

Onderzoek naar maatregelen die leiden tot een vermindering van de besmetting met *Synchytrium endobioticum* van grond en de aantasting van aardappelen

Auteurs: J. Wander, R. Bosch, W. van Geel, P. van de Griend, J. Lamers,
J. Spruijt-Verkerke, R. Velema

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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.

Dit onderzoek is financieel mede mogelijk gemaakt door:



HOOFDPRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Hoofdproductieschap akkerbouw
Postbus 29739
2502 LS Den Haag

Projectnummer: 5234352

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Business-unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente
Adres : Edelhertweg 1
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

HLB BV

Kampsweg 27
9418 PD Wijster
0593-582828
0593-582829
info@hlbbv.nl
www.hlbbv.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 RASSEN.....	9
2.1 Uitgevoerd onderzoek.....	9
2.2 Resultaten.....	9
3 VERSNELDE VERLAGING BODEMBESMETTING.....	13
3.1 Uitgevoerd onderzoek.....	13
3.2 Resultaten.....	13
3.2.1 Pottenproeven.....	13
3.2.2 Veldproeven.....	14
4 ECONOMISCH EFFECT VAN MAATREGELEN TER VERLAGING VAN DE WRATZIEKTE BESMETTING.....	17
4.1 Inleiding.....	17
4.2 Resultaten.....	17
4.2.1 Beëindiging aardappelteelt (situatie 1):.....	17
4.2.2 Versneld uitzielen (situatie 2).....	18
4.2.3 Besmetverklaring voorkomen (situatie 3).....	19
5 KORTE MILIEUTECHNISCHE STUDIE VAN MAATREGELEN TEGEN WRATZIEKTE.....	21
5.1 Inleiding.....	21
5.2 Resultaten.....	21
5.2.1 Stikstof.....	21
5.2.2 Koper.....	22
6 UITZIEKING BIJ DE TEELT VAN RESISTENTE RASSEN EN NIET WAARD GEWASSEN.....	23
6.1 Uitgevoerd onderzoek.....	23
6.2 Resultaten.....	23
6.2.1 Potproef.....	23
6.2.2 Veldproef.....	27
7 ALGEMENE DISCUSSIE	29
8 CONCLUSIES	33
LITERATUUR.....	35
BIJLAGE 1. KENNISOVERDRACHT	37

Samenvatting

Auteur: Johan Wander

Sinds de jaren '90 is wratziekte in aardappelen in Nederland weer een groot probleem. Door de wetgeving en verordening, die opgelegd zijn door de Plantenziektenkundige Dienst respectievelijk het Hoofdproductschap Akkerbouw, lijkt de situatie op dit moment redelijk onder controle, maar er komen nog steeds nieuwe besmettingen bij en er heeft een toename plaatsgevonden van de in Nederland voorkomende fysio's. Gericht op het vinden van maatregelen die een aantasting kunnen voorkomen of een besmetting kunnen verminderen, is in 1999 een door het Hoofdproductschap Akkerbouw gefinancierd onderzoeksproject gestart.

Omdat *Synchytrium endobioticum* een bodemgebonden schimmel is, is het moeilijk om de schimmel te bestrijden en is het moeilijk om het effect van maatregelen te begrijpen en te toetsen. In deze rapportage worden de tot nu toe behaalde resultaten behandeld.

In veldproeven werd bij het poten middel C in een mengsel met grond en wratziekte-inoculum op de pootaardappel gelegd. In de proeven werd het effect vergeleken bij verschillende rassen. De toepassing van middel C gaf gemiddeld over vatbare en partieel resistente rassen een vermindering van het aantal aangetaste planten van ongeveer 60%. De hoeveelheid geproduceerd wratweefsel nam af met bijna 90%. Doding van zoösporen en/of geïnduceerde resistentie spelen een belangrijke rol, aangezien het effect van de directe doding van sporangiën geringer is. De toepassing van ureum + kopersulfaat had een iets minder sterk effect dan middel C. De toepassing van middel C of ureum + kopersulfaat kan de kans op het ontstaan van een besmetting dus sterk verminderen.

Uit screening van diverse producten in pot- en veldproeven is gebleken dat middel C het sterkste effect had om de besmetting in grond te verlagen. In de eerste veldproeven met een volveldstoepassing van 20.000 kg/ha middel C werd ten opzichte van de controle een duidelijke maar wisselende vermindering van het aantal sporangiën verkregen. Een gift van 750 kg/ha ureum + kopersulfaat gaf geen verlaging van de besmetting. Het is nog niet bekend of met een zeer hoge dosering ureum (+ kopersulfaat), waarbij een stikstofhoeveelheid wordt toegediend vergelijkbaar met de hoeveelheid in middel C, wel tot een verlaging van de besmetting komt. Economisch gezien is deze toepassing even interessant als de toepassing van middel C, mits de kostprijs van middel C op een laag niveau komt. Het voordeel van ureum is dat de maatregel nu uitgevoerd kan worden, terwijl middel C nog geen toelating als bestrijdingsmiddel heeft. De toepassing van middel C kan dus de grondbesmetting verlagen en daarmee een vrijverklaring bespoedigen.

In onderzoek met continueelt van verschillende aardappelryassen werd bij resistentiecijfers hoger dan 5 eenzelfde daling van de besmetting gevonden als bij de teelt van andere gewassen of braak. Bij vatbare rassen kon een zeer laag besmettingsniveau (berekend op 0,07 sporangiën per g grond) een zware aantasting geven.

1 Inleiding

Auters: Johan Wander (PPO) en Jan Lamers (PPO)

Wratziekte (*Synchytrium endobioticum*) is een bodemgebonden ziekte die zeer langdurig in de bodem kan overleven in de vorm van zogenaamde sporangiën. Bij kieming van een sporangium komen er zoösporen vrij die een aardappelplant kunnen infecteren. Door kieming en wellicht door andere oorzaken daalt de besmetting van een perceel, ongeacht maatregelen of de teelt van resistente aardappelen. Sporangia kunnen echter tot 40 jaar of langer in de bodem overleven (Rintelen et al., 1983; Laidlaw, 1985; Hampson, 1993; Baayen et al., 2004).

In Nederland zijn thans 65 percelen door de Plantenziektkundige Dienst besmet verklaard met de quarantaineziekte wratziekte. Deze percelen liggen in de Veenkoloniën en het Zuidoostelijk zandgebied. In het Zuidoostelijk zandgebied is tot nu toe alleen wratziekte fysio 1 vastgesteld. De huidige zetmeelaardappelrassen zijn zonder uitzondering resistent tegen dit fysio. In de Veenkoloniën betreffen de besmetverklaringen echter fysio 2, 6 en 18. Het aantal besmetverklarde percelen en het aantal fysio's breidt langzaam uit. Gezien de ernstige consequenties van een wratziektebesmetting, voor zowel de teler als voor het gebied, is het van het grootste belang verdere verbreiding van wratziekte een halt toe te roepen. Hiertoe dienen de besmettingshaarden te worden gelokaliseerd en zo snel mogelijk te worden geëlimineerd. Snelheid is belangrijk, omdat het organisme zich ook door stuiven en met aanhangende grond kan verspreiden.

Voor het betreffende perceel(sdeel) heeft een besmetverklaring tot gevolg dat er minimaal 20 jaar lang geen vatbare aardappelrassen of voortkweekingsmateriaal geteeld mogen worden. Teelt van resistente consumptie- en zetmeelaardappelrassen (excl. TBM-pootgoed) is eventueel eerder mogelijk als onderzoek heeft aangetoond dat het besmettingsniveau van het perceel onder een bepaalde drempel is gezakt. Ook aan de omringende bufferpercelen worden beperkingen opgelegd. Daarnaast is er een HPA-verordening die beperkingen oplegt aan de rassenkeuze in zogenaamde preventiegebieden.

Een beperkt aantal besmet verklaarde percelen heeft zodoende gevolgen voor alle aardappeltelers in de preventiegebieden. Thans beslaan de preventiegebieden geheel Oostelijk Nederland van de Veenkoloniën tot en met het Zuidoostelijk zandgebied.

Het in dit verslag beschreven onderzoek is door het PPO te Lelystad en Vredepeel uitgevoerd in samenwerking met het HLB te Wijster. De eerste proeven werden aangelegd in 1999. In dit verslag worden de resultaten behandeld van proeven aangelegd tot in 2002. In bijlage 1 staat een overzicht met uitgevoerde kennisoverdracht.

