van aantasting in het loof en de vatbaarheid van de knol voor infectie door *P. infestans*. Indien in het gewas geen loofaantasting optreedt, mag verwacht worden dat er evenmin knolaantasting te vinden zal zijn. Indien wel aantasting in het gewas aanwezig is dan is neerslag nodig om de sporangiën naar de knollen te spoelen. De sporendichtheid in de grond en de mate van resistentie van de knol zullen vervolgens bepalend zijn in welke mate knolphytophthora kan optreden.

De proeven zijn uitgevoerd onder zware ziektedruk. In beide jaren was er sprake van loofaantasting in de rassen en was er over een langere periode meerdere dagen met substantiële hoeveelheid neerslag (bijlage 2). Dit betekent dat er relatief veel sporangiën vanuit het gewas naar de knollen kunnen zijn gespoeld.

Gesteld kan worden dat indien doseringsverlaging onder deze omstandigheden verantwoord was dat verwacht mag worden dat dit in de praktijk zonder problemen nagevolgd kan worden.

Zowel in 2005, maar vooral in 2006 was de gemiddelde knolaantasting bij de onbehandeld lager dan bij de laagste dosering Shirlan. Dit is te verklaren door de hoeveelheid sporen die in het loof aanwezig was tijdens neerslag en bij beregening. Bij de onbehandeld ontwikkelde de *Phytophthora* epidemie zich zeer snel en was de aantasting snel hoger dan 75 procent. Bij gewassen met deze hoeveelheid aantasting is het meeste blad dood. Op dood blad sporuleert *P. infestans* niet en de hoeveelheid sporen is hierdoor (relatief) laag. Uit modelsimulaties, gevalideerd met sporenvangstdata, is bekend dat in een gewas met 2-15% loofaantasting de grootste hoeveelheid sporen aanwezig kunnen zijn. Daarnaast ontwikkelt een epidemie zich in een onbespoten gewas zeer snel en is de kans dat er in een periode veel sporen zijn (2-15% aantasting) en neerslag

¹ Wander, J.G.N. en Spits, H.G., 2006. Cultivar resistentie en beslissingsondersteunde systemen voor bestrijding *Phytophthora infestans*. Intern onderzoeksverslag 520130-2002/2005.

valt veel kleiner dan in een gewas waar de epidemie geleidelijker verloopt.

Evenals bij de bescherming van het loof in de loofgroeifase is het van belang dat het gewas beschermd is als er kritieke perioden zijn. Dit betekent dat er net vóór kritieke perioden gespoten dient te worden. Deze kritieke perioden kunnen goed worden ingeschat door een beslissingsondersteunend systeem. In deze periode geniet een middel met een goede knolbeschermdende werking de voorkeur.

Voor het bepalen van de mogelijkheid tot verlagen van de dosering Shirlan tijdens de knolgroeifase zijn 14 rassen getoetst (in rode en groene vlakken; Figuur 6). Voor deze rassen zijn betrouwbare uitspraken gedaan over de mogelijkheid tot verlaging van de fungicidendosering. Over de overige rassen waarvan alleen de mogelijkheid tot het verlagen van de dosering Shirlan in de loofgroeifase is bepaald kan geen betrouwbare uitspraak worden gedaan (geen kleur). Maar op basis van Figuur 6 kan wel een inschatting gemaakt worden of er mogelijkheden zijn tot verlaging van de dosering Shirlan tijdens de knolgroeifase. Mogelijkheden lijken te bestaan voor rassen in het kwadrant rechtsonder. Geen mogelijkheden lijken er te zijn er voor de rassen links boven, met een laag loof- en knolresistentiecijfer. De rassen in de overige 2 kwadranten bevinden zich in een grijs gebied.