Pottenproeven werden uitgevoerd te Lelystad en te Wijster, veldproeven op besmette percelen te Ysselsteyn, Smilde en Nieuw-Weerdinge. Het onderzoek heeft zich op twee sporen gericht:

- a. onderzoek uitgevoerd naar het effect van maatregelen die een besmetting door wratziekte kunnen voorkomen of beperken bij vatbare en bij partieel resistente aardappelrassen;
- b. onderzoek naar het effect van maatregelen die de bodembesmetting versneld kunnen verlagen.

De wand van een wratziektesporangium is uit chitine opgebouwd. Deze moeilijk afbreekbare stof maakt de sporangiën persistent tegen afbraak. Uit literatuuronderzoek is gebleken dat enkele stoffen toch de aantasting van aardappelen kunnen verminderen. Het gaat om middel C en koper met ureum. Bij middel C kunnen 3 verklarende hypothesen over het werkingsmechanisme gegeven worden:

1. Chitinase-effect: de toepassing van een grote hoeveelheid middel C stimuleert het deel van het bodemleven dat chitine afbreekt met behulp van chitinase. Door stimulatie van dit bodemleven worden ook de wratziektesporangiën vaker aangevallen wat de afbraak versnelt.
2. Ammoniak-effect: Bij de vertering van middel C komt veel ammoniak vrij. Ammoniak of een daaraan gelieerde stof geeft in hoge concentraties een doding van de zoösporen. Aardappelplanten kunnen zodoende niet meer aangetast worden. Mogelijk geeft een hoge concentratie ammoniak ook een directe doding van sporangiën.
3. Plantversterkend effect: Stoffen uit middel C stimuleren het resistentiemechanisme van aardappelen tegen infectie door zoösporen, zodat geïnduceerde resistentie ontstaat.

De werking van koper kan berusten op doding van zoösporen en op doding van sporangiën.

In het onderzoek is voorts gewerkt met de volgende middelen met hypothetisch werkingsmechanisme:

- a) zuiver middel C: chitinase-effect;
- b) ureum: ammoniakeffect;
- c) stalmestpoeder en varkensdrijfmest: ammoniakeffect en stimulering bodemleven;
- d) biologische grondontsmetting: doding sporangiën.

2 Rassen

Auteurs: Johan Wander (PPO), Jan Lamers (PPO) en Pim van de Griend (HLB)

2.1 Uitgevoerd onderzoek

In totaal werden 10 proeven uitgevoerd. Om ervaring op te doen met het ziek krijgen van aardappelen werd in 1999 een rassenproef te Ysselsteyn en in de kas te Lelystad uitgevoerd. In 2000 werd in de kas te Lelystad en in een veldproef te Ysselsteyn het effect van middel C bij enkele rassen uitgetest. In 2001 werd in de kas te Lelystad het fytoxische effect van diverse doseringen ureum + kopersulfaat getest. In 2001 werd in de kas te Lelystad, in een veldproef te Nieuw-Weerdinge en in een veldproef te Ysselsteyn het effect van middel C en de combinatie van ureum en kopersulfaat bij enkele rassen onderzocht. In 2002 werd in een veldproef te Ysselsteyn en te Smilde het effect van middel C, de combinatie van ureum en kopersulfaat en van varkensdrijfmest bij enkele rassen onderzocht. Alle behandelingen werden in een mix van het product met grond en wratziekte-inoculum op de poter aangebracht.

De rassen werden getest onder vrij extreme omstandigheden: bij het poten werd op elke poter een ziekedruk aangebracht van ongeveer 24.000 sporangiën in 200 g grond (120 sporangiën per g grond). Dit lijkt veel, maar in een gemiddelde wrat van fysio 1 zit dit aantal in 1 gram weefsel en in een wrat van fysio 2 in 10 gram. Om in het onderzoek duidelijke effecten te kunnen meten, werd een hoge infectiedruk aangehouden.

De meest relevante resultaten van het onderzoek worden in de volgende paragraaf besproken.

2.2 Resultaten

In de tabellen 2.1. t/m 2.6 zijn de belangrijkste resultaten van de proeven weergegeven.

Er was sprake van een duidelijke overeenkomst tussen het percentage aangetaste planten (incidentie), de mate van aantasting, de hoeveelheid geproduceerd wratweefsel en het aantal sporangiën per gram grond wat met grondmonsters teruggevonden werd.

Bij fysio 1 worden de rassen alleen ingedeeld in vatbaar, weinig vatbaar en onvatbaar. Op basis van dit onderzoek kan de volgende volgorde in toename van onvatbaarheid gegeven worden: Maritiema – Bintje – Hansa – Felsina – Donald.

In de rassenlijst 2002 hebben de rassen Elles en Kartel een 4 (sterk vatbaar) resp. een 6 (middelmatig vatbaar) als resistentiecijfer voor fysio 2. Inmiddels hebben beide rassen een 5 (vrij sterk vatbaar). In de proeven werd Elles in 2001 duidelijk zwaarder aangetast dan Kartel, terwijl in 2002 Kartel duidelijk zwaarder werd aangetast dan Elles. Bij het resistente ras Seresta werd in eenmalig onderzoek met fysio 1 een zeer lichte aantasting geconstateerd. In één van twee proeven met fysio 2/6 werd ook een zeer lichte aantasting geconstateerd.

De toepassing van middel C op de aardappelknol leidde tot een vermindering van de incidentie, de hoeveelheid gevormd wratweefsel en het aantal sporangiën per gram grond wat met grondmonsters teruggevonden werd met ongeveer 80%. In 2001 gaf de toepassing van middel C of ureum + kopersulfaat bij de rassen Hansa, Felsina, Kartel en Seresta een daling van de hoeveelheid gevormd wratweefsel tot 1 of 0 gram per veldje. Bij de meer vatbare rassen Maritiema, Elles en Producent was het effect van ureum + kopersulfaat in drie van de vier proeven duidelijk minder sterk dan het effect van middel C.

De behandeling met middel C en ureum + kopersulfaat gaf in 3 van de 5 proeven een vermindering van de opkomst (tabel 2.7). In combinatie met een vertraging van de begingroei werd in 4 van de 5 proeven een verlaging van de opbrengst verkregen. De vermindering van de opkomst leek rasafhankelijk, maar dit kan te maken hebben met een verschil in kieming bij het poten.

Tabel 2.1. **Veldproef Ysselsteyn fysio 1 1999: Incidentie (percentage aangetaste planten), mate van aantasting en aantal sporangiën/g grond voorjaar '01 (aangebrachte besmetting + geproduceerd wratweefsel).**

ras	incidentie (%)	mate van aantasting	aantal sporangiën
Maritiema	40	1,22	0,74
Bintje	45	0,88	0,28
Saturna	7*	0,07*	0,12
Felsina	1*	0,01*	0,08
Donald	0	0,00	0,10
Seresta	1*	0,01*	0,09
F-prob.	<0,001	<0,001	0,074
LSD	13	0,49	0,49

*aantasting is mogelijk veroorzaakt door poederschurft en niet door wratziekte

Tabel 2.2. **Veldproef Ysselsteyn fysio 1 2000: Incidentie (%), mate van aantasting (9 = geen aantasting, 1 = zeer zware aantasting) en aantal sporangiën/g grond op enkele tijdstippen.**

Ras	incidentie		mate van aantasting		aantal sporangiën per g grond in voorjaar					
					'01		'02		'03	
	onbe-handeld	middel C	onbe-handeld	middel C	onbe-handeld	middel C	onbe-handeld	middel C	onbe-handeld	onbe-handeld
Maritiema	77	37	4,2	7,1	23,5	1,4	15,6	0,9	4,8	0,1
Bintje	60	6	6,0	8,8	3,8	1,0	1,6	0,4		
Hansa	15	3	8,6	8,9	1,1	0,1	0,8	0,2		
Felsina	2	0	8,9	9,0	1,2	0,8	0,8	0,5		
Donald	0	0	9,0	9,0	0,4	0,3	0,3	0,2		
F-prob.	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001			
LSD	12		0,8		2,7		1,1			

Tabel 2.3. **Pottenproef kas fysio 1 2001 Maritiema: Incidentie (%) en totaal gewicht wratweefsel (g/pot).**

behandeling	incidentie	wratweefsel
onbehandeld	100	76,7
Middel C	17	1,0
Ureum + kopersulfaat	50	2,6
F-prob.	0,007	0,004
LSD	47	44,0

Tabel 2.4. **Veldproeven Ysselsteyn fysio 1 2001 (F-prob. <0,001, LSD = 68) en Nieuw-Weerdinge fysio 2/6 2001 (F-prob.-ras 0,018, LSD = 71; F-prob.-behandeling 0,018, LSD = 82; F-prob.-interactie 0,3): Geproduceerd wratweefsel (g/veldje).**

locatie	ras	onbehandeld	middel C	Ureum + kopersulfaat
Ysselsteyn	Maritiema	153	1	10
	Hansa	8	0	0
	Felsina	11	0	0
Nieuw-Weerdinge	Elles	207	13	29
	Kartel	83	1	0
	Seresta	2	0	0

Tabel 2.5. Veldproeven Ysselsteyn fysio 1 en Smilde fysio 2/6 2002: Geproduceerd wratweefsel (g/veldje); F-prob's en LSD zie tabel 2.6.

locatie	ras	onbehandeld	middel C	Ureum + kopersulfaat
Ysselsteyn	Maritiema	548	221	548
	Bintje	191	33	
	Hansa	3	5	
	Felsina	0	0	
	Donald	0	0	0
Smilde	Producent	2465	387	393
	Elles	782	5	
	Kartel	1511	34	
	Starga	0	0	
	Seresta	0	0	0

Tabel 2.6. F-prob. en LSD behorend bij tabel 2.5 voor twee compleet-factoriële gedeelten uit de proeven LAB629 en LAB630 (bij gelijkwaardige F-prob. vetgedrukt = belangrijkste effect / hoogste variation rate).

LAB629		Maritiema en Donald x alle behandelingen			alle rassen x onbehandeld en middel C		
		ras	behandeling	interactie	ras	behandeling	interactie
	F-prob.	<0,001	n.s.	n.s.	<0,001	0,055	n.s.
	LSD	181	256	361	181	256	361
LAB630		producent en Seresta x alle behandelingen			alle rassen x onbehandeld en middel C		
		ras	behandeling	interactie	ras	behandeling	interactie
	F-prob.	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	LSD	291	412	583	388	245	549

Tabel 2.7. Percentage niet opgekomen planten en bruto opbrengst gemiddeld over 5 of 4 veldproeven en gemiddeld over de rassen waarop de behandelingen werden uitgevoerd.

	opkomst (%)		opbrengst	
	5 proeven	4 proeven	5 proeven	4 proeven
onbehandeld	97,6	97,6	46300	43900
middel C	93,4	90,2	38000	32700
Ureum + kopersulfaat		93,3		39000

3 Versnelde verlaging bodembesmetting

Auteurs: Johan Wander (PPO), Jan Lamers (PPO) en Pim van de Griend (HLB)

3.1 Uitgevoerd onderzoek

In de jaren 1999 t/m 2002 werden totaal 9 proeven aangelegd. Daarnaast werden in drie rassenproeven in 2001 en 2002 monsterzakjes met de diverse behandelingen in de aardappelrug ingegraven. In 1999 en 2000 werden drie pottenproeven met diverse producten uitgevoerd om een indruk te krijgen van de perspectieven van deze producten in een hoge en een lagere dosering bij enkele grondsoorten. De hoge doseringen lagen op een niveau wat bij volveldstoepassing niet realiseerbaar was, maar kwamen overeen met in literatuur gevonden hoeveelheden. Bovendien kwamen de hoeveelheden overeen met de doseringen die bij toepassing op de poter bij de rassenproeven werden toegepast. In de in 2001 en 2002 aangelegde veldproeven werden praktisch haalbare doseringen gebruikt.

De meest relevante resultaten van het onderzoek worden in de volgende paragraaf besproken.

3.2 Resultaten

3.2.1 Pottenproeven

In enkele pottenproeven werd een eerste screening met diverse producten uitgevoerd. Uit de resultaten van de pottenproeven (tabel 3.1) is gebleken dat middel C, stalmestpoeder, ureum en ureum + kopersulfaat een verlaging van de besmetting gaven. Bij de proef met fysio 1 in 2000 was dit effect bij grond van Ysselsteyn sterker dan bij grond van Venray. Verschillende effecten kunnen verwacht worden bij een verschil in pH. De omzetting van nitraat in andere stoffen wordt hierdoor beïnvloed. Tussen de twee grondsoorten was het verschil in pH echter beperkt, nl. 5,4 en 5,8. In deze proef werd naast in de tabel genoemde doseringen ook gewerkt met een 80% lagere dosering. Tussen de standaarddosering en de lage dosering werd geen duidelijk verschil geconstateerd.

Tabel 3.1. **Aantal sporangïen per g grond bij beëindiging proef in pottenproeven 1999 en 2000, resultaten in 2000 fysio 1 gemiddeld over genoemde dosering en 80% lagere dosering.**

product (dosering)	proef: jaar: fysio: grond:	4 grondsoorten	2 grondsoorten		2 grondsoorten
		1999	2000		2000
	1 en 2	1			2/6
	gemiddeld	Ysselsteyn	Venray	gemiddeld	
onbehandeld		33	4,6	1,5	147
middel C (8%)		25	2,4	1,1	41
zuiver middel C (2%)			3,9	1,6	143
kopersulfaat (1,5%)			4,4	1,6	192
stalmestpoeder (8%)			2,9	0,7	88
Ureum (4%)			2,0	1,8	2
Ureum + kopersulfaat (id)		23	2,1	1,3	13
F-prob.		0,17	0,021		<0,001
LSD		12	1,8		21

3.2.2 Veldproeven

Oriëntatie afdekken

In een veldproef, aangelegd in enkelvoud, werd het effect van al dan niet afdekken bij toepassing van twee producten getest. Tien weken na aanleg van de proef werd bij onbehandeld bij afdekken een hoger aantal sporangiën gevonden dan bij niet afdekken (tabel 3.2). Onder de folie waren de omstandigheden zeer droog. De natuurlijke afname is hierdoor blijkbaar geremd. Dit kan te maken hebben met het feit dat wratziektesporangiën kiemen onder vochtige omstandigheden.

Bij middel C werden minder sporangiën gevonden dan bij onbehandeld. Ook bij dit middel heeft afdekken een remmende werking gehad. Bij de combinatie ureum + kopersulfaat werden bij niet afdekken veel meer sporangiën gevonden dan bij onbehandeld.

Bij niet afdekken werd bij middel C tot beëindiging van de proef geen onkruidgroei waargenomen.

Tabel 3.2. Invloed van wel of niet afdekken en van behandelingen aangelegd op 22-6-01 op het totaal aantal sporangiën per gram grond bemonsterd op 31-8-01 en op de variatiecoëfficiënt berekend over 5 monsters.

product (dosering in kg/ha)	aantal sporangiën		variatiecoëfficiënt	
	niet afdekken	wel afdekken	niet afdekken	wel afdekken
onbehandeld	23	60	21	17
middel C (20.000)	16	46	39*	22
Ureum + kopersulfaat (750 + 250)	61	61	13	16

* 1 ontbrekend monster

Monsterzakjes in aardappelruggen

Met monsterzakjes ingegraven in aardappelruggen werd gewerkt met doseringen die op een poter toegepast werden in proeven met aardappelen. Op deze wijze zijn de omstandigheden veel natuurlijker dan in potproeven en tevens wordt een indruk verkregen over het effect van de behandeling op vermindering van het aantal sporangiën ten opzichte van de vermindering van de aantasting van de plant.

In de proef met twee herkomsten werden de monsterzakjes omgeven door ruim 1 kg met hetzelfde product behandelde grond. Geen van de behandelingen gaf een verlaging van de besmetting in het monsterzakje (tabel 3.3). Kopersulfaat heeft de natuurlijke daling zelfs geremd. Bij de drie rassenproeven werd alleen in de proef 2001 een daling ten opzichte van onbehandeld gevonden door de toepassing van middel C.

Het verschil met een volveldsbehandeling is dat de monsterzakjes omgeven worden door onbehandelde grond. Het werkingsmechanisme kan door de onbehandelde omgeving verdund zijn, waardoor de werking minder is dan in een pottenproef of een volveldsbehandeling. Het gunstige effect van middel C en ureum + kopersulfaat op het verminderen van een aantasting van aardappelplanten lijkt niet of slecht in beperkte mate door doding van sporangiën verkregen te worden.

Tabel 3.3. Aantal sporangiën per g grond in monsterzakjes bij beëindiging veldproef in 2001 en 2002, proef 2 herkomsten grond, resultaten gemiddeld over gebruikte grondsoorten en over genoemde dosering en 80% lagere dosering.

proef jaar van aanleg: fysio:	2 herkomsten 2001 1	rassen 2001 1	rassen 2002 1	rassen 2002 2/6
product (dosering)				
onbehandeld	6,2	11,6	1,6	24
middel C (8%)	6,5	2,3	1,7	25
Ureum (4%)	6,1			
kopersulfaat (1,5%)	17,6			
Ureum + kopersulfaat (id)	6,1	8,0	4,2	25
F-prob.	<0,001	0,13	0,10	0,6
LSD	1,8	8,0	2,3	20

Volveldstoepassingen

In twee veldproeven met volveldsbehandelingen werd van de toegepaste middelen geen positieve werking op de daling van de bodembesmetting vastgesteld (tabel 3.4). Middel C kon vanwege importproblemen niet in de proeven meegenomen worden.