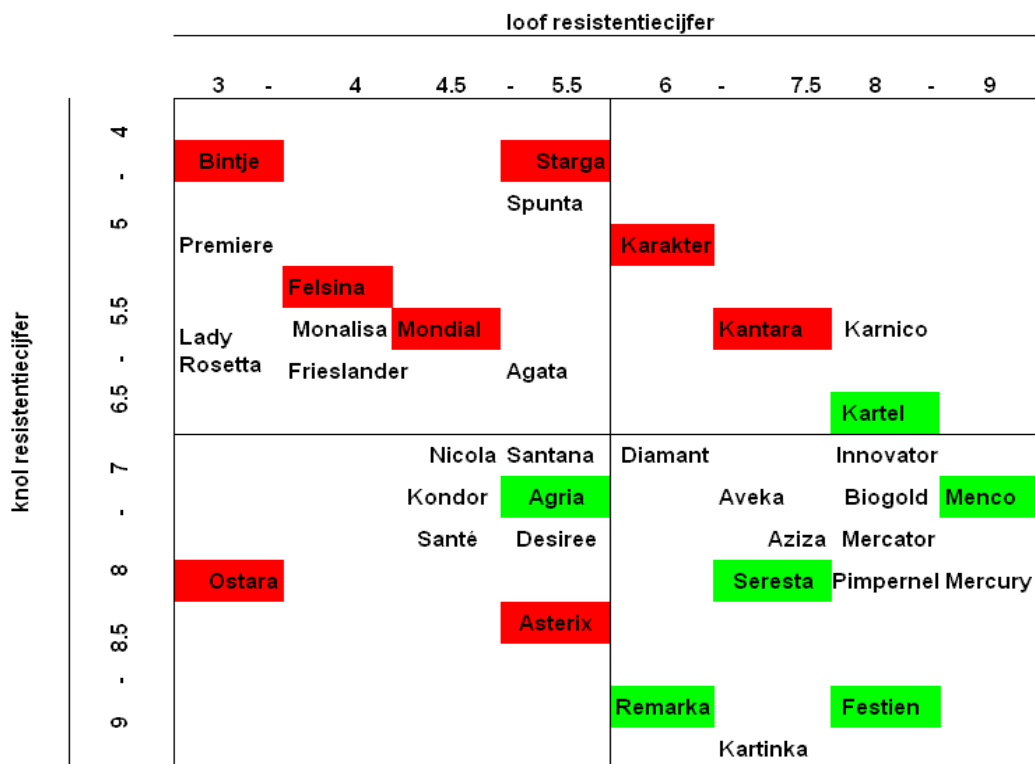
Belangrijk is dat de resistentiecijfers actueel zijn en getoetst tegen de huidige *P. infestans* populatie. Uit de proeven blijkt bijvoorbeeld dat Ostara met een resistentiecijfer 8 toch behoorlijk aangetast wordt. Dit wordt bevestigd door toetsen in het lab, waar bij inoculatie met verschillende isolaten meer dan 10% aantasting gevonden wordt. De infectie efficiëntie van de gebruikte *P. infestans* isolaten op dit ras was hoger dan verwacht mocht worden op basis van het knolresistentiecijfer. Gemiddeld genomen was de mate van aantasting voor de 6 getoetste rassen met IPO-complex de helft lager dan bij inoculatie met IPO-98014, IPO-428-2 of het mengsel van isolaten uit 2000. Als bij toetsing van de rassen op de mate van resistentie IPO-complex gebruikt wordt, dan wordt de mate van resistentie waarschijnlijk overschat. Echter, om de mogelijkheid voor doseringsverlaging goed te kunnen schatten is het nodig dat resistentiecijfers beschikbaar zijn die getoetst zijn met een selectie van recente isolaten uit de *P. infestans* populatie.

Verlaging van de dosering in de tweede helft van het seizoen lijkt mogelijk voor die rassen, waarbij een verlaging van de dosering in de eerste helft van het seizoen mogelijk was en die een zekere mate van knol resistentie (≥ 7) hebben.

De mate van cortex-resistentie en de lesiegrootte geeft een indicatie in hoeverre knollen na initiële infectie al dan niet gemakkelijk doorrotten. Als de index voor cortex resistentie laag is dan blijft de aantasting gemiddeld genomen beperkt tot net onder de schil. Een grote lesie in de lab-toetsen geeft aan dat het ras nadat het geïnfecteerd is en *Phytophthora* door de vaatbundelring is gedrongen gemakkelijk gekoloniseerd wordt door het betreffende isolaat. De knollen rotten dan makkelijker door.