Tabel 3.4. Aantal sporangiën per gram grond bij bemonstering ruim één jaar na aanleg behandeling, proeven aangelegd in juli 2002 te Ysselsteyn (fysio 1) en Nieuw-Weerdinge (fysio 2/6).

product (dosering in kg/ha)	Ysselsteyn 13-8-03*	Nieuw-Weerdinge 4-9-03
onbehandeld	0,13	5,0
Ureum (750)	0,24	4,4
Ureum + kopersulfaat (750 + 250)	0,16	3,9
varkensdrijfmest (60.000)	0,25	5,7
stalmestpoeder (20.000)	0,18	4,0
F-prob.	0,3	0,5
LSD	0,15	2,5

* na covariantie op aantal sporangiën per gram grond bij aanleg

Biologische grondontsmetting (BGO)

Na de toepassing van biologische grondontsmetting (aanvoer of teelt van veel vers groen materiaal – frezen – nat maken – afdekken met folie) werden in grondmonsters evenveel sporangiën gevonden als zonder biologische grondontsmetting (tabel 3.5). Gebaseerd op de monsterzakjes heeft biologische grondontsmetting echter zelfs remmend gewerkt op de natuurlijke daling van de besmetting. Droogte van de grond onder de folie – zoals bij de proef oriëntatie afdekken - heeft hierbij geen rol gespeeld. Aan het einde van de proef was het vochtgehalte van de grond onder de folie 16% en zonder folie 18%. Het aanwenden van een grote hoeveelheid varkensdrijfmest had ten opzichte van onbehandeld geen effect op de besmetting.

Tabel 3.5. Aantal sporangiën per gram grond in monsterzakjes bij bemonstering op 19-11-02 en in grondmonsters bij bemonstering op 13-8-03, proef aangelegd op 6-9-02 te Ysselsteyn (fysio 1).

	monsterzakjes		grondmonsters	
	onbehandeld	BGO	onbehandeld	BGO
onbehandeld	5,0	13,9	0,07	0,07
varkensdrijfmest (60.000 kg/ha)	5,6	15,3	0,11	0,13
F-prob.		0,043		0,7
LSD		3,1		0,3

Langjarig effect middel C

In het najaar van 2002 werd met het meest perspectiefvolle middel middel C een langjarige proef aangelegd. In deze proef is middel C éénmalig in de extreme dosis van 80 ton/ha angewend en in een dosis van 20 ton. Bovendien zijn er objecten aangelegd met de jaarlijkse toepassing in het najaar van 20 en 5 ton/ha.

Bij bemonstering een half jaar na aanleg werden bij 5 en bij 20 ton per ha iets minder sporangiën gevonden dan bij onbehandeld, terwijl bij 80 ton per ha een sterke daling van de besmetting was opgetreden (tabel 3.6). Tussen de eerste en tweede bemonstering is er bij onbehandeld een sterke daling opgetreden. Bij 5 en bij 20 ton per ha was de daling beperkt, zodat deze hoeveelheden op hetzelfde niveau uitkwamen als onbehandeld. De daling bij 80 ton per ha was gering, maar het aantal gevonden sporangiën was duidelijk lager dan bij onbehandeld. In het najaar van 2003 zijn de hoeveelheid van 5 en 20 ton per ha opnieuw toegepast. In het voorjaar van 2004 werd bij onbehandeld, 5 + 5 en bij 20 ton per ha een significant hoger aantal sporangiën gevonden dan bij 80 ton per ha. 20 + 20 ton per ha nam een tussenpositie in. In het voorjaar van 2003 werd bij 20 en 80 ton/ha minder onkruid (met name muur) gevonden dan bij onbehandeld.

Tabel 3.6. **Aantal sporangiën per gram grond bij bemonstering op 8-4-03, 1-10-03 en 7-4-04, proef aangelegd op 15-10-02 te Ysselsteyn (fysio 1).**

ton/ha middel C op		aantal sporangiën dd		
15-10-02	1-10-03	8-4-03	1-10-03	7-4-04
0		10,9	3,9	2,9
5	5	7,3	4,1	2,5
20		9,1	3,4	2,7
20	20	8,8	4,5	2,2
80		1,8	1,9	1,0
F-prob.		0.026	0,5	0,026
LSD		5,5	3,3	1,2

4 Economisch effect van maatregelen ter verlaging van de wratziekte besmetting

Auteurs: Joanneke Spruijt-Verkerke (PPO) en Johan Wander (PPO)

4.1 Inleiding

Voor verschillende situaties worden de economische effecten berekend:

1. Na besmetverklaring van een perceel is 20 jaar lang geen aardappelteelt meer mogelijk.
2. Versnelde verlaging bodembesmetting m.b.v. 2 volvelds middel C toepassingen na besmetverklaring van een perceel, waarbij na 5 jaar weer aardappelteelt mogelijk is.
3. Perceel is besmet, maar niet besmet verklaard. Er wordt middel C toegepast om verdere besmetting te voorkomen.

Deze situaties worden zowel voor een bouwplan in het Zuid Oostelijk zandgebied als in de Veenkoloniën onderzocht. In het Zuid Oosten gaat het om een 1:4 vruchtwisseling met consumptieaardappelen, suikerbieten, snijmais, triticale, peen, en conservenerwten met als nateelt stamslabonen. Het bouwplansaldo bedraagt € 1.627,- per ha. In de Veenkoloniën zijn de berekeningen uitgevoerd met een 1:3 bouwplan met zetmeelaardappelen, suikerbieten en granen. Hier is het bouwplansaldo € 1.124,- per ha. (De saldo's zijn gebaseerd op KWIN, 2002).

4.2 Resultaten

4.2.1 Beëindiging aardappelteelt (situatie 1):

Op het besmette perceel kunnen minimaal 20 jaar geen aardappelen verbouwd worden. Bij de berekening van het economische gevolg is er vanuit gegaan dat in de Veenkoloniën dan relatief meer graan geteeld wordt en in het Zuid Oosten zowel meer graan als meer mais en groenten. Het is niet aannemelijk dat er relatief meer suikerbieten geteeld zullen worden, omdat er dan quotum bijgekocht moet worden. Waarschijnlijk zal een ondernemer in zo'n situatie op zoek gaan naar beter salderende gewassen, maar dergelijke aanpassingen in de bedrijfsstrategie zijn hier niet meegenomen. Na 20 jaar wordt er een vrijverklaring aangevraagd. De kosten hiervan bedragen volgens de Plantenziektkundige Dienst ca. € 341,- per ha.

In het Zuid Oosten neemt het bouwplansaldo voor het besmette perceel gedurende 20 jaar met € 207,- per ha af en in de Veenkoloniën met € 27,- (tabel 4.1).

Tabel 4.1. **Bouwplansaldo in twee teeltgebieden in de uitgangssituatie en in situatie 1.**

	uitgangssituatie	situatie 1
bouwplansaldo ZO	€ 1.627,-/ha	€ 1.420,-/ha
bouwplansaldo Veenkoloniën	€ 1.124,-/ha	€ 1.097,-/ha

4.2.2 Versneld uitzieken (situatie 2)

In situatie 2 wordt er 5 jaar na besmetting een vrijverklaring aangevraagd, zodat er weer resistente aardappelrassen verbouwd kunnen worden. De kosten hiervan bedragen volgens de Plantenziektekundige Dienst ca. € 909,- per ha.

Er wordt in de uitziekingsperiode 2 maal 20 ton/ha middel C aangebracht. De kosten voor deze behandeling bedragen € 5.193,- per ha (middel C kost ca. € 0,25/kg, het loonwerkstarief voor verspreiden en infrezen is resp. € 91,- en € 102,- per ha).

Bij toepassing van middel C wordt er 1200 kg stikstof per ha aangebracht. Hierdoor is er geen stikstofbemesting in de betreffende teelt nodig. Omdat het product snel wordt afgebroken, wordt er vanuit gegaan dat er geen stikstofnawerking in de daaropvolgende teelt meer is. Door de hoge stikstofgift ontstaat een MINAS N-overschot. Er is gerekend met een MINAS heffing van € 2,30 per kg stikstof per ha voor niet droge zandgronden (norm is 265 kg N/ha).

Middel C wordt 2 maal in de 5 jaar toegepast. Dit kan in het najaar (situatie 2a), in het late voorjaar waarbij het besmette perceel wordt braakgelegd (situatie 2b) of in het vroege voorjaar waarbij er geschat 20% opbrengstderving is (situatie 2c). Vermoedelijk is de toepassing in het late voorjaar meer effectief dan de andere tijdstippen.

Bij versneld uitzieken neemt het saldo op het besmette perceel gedurende 5 jaar met ruim € 1.000,- af (tabel 4.2), waarna er naar verwachting weer resistente rassen geteeld kunnen worden en het saldo weer op het oorspronkelijke niveau zal liggen. Van de verschillende uitziekingsmethoden is 2 maal in de 5 jaar toepassing in het najaar (2a) de goedkoopste methode. Braaklegging van het perceel waar middel C in het voorjaar op toegepast wordt (2b) geeft (gedurende 5 jaar) een ruim € 100,- lager bouwplansaldo dan bij najaarstoediening. Bij voorjaarstoediening vóór de teelt (2c) is men gedurende deze periode ca. € 70,- per ha duurder uit dan bij najaarstoediening. Deze saldoverminderingen zijn inclusief MINAS heffing.

Tabel 4.2. **Bouwplansaldo in twee teeltgebieden in de uitgangssituatie en in de situaties 2a, 2b en 2c.**

	uitgangssituatie	situatie 2a	situatie 2b	situatie 2c
bouwplansaldo ZO	€ 1.627,-	€ 610,-	€ 493,-	€ 549,-
bouwplansaldo Veenkoloniën	€ 1.124,-	€ 45,-	- € 67,-	- € 33,-

Om versneld uitzieken te vergelijken met beëindiging van de aardappelteelt zijn de bouwplansaldo's over een periode van 20 jaar berekend (tabel 4.3). Beëindiging van de aardappelteelt voor 20 jaar (situatie 1) is economisch aantrekkelijker dan versneld uitzieken (situatie 2).

In tabel 4.3 is ook doorgerekend wat het effect is van verlaging van de prijs van middel C. Bij een verlaging naar € 0,125 per kg komt het bouwplansaldo in het Zuid Oosten in de situaties 2a, 2b en 2c ongeveer overeen met situatie 1. In de Veenkoloniën is zelfs bij een prijs van € 0,05 versneld uitzieken niet voordeliger dan situatie 1.

Tabel 4.3. **Bouwplansaldo over een periode van 20 jaar in twee teeltgebieden in de uitgangssituatie en in de situaties 1, 2a, 2b en 2c bij verschillende prijzen voor middel C.**

gebied	prijs	uitg. situatie	situatie 1	situatie 2a	situatie 2b	situatie 2c
ZO	€ 0,25			€ 27.456,-	€ 26.876,-	€ 27.155,-
	€ 0,125	€ 32.545,-	€ 28.390,-	€ 28.706,-	€ 28.126,-	€ 28.405,-
	€ 0,05			€ 29.456,-	€ 28.876,-	€ 29.155,-
Veenkoloniën	€ 0,25			€ 17.089,-	€ 16.530,-	€ 16.699,-
	€ 0,125	€ 22.484,-	€ 21.938,-	€ 18.754,-	€ 18.195,-	€ 18.364,-
	€ 0,05			€ 19.753,-	€ 19.194,-	€ 19.363,-

4.2.3 Besmetverklaring voorkomen (situatie 3)

In deze situatie komt er wel wratziekte voor, maar is het perceel niet besmet verklaard. Om te voorkomen dat dit gebeurt, wordt er middel C aangewend. Dit kan op 2 manieren: door aanwending van 20 ton per ha (situatie 3a) of door toepassing van 600 kg/ha tijdens het poten (situatie 3b).

De kosten voor 3a zijn € 5.193,- per ha (middel C kost ca. € 0,25/kg, het loonwerkstarief voor verspreiden en infrezen is resp. € 91,- en € 102,- per ha). Vanwege het hoge stikstofgehalte hoeft er geen KAS toegepast te worden op het te behandelen perceel, maar volgt er voor het bedrijf wel een MINAS heffing bij gelijkblijvende stikstofgiften in de andere teelten.

Voor 3b zijn de kosten € 160,- per ha. Middel C kost € 150,-/ha. Voor het toedienen van middel C tijdens het poten is nu geen apparatuur beschikbaar. Er wordt uitgegaan van een verrekenprijs van € 10,- per ha (vergelijkbaar met de verrekenprijs voor een granulaatstrooier). Er kan € 20,- bespaard worden op de stikstofgift.

In beide regio's is het aardappelsaldo bij toepassing van 20 ton/ha middel C (3a) ruim € 5.000,- lager (tabel 4.4). Als het volledige areaal aardappelen behandeld wordt is het bouwplansaldo in dat jaar in het Zuid Oosten € 1.600,- lager en in de Veenkoloniën € 2.200,-. Dit bouwplansaldo is inclusief de MINAS heffing voor het bedrijf.

Bij een prijs van € 0,05 per kg middel C is het aardappelsaldo bij volveldstoepassing (3a) in de twee regio's nog slechts € 1.050,- per ha lager. Het bouwplansaldo is in het Zuid Oosten € 600,- lager en in het Noorden €900 lager bij behandeling van alle aardappelpercelen op het bedrijf. Voor het Zuid Oosten is een bouwplansaldovermindering van € 600,- in 1 jaar nog te overwegen om een jaarlijkse vermindering van € 207,- gedurende 20 jaar te voorkomen. In het Noorden is een vermindering van € 900,- in 1 jaar t.o.v. een mogelijke vermindering van € 27,- gedurende 20 jaar onacceptabel.

De toepassing tijdens het poten (3b) geeft in beide gebieden een € 140,- lager aardappelsaldo. Het bouwplansaldo is slechts ongeveer € 40,- lager in het jaar dat alle aardappels behandeld worden. Bij een prijs van € 0,05 per kg geeft de toepassing tijdens het poten (3b) in beide gebieden slechts een € 20,- lager aardappelsaldo. Het bouwplansaldo is in het jaar dat alle aardappels bij het poten behandeld worden nauwelijks lager dan in het uitgangsjaar.

Tabel 4.4. **Saldo aardappelen en bouwplansaldo in twee teeltgebieden in de uitgangssituatie en in de situaties 1a en 1b bij verschillende prijzen voor middel C.**

	gebied	prijs	uitgangssituatie	situatie 3a	situatie 3b
saldo consumptie- resp. zetmeel- aardappelen	ZO	€ 0,25		- € 2.974,-	€ 1.938,-
		€ 0,125	€ 2.078,-	- € 474,-	€ 2.013,-
		€ 0,05		€ 1.026,-	€ 2.058,-
	veenkoloniën	€ 0,25		- € 4.138,-	€ 782,-
		€ 0,125	€ 922,-	- € 1.638,-	€ 857,-
		€ 0,05		- € 138,-	€ 902,-
bouwplansaldo	ZO	€ 0,25		€ 28,-	€ 1.592,-
		€ 0,125	€ 1.627,-	€ 653,-	€ 1.611,-
		€ 0,05		€ 1.028,-	€ 1.622,-
	veenkoloniën	€ 0,25		- € 1.112,-	€ 1.078,-
		€ 0,125	€ 1.124,-	- € 279,-	€ 1.103,-
		€ 0,05		€ 220,-	€ 1.118,-

5 Korte milieutechnische studie van maatregelen tegen wratziekte

Auteurs: Johan Wander (PPO) en Wim van Geel (PPO)

5.1 Inleiding

In het onderzoek naar het effect van maatregelen tegen wratziekte - verlagen aantasting bij teelt van aardappelen en verlagen bodembesmetting – zijn de effectiviteit van toegepaste doseringen maatgevend geweest. Deze doseringen zijn in eerste instantie gebaseerd op gegevens verkregen uit internationale literatuur. Milieutechnische effecten zijn daarbij dus buiten beschouwing gelaten. Op verzoek van de financier is een beperkte milieutechnische studie uitgevoerd om van enkele maatregelen na te gaan hoe deze zich verhouden met MINAS en met de kopernorm.

Gezien het doel van de toepassing van middel C – verlaging besmettingsgraad wratziekte en nematoden – zal middel C niet als meststof, maar als gewasbeschermingsmiddel toegepast moeten worden. Dat neemt niet weg dat de bemestende waarde meetelt in het kader van de mestwetgeving.

5.2 Resultaten

5.2.1 Stikstof

In de veldproeven werd bij toepassing van middel C bij het poten van aardappelen gewerkt met een dosering van 600 kg/ha. In deze proeven werd het product met de hand in een mix met grond op de poter gelegd. Bij een praktijktoepassing zal deze hoeveelheid groter moeten zijn, zodat de hele pootvoor behandeld kan worden. Geschat wordt dat dit neerkomt op toepassing van 1300 kg/ha. Bij een volveldstoepassing wordt uitgegaan van 20.000 kg/ha.