Een lage index-waarde voor cortex resistentie en een laag cijfer voor lesie grootte of lesie groeisnelheid is een aanwijzing dat *Phytophthora* mogelijk makkelijker in de knol in de bewaring overleeft. In theorie zouden dit soort rassen kwetsbaarder kunnen zijn bij de overdracht van *Phytophthora* naar het volgende seizoen.

Daar staat tegenover dat rassen met een laag index cijfer minder gevoelig zijn voor aantasting tijdens het rooien als rooibeschatting optreedt. Waarschijnlijk is dit aspect belangrijker dan het doorrotten omdat voorkomen van knolaantasting het meenemen van de ziekte naar het volgende jaar het beste tegenhoudt. Met name in de pootgoedteelt zal in de tweede seizoenhelft voorzichtig omgesprongen moeten worden met doseringsverlaging. Doseringsverlaging is mogelijk, maar het is belangrijk dat op de juiste moment, voorafgaand aan een kritieke periode, gespoten wordt.



Figuur 6. Indeling van 35 aardappelrassen naar loof- en knol resistentie. Bij rassen in groen is er de mogelijkheid tot verlaging van de dosering in de loof- en knolgroeifase. Bij de rassen in de rode vlakken niet. De niet gekleurde rassen zijn niet getoetst, onduidelijk is of een verlaging van de dosering in de tweede helft van het seizoen mogelijk is. De plaats in het kwadrantschema geeft wel een aanwijzing hiervoor.

4.3 Conclusies

- De proeven zijn uitgevoerd bij hoge ziektedruk. In de praktijk zal een dergelijk hoge ziektedruk minder vaak voorkomen, omdat gewassen over het algemeen adequaat beschermd worden tegen aantasting door *P. infestans*.
- In de praktijk wordt al met verlaagde doseringen gespoten, het verslag onderbouwt rassen specifiek de mogelijkheden voor doseringsverlaging.
- Het toepassen van aangepaste doseringen Shirlan is mogelijk bij rassen met een hoger resistentieniveau. Voor verlaging van de dosering in de loofgroeifase zijn meer mogelijkheden dan verlaging in de 2^e helft van het seizoen. Verlaging tijdens de knolvullingsfase is gemiddeld genomen mogelijk bij een resistentiecijfer voor loof en knol van 7 of meer. Hierbij moet aangetekend worden dat er voorafgaand aan kritieke periode gespoten moet worden.
- Een goed inzicht in de mate van loof- en knolresistentie is nodig om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over de mogelijkheden tot verlaging van de dosering in de loof- en knolgroeifase van het seizoen. Bijvoorbeeld het ras Ostara heeft een knolresistentiecijfer van 8, maar deze is gebaseerd op toetsing met isolaten uit de oude, minder agressieve *P. infestans* populatie.
- Toetsing van loof- en knolresistentie tegen *P. infestans* dient te geschieden met een selectie van isolaten uit een zeer recent verleden. Dergelijke isolaten geven een representatief beeld van de mate van resistentie van rassen tegen de huidige *P. infestans* populatie.
- Het onderzoek naar verlaging van de dosering is uitgevoerd met het product Shirlan. De mogelijkheden voor doseringsverlaging met andere fungiciden dienen nog onderzocht te worden (start 2007).

Bijlage 1. Gemiddelde loofaantasting

Tabel 17. Percentage loofaantasting per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) op 18 augustus 2005.