Het totale stikstofgehalte van middel C is ongeveer 6%. Momenteel wordt onderzocht hoe hoog o.a. het gehalte werkelijk is en hoeveel hiervan direct beschikbaar is. Dit onderzoek is moeilijk uitvoerbaar vanwege de moeilijke afbreekbaarheid van een component in het product. De hoeveelheid aangevoerde stikstof met deze hoeveelheden is weergegeven in tabel 5.1. Bij de volveldstoepassing van 20.000 kg/ha middel C wordt een grote hoeveelheid stikstof aangewend. Bij toepassing in het voorjaar met een volggewas, zal dit afhankelijk van het gewas consequenties hebben. In een proef waarin 10 resp. 15 weken voor de zaai van suikerbieten en waspeen 20.000 kg/ha werd toegepast was het effect op het gewas niet groot. Het is onbekend in welke mate er nawerking op zal treden op het gewas in het jaar na toepassing. In een eerste oriëntatie was het effect op aardappelen geteeld een jaar na toepassing beperkt.

In hoofdstuk 4 is voor enkele situaties in twee teelgebieden het effect van toepassing van middel C op een perceel op de MINAS-heffing berekend (tabel 5.2).

Tabel 5.1. **Aangewende hoeveelheid stikstof met enkele doseringen middel C en ureum.**

product	dosering product (kg/ha)	N-totaal (kg/ha)
middel C	600	36
middel C	1.300	78
middel C	20.000	1.200
Ureum	57	26
Ureum	125	57
Ureum	750	345

In de veldproeven werd bij toepassing van ureum bij het poten van aardappelen gewerkt met een dosering van 57 kg/ha. In deze proeven werd ureum met de hand in een mix met grond op de poter gelegd. Het gehalte in de mix was 0,8%. Bij een praktijktoepassing zal de hoeveelheid/ha groter moeten zijn, zodat de hele pootvoor behandeld kan worden. Geschat wordt dat dit neerkomt op toepassing van 125 kg/ha. Bij een volveldstoepassing werd uitgegaan van 750 kg/ha. Gebleken is dat deze hoeveelheid gemengd door de bouwvoor niet effectief is. De hoeveelheid aangevoerde stikstof met deze hoeveelheden is weergegeven in tabel 5.1. De hoeveelheid van 750 kg/ha ureum in het voorjaar voor de teelt van een gewas kan schade geven.

Tabel 5.2. **MINAS-heffing bij toepassing van 20.000 kg/ha middel C.**

situatie	zuidoostelijk zandgebied	veenkoloniën
2a / 2c	335	562
2b / 3a	336	551

Vermoedelijk vanaf 1-1-2006 wordt MINAS vervangen door nieuwe wetgeving. In deze nieuwe wetgeving zal uitgegaan worden van het stikstofadviesniveau per kalenderjaar en zal middel C mogelijk onder overige meststoffen vallen. Bij overige meststoffen wordt er vermoedelijk van uitgegaan dat 10 à 20% van de stikstof werkzaam is. Uitgaande van 6% stikstof in 20.000 kg/ha middel C wordt dan 'slechts' 240 kg N/ha berekend. Bij toepassing in het najaar kan hiervoor de eventuele vrije ruimte van het bedrijf benut worden. Het volgende jaar hoeft er hoogstwaarschijnlijk op het behandelde perceel geen stikstof als kunstmest aan het gewas gegeven te worden, zodat voor het overig areaal extra ruimte ontstaat.

Bij toepassing in het voorjaar is de consequentie voor het bedrijf beperkt, omdat op het behandelde perceel geen stikstof als kunstmest gestrooid hoeft te worden.

Daarnaast zal echter ook de aangevoerde hoeveelheid fosfaat meetellen en worden er beperkingen opgelegd aan het toepassingstijdstip.

5.2.2 Koper

In de veldproeven werd bij toepassing van kopersulfaat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) bij het poten van aardappelen gewerkt met een dosering van 21 kg/ha. In deze proeven werd kopersulfaat met de hand in een mix met grond op de poter gelegd. Het gehalte in de mix was 0,3%. Bij een praktijktoepassing zal de hoeveelheid/ha groter moeten zijn, zodat de hele pootvoor behandeld kan worden. Geschat wordt dat dit neerkomt op toepassing van 46 kg/ha. Bij een volveldstoepassing werd uitgegaan van 250 kg/ha. Gebleken is dat deze hoeveelheid gemengd door de bouwvoor niet effectief is.

Met de genoemde hoeveelheden kopersulfaatpentahydraat wordt resp. 5, 12 en 64 kg/ha Cu aangevoerd. **Met de toediening van 250 kg/ha kopersulfaatpentahydraat wordt het gehalte in de bodem ongeveer verdubbeld.** Bij welke concentratie Cu in de grond schadelijk wordt, hangt af van het gebruik van de grond, het % lutum en het % organische stof.

Er gelden geen wettelijke normen voor de toepassing van kopersulfaat m.b.t. bodemverontreiniging, omdat kopersulfaat als gewasbeschermingsmiddel wordt gezien. De SKAL stelt wel normen aan het gebruik van kopersulfaat: maximaal 8 kg Cu per ha tot 1-1-2006 en na 1-1-2006 maximaal 6 kg Cu per ha.

6 Uitzieking bij de teelt van resistente rassen en niet waard gewassen

Auteurs: Pim van de Griend (HLB), Ronald Bosch (HLB), Roland Velema (HLB) en Johan Wander (PPO)

6.1 Uitgevoerd onderzoek

Om meer inzicht te krijgen in de effecten van aardappelrassen en de teelt van niet-waardgewassen op de bodembesmetting met wratziekte, is met wratziekte fysio 2/6 besmette grond een potproef en een veldproef aangelegd met verschillende aardappelrassen (Seresta (resistentiecijfer 9), Désirée (9, veldproef), Saturna (8), Astarte (7), Kartel (5), Elkana (4, potproef), Elles (5, veldproef), Producent (2)) en gewassen (geplante zwarte nachtschade (potproef), bladrammenas (potproef), zwarte braak (potproef), zomergerst, zomertarwe (veldproef) en gele mosterd (potproef)). Na de teelt zijn de aardappelen beoordeeld op wratvorming volgens de CGO methode. Een 9 betekent geen wratvorming, een 0 zeer veel wratvorming. De potproef is gestart in 1998 met grond van een zwaar met wratziekte besmet perceel uit Nieuw Weerdinge (dalgrond). Voor het inzetten van de proef is de verdunningsreeks 1/1 (onverdund), 1/5, 1/25, 1/125, 1/625 en 1/3125 gemaakt. Hiermee werd een aanvangsbesmetting gecreëerd van 21.500, 4.300, 860, 172, 34, resp. 7 sporangiën per **100** g grond.

Tegelijkertijd met de aanvang van de potproef is een veldproef aangelegd. De proef is uitgevoerd op een met fysio 2/6 besmet perceel in Nieuw Weerdinge. De voorvrucht in 1997 was wintertarwe. Om de besmetting voldoende hoog te krijgen is in het jaar 1998 op het gehele proefveld Producent verbouwd. Vanaf 1999 kende de proef twee teeltsystemen, te weten een 1 op 1 teelt aardappelen met de rassen Seresta, Astarte, Kartel, Elles, Producent en de graangewassen zomergerst en zomertarwe en een 1 op 2 teelt met in 1999 zomergerst en in 2000 de rassen Seresta, Saturna, Astarte, Kartel, Désirée, Elles en Producent.