ras	resistentie ¹		dosering Shirlan (L ha ⁻¹)						gem. ras
	loof	knol	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	
Bintje	3	4,5	81,7	86,7	51,7	45,0	33,3	46,7	57,5
Mondial	4,5	6	93,3	92,5	86,7	90,0	80,0	79,2	86,9
Asterix	5	8,5	92,5	88,3	86,7	81,7	83,3	79,2	85,3
Agria	5,5	7,5	58,3	38,3	50,0	25,0	44,7	20,0	39,4
Felsina	3,5	5,5	53,3	23,3	8,3	7,5	2,8	7,5	17,1
Karakter	6	5	71,7	56,7	50,0	31,7	33,3	30,0	46,6
Kantara	7	6	6,0	1,5	1,3	1,7	1,3	0,7	2,1
Seresta	7	8	43,3	8,3	11,0	5,0	2,7	17,5	20,2
Remarka	6,5	9	46,7	28,3	11,7	10,0	11,7	17,5	21,0
Kartel	8	6,5	30,0	16,7	10,8	15,8	10,8	9,2	15,6
Ostara	4	8	65,0	38,3	18,3	13,3	5,8	13,3	25,7
Starga	5,5	4,5	56,7	50,0	50,0	30,0	23,3	33,3	40,6
Menco	9	7,5	5,0	2,3	2,5	0,7	1,0	2,0	2,3
Festien	8	9	25,0	20,8	22,5	5,3	11,7	11,0	16,1
LSD					27,7				9,7
F-prob. (0.05)					0,113				<0,001
gemiddeld dosering			52,0	39,4	33,0	28,3	24,7	26,2	
LSD					17,4				
F-prob. (0.05)					0,045				

¹) volgens de Nederlandse rassenlijst.

Tabel 18. Percentage loofaantasting per ras en dosering Shirlan (L ha⁻¹) op 4 september 2006.

ras	resistentie ¹		dosering Shirlan (L ha ⁻¹)						gem. ras
	loof	knol	0,00	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	
Bintje	3	4,5	100,0	88,3	43,3	25,8	33,3	16,7	51,2
Mondial	4,5	6	98,5	50,0	33,3	15,0	25,0	7,5	38,2
Asterix	5	8,5	99,7	73,3	30,0	25,0	20,0	13,3	43,6
Agria	5,5	7,5	98,0	36,7	3,5	2,3	2,3	1,5	24,1
Felsina	3,5	5,5	99,7	55,0	5,8	1,8	2,0	0,7	27,5
Karakter	6	5	95,8	30,0	8,3	3,7	4,2	1,8	24,0
Kantara	7	6	46,7	4,2	0,7	0,4	0,4	0,4	8,8
Seresta	7	8	91,7	10,8	3,3	2,5	2,0	0,9	18,5
Remarka	6,5	9	94,17	29,17	7,5	5	5,17	1,5	23,8
Kartel	8	6,5	83,3	13,3	1,7	2,0	0,5	0,1	16,8
Ostara	4	8	100,0	45,0	6,7	5,8	5,3	2,5	27,6
Starga	5,5	4,5	96,7	43,3	16,7	12,5	7,2	1,2	29,6
Menco	9	7,5	35,0	5,3	1,2	0,5	2,0	0,1	7,4
Festien	8	9	89,2	25,0	8,3	1,4	1,2	0,1	20,9
LSD					13,2				4,6
F-prob. (0,05)					<0,001				<0,001
gemiddeld dosering			87,7	36,4	12,2	7,4	7,9	3,4	
LSD					8,2				
F-prob. (0,05)					<0,001				

¹) volgens de Nederlandse rassenlijst,

Bijlage 2 weersgegevens

Tabel 19, Weersgegevens in gedurende de proefperiode in 2005.

datum	T-gem	T-max	T-min	neerslag	opmerking
24-07-05	16,1	22,3	10,2	5,2	
25-07-05	17,5	19,4	15,3	16	inoculatie
26-07-05	15,4	17,1	13,4	2	
27-07-05	16,2	19,9	13,6	4	
28-07-05	21,5	27,8	16,2	0,2	
29-07-05	21,5	24,8	18,7	6	
30-07-05	18,1	20,9	14,7	68,6	
31-07-05	15,2	16,5	14,5	9	
01-08-05	16	19,1	12,2	0	
02-08-05	15	18,8	10,6	0	
03-08-05	15,3	21,2	9,6	0,2	
04-08-05	17,1	19,9	13,9	0	
05-08-05	14,8	16,5	13,2	5,8	
06-08-05	14,3	17,4	12	6,8	
07-08-05	13,9	17,3	10,8	10,4	
08-08-05	15,6	18,3	13	7,2	
09-08-05	14,8	16,5	13,7	0	
10-08-05	15,2	18,3	13,6	0	
11-08-05	15,7	17,9	11,7	0	
12-08-05	13,8	16,3	10,8	18,6	
13-08-05	15,9	20,4	10,4	0,2	
14-08-05	15,8	18,4	13,4	13,4	
15-08-05	15,4	17,7	11,9	0	
16-08-05	15,3	20,8	8,6	0	
17-08-05	17,3	23,5	9,9	0	20 mm berekening
18-08-05	20,2	27,5	12	0	Reglone
19-08-05	19,5	26,9	15,3	0	
20-08-05	18	21,2	15,7	0	
21-08-05	18,4	21,6	15,9	0	
22-08-05	17	21,4	13,8	0	
23-08-05	15,5	18,8	12	1,2	
24-08-05	15,1	20	9,9	0	
25-08-05	15,6	19,3	11,3	15,4	
26-08-05	13,9	17,7	10,2	0,6	
27-08-05	15,5	19,3	12,4	0,8	
28-08-05	16,8	22,2	12,3	0	
29-08-05	18,2	24,4	12,9	0	
30-08-05	18,5	25,9	10,9	0	
31-08-05	21,4	29,4	13,8	0	

Tabel 20. Weersgegevens in gedurende de proefperiode in 2006.

datum	T-gem	T-max	T-min	neerslag	opmerking
01-08-06	17,7	20,4	15,2	6,8	
02-08-06	15,9	18,7	14,5	15,2	inoculatie
03-08-06	15,7	18,2	12,5	10,8	
04-08-06	18,7	21,6	15,7	17,6	
05-08-06	19,9	24,7	16	0,2	
06-08-06	19,7	22,8	16,2	0	
07-08-06	18,4	23	12,6	0,2	
08-08-06	17,3	18,8	15,8	0,2	
09-08-06	15,9	19,6	12,3	0,8	
10-08-06	14	17,3	10,8	9,4	
11-08-06	13,2	15,4	12,2	25	
12-08-06	14,2	18,4	11,5	10,2	
13-08-06	15,4	21	9	0	
14-08-06	16	20,7	12,9	21	
15-08-06	16,9	20,4	14,9	3,4	
16-08-06	17,9	23,9	12,9	2	
17-08-06	18,1	23,4	13,5	0	
18-08-06	18,5	23	15,8	1,2	
19-08-06	19,1	24,5	15,3	0,2	
20-08-06	16,8	19,3	14,9	8,8	
21-08-06	17,2	20,8	14,3	24,2	
22-08-06	16,6	19,7	12,9	0,2	
23-08-06	16,3	20,6	10,8	0	
24-08-06	17,4	21,2	14,9	9,2	
25-08-06	17,2	20,3	14,7	0,2	
26-08-06	17,2	21,1	10,6	0	
27-08-06	16,6	19,9	13,1	3,6	
28-08-06	14	16,2	12,4	24,4	
29-08-06	14,3	15,9	11,8	3,6	
30-08-06	14,6	17,9	11,9	13,4	
31-08-06	14,3	17,7	9,3	1,6	
01-09-06	17,9	21,8	14	0	
02-09-06	17	20,1	14,1	0,4	
03-09-06	19,2	21,8	16,8	2,4	
04-09-06	17,7	19,8	15,5	0	
05-09-06	16,7	21,3	12,5	0,8	
06-09-06	20,8	25,2	18	0	
07-09-06	17,4	18,8	15,4	0,6	10 mm berekening reglone
08-09-06	16	18,9	11,5	0	
09-09-06	14,4	20,7	7,5	0	
10-09-06	16,8	25,1	8,8	0	
11-09-06	18,3	27,3	11	0	
12-09-06	20,4	28,3	13,1	0	
13-09-06	21,2	27,7	15,8	0	
14-09-06	21,1	27,5	16,4	0	
15-09-06	20,3	25,8	15,8	0	
16-09-06	20,3	25,9	16,7	0	
17-09-06	17,9	20,9	14,3	0	
18-09-06	18,4	21,5	15,6	0	