6.2 Resultaten

6.2.1 Potproef

Aardappelrassen

In tabel 6.1 zijn de resultaten van de besmetting na de aardappelteelt per jaar per ras weergegeven. Het resistentie niveau (volgens de rassenlijst 2004) van het ras heeft grote invloed op de eindbesmetting. Bij een vatbaar ras als Producent werd veel wratweefsel waargenomen in 1999 en 2000 en nam de gemiddelde besmetting aan sporangiën in grond enorm toe. Opvallend hierbij was dat bij de zwaarste aanvangsbesmetting de vermeerdering lager was dan bij matige aanvangsbesmettingen. Zelfs de zeer lage aanvangsbesmetting van 7 sporangiën per 100 g grond leidde bij dit ras na 3 teeltjaren tot een besmettingsniveau wat niet significant verschilde van de teelt bij zeer hoge besmettingsniveaus. Bij Seresta werd in 1999 en 2000 geen wratweefsel gevormd. Alleen bij de drie hoogste aanvangsbesmettingen werden in 2000 wintersporangiën aangetroffen, Uiteindelijk zijn bij de twee hoogste aanvangsbesmettingen na drie continue-teelten in 2000 een verhoging ten opzichte van de aanvangsbesmetting waargenomen. Gezien de volledige resistentie van dit ras en het feit dat er in 1999 en 2000 geen wratvorming werd geconstateerd, is deze toename niet te verklaren. Mogelijk is de grond besmet geraakt door verwisseling van grond van een laag resistent ras. Bij rassen met een resistentiecijfer 7 (Astarte) en 8 (Saturna) werden in 1999 toch op enkele planten wratten gevormd. Na 3 teelten werden alleen bij de twee hoogste aanvangsbesmettingen nog wintersporangiën gevonden, al was deze besmetting wel enorm afgenomen. Het ras Kartel (resistentie 5) werd veel wratweefsel aangetroffen, zelfs bij het laagste besmettingsniveau en nam de besmetting

aanzienlijk toe na 3 continu teelten. Bij Elkana (resistentie 4) werd na drie teelten, bij alle aanvangsbesmettingen, een zeer sterke toename waargenomen van de besmetting. Opvallend is dat de toename bij het meer resistente ras Kartel groter is dan bij het minder resistente ras Elkana.

Tabel 6.2. Het effect van de teelt van rassen op de mate van wratvorming door fysio 2/6 in 1999 en 2000.

	aanvang	Seresta	Saturna	Astarte	Kartel	Elkana	producent
1999	21500	9.0	8.3	7.9	0.5 b	0.1 c	0.1 c
	4300	9.0	7.1	9.0	0.4 b	1.4 c	0.5 c
	860	9.0	9.0	9.0	6.0 a	0.6 c	0.2 c
	172	9.0	9.0	8.0	3.9 a	5.7 ab	0.5 c
	34	9.0	9.0	9.0	4.5 a	1.7 c	5.2 a
	7	9.0	9.0	9.0	0.8 b	7.4 a	2.9 b
	<i>F-prob</i>	-	0.557	0.285	<0.001	<0.001	<0.001
<i>LSD P≤0.05</i>	-	-	-	2.8	2.4	1.5	
2000	21500	9.0	9.0	9.0	0.5 bc	-	0.7
	4300	9.0	9.0	9.0	0.3 bc	-	0.5
	860	9.0	9.0	9.0	2.5 a	-	2.1
	172	9.0	9.0	9.0	0.7 b	-	1.1
	34	9.0	9.0	9.0	0.8 b	-	1.2
	7	9.0	9.0	9.0	0.1 c	-	0.5
	<i>F-prob</i>	-	-	-	<0.001	-	0.241
<i>LSD P≤0.05</i>	-	-	-	0.6	-	-	

Tabel 6.1. Het effect van de continue teelt op de besmetting van wratziekte fysio 2/6 (sporangien per 100 gram grond) van 1998 - 2000.

		na 1998	na 1999	na 2000	vermeerdering
Producent	gemiddeld	6627	66617	65257	1706
	1	7500a	80230ab	75280a	3.5
	1/5	22800a	32420ab	61540a	14
	1/25	9360a	173900a	105920a	123
	1/125	60b	83800ab	61880a	359
	1/625	10b	23480ab	23640b	695
	1/3125	0c	5870b	63280a	9040
	<i>F-prob</i>	<0.001	0.004	<0.001	
Kartel	gemiddeld	567	17307	35933	1871
	1	3380a	90480a	40640ab	1.9
	1/5	20b	12180ab	46000ab	11
	1/25	0c	160b	5500c	6
	1/125	0c	1020b	25760b	150
	1/625	0c	0c	25540b	751
	1/3125	0c	0c	72160a	10308
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	<0.001	
Elkana	gemiddeld	748	15958	10227	65
	1	3370a	40240a	32200a	1.5
	1/5	650ab	30060a	7400b	1.7
	1/25	370bc	24250a	13280ab	15
	1/125	80bcd	1200b	920c	5.3
	1/625	20d	80c	6320b	186
	1/3125	0e	1160b	1240c	177
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	<0.001	
Astarte	gemiddeld	27	207	140	0.006
	1	160a	80b	780a	0.03
	1/5	0b	1160a	60b	0.01
	1/25	0b	0c	0c	-
	1/125	0b	0c	0c	-
	1/625	0b	0c	0c	-
	1/3125	0b	0c	0c	-
	<i>F-prob</i>	0.001	<0.001	<0.001	
Saturna	gemiddeld	153	1161	25	0.005
	1	850a	6700a	140a	0.007
	1/5	70b	180b	80a	0.02
	1/25	0c	0c	0b	-
	1/125	0c	90b	0b	-
	1/625	0c	0c	0b	-
	1/3125	0c	0c	0b	-
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	0.03	
Seresta	gemiddeld	322	107	5207	0.4
	1	1720a	80b	26260 ¹ a	1.2
	1/5	100b	560a	4920 ¹ a	1.1
	1/25	90b	0c	60b	0.07
	1/125	20b	0c	0c	-
	1/625	0c	0c	0c	-
	1/3125	0c	0c	0c	-
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	<0.001	

¹ Hoogstwaarschijnlijk fout

Gewassen

De resultaten worden per gewas weergegeven in tabel 6.3. Na drie teelten met de gewassen bladrammenas, gele mosterd, gerst en nachtschade en zwarte braak is de besmetting bij alle uitgangsbesmettingen (1998) snel teruggelopen. Dit geeft aan dat de uitzieming van sporangiën onder niet waardgewassen behoorlijk snel verloopt en niet verschilt t.o.v. de afname onder een niet beteelde grond. Opvallend is de toename van de besmetting bij een aantal gewassen in het teeltjaar 1999, terwijl de aanvangsbesmetting niet is aangetoond of zeer laag is. Dit kan veroorzaakt zijn door de gebruikte bemonsteringsstrategie.

Tabel 6.3. Het effect van de continue met diverse gewassen tegen fysio 2/6 op de besmetting van wratziekte (sporangiën per 100 gram grond) van 1998 – 2000.

		eind 1998	eind 1999	eind 2000
zwarte braak	gemiddeld	114	130	10
	1	570a	590a	50a
	1/5	0b	60b	0b
	1/25	0b	0c	0b
	1/125	0b	0c	0b
	1/625	0b	0c	0b
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	0.003
bladrammenas	gemiddeld	0	104	2
	1	0	410a	10
	1/5	0	110a	0
	1/25	0	0b	0
	1/125	0	0b	0
	1/625	0	0b	0
	<i>F-prob</i>	-	<0.001	0.431
zwarte nachtschade	gemiddeld	20	132	0
	1	100a	640a	0
	1/5	0b	20b	0
	1/25	0b	0c	0
	1/125	0b	0c	0
	1/625	0b	0c	0
	<i>F-prob</i>	<0.001	<0.001	-
gele mosterd	gemiddeld	0	270	0
	1	0	1350a	0
	1/5	0	0b	0
	1/25	0	0b	0
	1/125	0	0b	0
	1/625	0	0b	0
	<i>F-prob</i>	-	<0.001	-
zomergerst	gemiddeld	12	324	0
	1	60a	1620a	0
	1/5	0b	0b	0
	1/25	0b	0b	0
	1/125	0b	0b	0
	1/625	0b	0b	0
	<i>F-prob</i>	0.003	<0.001	-

Kijkend naar de rassen/gewassen vergelijking in tabel 6.4, dan valt duidelijk op dat de niet waard gewassen minder sporangiën achterlaten na drie teelten t.o.v. de aardappelrassen (m.u.v. de rassen meer resistente rassen Astarte en Saturna). De verschillen t.o.v. van de aardappelrassen Producent, Kartel, Elkana en Seresta (verduningen 1 en 1/5) zijn significant.

Worden de aardappelrassen vergeleken, dan blijkt na drie teelten met de laag resistente rassen Producent en Kartel, dat er significant meer sporangiën achterblijven in vergelijking met Elkana, Astarte, Saturna en

Seresta. De verschillen zijn significant bij alle verdunningsreeksen. Het laag resistente ras Elkana laat na 3 teelten significant meer sporangiën achter dan de hogere resistente rassen Astarte, Saturna en Seresta (alleen 3 laagste besmettingsniveaus). Astarte en Saturna reageren gelijkwaardig.

Verder blijkt dat de pure grond (verdunding 1) de meeste sporangiën achter laat na drie teelten, en de grond die het meest is verdund (1/625), de minste sporangiën (gemiddelde waarden van alle rassen/gewassen). Naarmate er minder sporangiën aanwezig zijn bij aanvang, is de eindbesmetting ook lager. Dit geldt vooral voor de meer resistente rassen (resistentie cijfer >6).

Voor de meer vatbare aardappelrassen (resistentiecijfer <6) gaat dit niet op. Voor de rassen Producent, Kartel en Elkana blijft de eindbesmetting na drie teelten op een hoog niveau steken.

Tabel 6.4. **Het effect van ras/gewas en verdunding op de eindbesmetting (na 2000) van wratziekte (sporangiën per 100 gram grond).**

	1	1/5	1/25	1/125	1/625	<i>gemiddeld²</i>
Producent (2)	75.280a	61.540a	105.920a	61.880a	23.640abcde	65.652
Kartel (5)	40.640ab	46.000ab	5.500e	25.760abc	25.540abcd	29.654
Elkana (4)	32.200abc	7.400cde	13.280bcde	920f	6.320de	12.024
Astarte (7)	780f	60gh	0i	0i	0i	168
Saturna (8)	140g	80gh	0i	0i	0i	44
Seresta (10)	26.260 ³ abcd	4.920 ³ e	60gh	0i	0i	6.248
zwarte braak	50gh	0i	0i	0i	0i	10
bladrammenas	10h	0i	0i	0i	0i	2
zwarte nachtschade	0i	0i	0i	0i	0i	0
gele mosterd	0i	0i	0i	0i	0i	0
zomergerst	0i	0i	0i	0i	0i	0
<i>gemiddeld¹</i>	15.942	10.909	11.776	8.051	5.045	10.339

¹ LSQ verdunding: 1.6 (F-prob <0.001)

² LSQ gewas/ras: 2.0 (F-prob <0.001)

LSQ verdunding x gewas/ras: 4.6 (F-prob <0.001)

Als de verhouding tussen 2 waarden groter is dan de LSQ waarde (P 0,05) dan is het verschil significant. De vetgedrukte letters geplaatst achter de waarden slaan op de verdunding x gewas/ras vergelijking (LSQ waarde 4.6), waarbij geen overeenkomstige letters betekend dat het verschil significant is.

³ Hoogstwaarschijnlijk fout

6.2.2 Veldproef

De resultaten worden per teelt weergegeven in de tabellen 6.5 en 6.6. De aanvangsbesmetting is bepaald na de teelt van Producent in 1998 en was niet voor alle objecten gelijk.

Ondanks de teelt van het vatbare ras Producent in 1998 is de gemiddelde aanvangsbesmetting op 11/5/99 aan de lage kant (ca. 200 sporangiën/100 gram grond). Opvallend is dat de verschillen in aanvangsbesmetting groot zijn. Deze varieert van 30 tot 500 sporangiën per 100 gram grond. De spreiding binnen de 4 herhalingen is groot. Op veel veldjes wordt geen besmetting aangetoond. Deze spreiding kan veroorzaakt zijn door een ongelijke verdeling van het wratweefsel door de grond, waardoor door toeval grote verschillen in besmettingen kunnen ontstaan. Deze ongelijke verdeling kan mede veroorzaakt zijn doordat het in 1998 gevormde wratweefsel door ploegen onder in de bouwvoor is gekomen. In 2000 en 2001 is daarom de grond eerst gespit voordat bemonstering plaatsvond en is het aantal stekken per veldje verhoogd naar 60 i.p.v. 24.

Kijkend naar de resultaten van de continue teelt aardappelen (twee teelten) is in tabel 6.5 te zien dat er een behoorlijke toename is bij het gevoelige ras Producent. Steeds was er een toename van de besmetting.

Ook werd er wratvorming waargenomen.

Voor het ras Kartel in de 1 op 1 is er in het eerste teeltjaar 1999 geen wratvorming waargenomen. De besmetting is ook afgenomen. Na de teelt van 2000 zijn er wel wratten beoordeeld en nam de besmetting ook toe. Dit was ook te zien (tabel 6.6) bij de 1 op 2 teelt (Kartel in het jaar 2000)

Uit de veldproeven blijkt verder dat als er wratvorming heeft plaatsgevonden, dat de besmetting toeneemt. Dit geldt voor de rassen Elles, Kartel en Producent. Voor het ras Astarte is dit andersom. In 2000 was in

beide teeltsystemen voor dit ras een toename te zien in de besmetting, terwijl er geen wratten gevormd werden.

Bij de 1 op 2 teelt is een afname te zien van het aantal wintersporangiën na een teelt van zomergerst (tabel 6.6). Dit is ook te zien bij de 1 op 1 teelt voor de graangewassen in tabel 6.5.

Ondanks de aanwezigheid van wratweefsel is na de teelt van de rassen Producent, Elles en Kartel slechts een lichte toename van de besmetting aangetroffen. Dit duidt erop dat ondanks de menging door de spitmachine in 2000 en het verhogen van het aantal stekken detectie van de besmetting in het veld een moeilijke zaak is. Anderzijds, misschien is het beter de wratten goed te laten verteren en de eindbemonstering pas uitvoeren 2 jaar naar de teelt (in deze proef dus begin 2002) in plaats van na een half jaar.

Tabel 6.5. **Het effect van de continue teelt aardappelen op een kunstmatig met fyso 2/6 besmet perceel in Nieuw Weerdinge op de besmetting van wratziekte (sporangien per 100 gram grond en index) van 1999 - 2000.**

	na 1998	na 1999	na 2000		vermeerdering	
	sporangien 11/5/99	index	sporangien 4/5/00	Index	sporangien 2/5/01	
Astarte (7)	110	9a	30	9a	150	1.4
Elles (5)	30	9a	30	9a	0	-
Kartel (5)	490	9a	30	7.6b	150	0.3
producent (2)	30	7.1b	80	4.3c	200	6.7
Seresta (10)	150	9a	280	9a	100	0.7
zomergerst	510	-	130	-	0	-
zomertarwe	110	-	60	-	80	0.7
<i>F-prob</i>	0.08	<0.001	0.448	<0.001	0.133	

Tabel 6.6. **Het effect van een 1 op 2 teelt van zomergerst en aardappelen op een kunstmatig met fyso 2/6 besmet perceel in Nieuw Weerdinge op de besmetting van wratziekte (sporangien per 100 gram grond en index) van 1999 - 2000.**

	na1998	na 1999 (gerst)	na 2000 (aardappelen)		vermeerdering (tov aanvang)
	sporangien 11/5/99	sporangien 4/5/00	index	sporangien 2/5/01	
Astarte (7)	0	0	9.0a	10	-
Desiree (9)	290	150	9.0a	60	0.2
Elles (5)	250	0	8.8a	80	0.3
Kartel (5)	180	30	7.4b	130	0.7
producent (2)	180	30	6.1c	80	0.4
Saturna (8)	100	0	9.0a	0	-
Seresta (10)	380	130	9.0a	30	0.1
<i>F-prob</i>	0.671	0.345	<0.001	0.713	

7 Algemene discussie

Auteurs: Johan Wander (PPO) en Jan Lamers (PPO)

In de uitgevoerde pottenproeven en met onderzoek met monsterzakjes in aardappelruggen werd gewerkt met zeer hoge doseringen van de behandelingen. De gebruikte doseringen werden afgeleid uit de literatuur (Hampson and Coombes, 1995) en zijn in praktijk realiseerbaar bij punttoepassing op de aardappelknol. Om bijvoorbeeld de dosering van 8% van middel C te realiseren in de bouwvoor zou echter een extreme hoeveelheid nodig zijn van 240 ton/ha. Daarom werd bij de veldstoepassingen gekozen voor praktisch realiseerbare hoeveelheden die economisch en milieutechnisch aanvaardbaar leken. Zodoende werd gekozen voor 20 ton/ha middel C en 750 kg/ha ureum + 250 kg/ha kopersulfaat. De verhouding tussen ureum en kopersulfaat was hiermee ongeveer gelijk aan de in de pottenproeven gebruikte doseringen. Uit het pottenonderzoek en het onderzoek met monsterzakjes in aardappelruggen kwamen middel C, stalmestpoeder, ureum en ureum + kopersulfaat als meest perspectiefvol naar voren. In de aangelegde veldproeven werd met middel C het beste effect bereikt. Achteraf kan echter gesteld worden dat de gekozen dosering van 750 kg ureum/ha (+ 250 kg/ha kopersulfaat) relatief laag is ten opzichte van de 20 ton/ha middel C. Voor zover het in de inleiding genoemde ammoniakeffect een rol speelt bij de directe doding van sporangiën, wordt er met de genoemde dosering middel C gezien het stikstofgehalte ongeveer maximaal drie- à viermaal zoveel bereikt als met ureum. Het zou daarom interessant zijn om alsnog het effect van ureum in een dosering van ongeveer 2500 kg/ha uit te testen. De dosering van de kopersulfaat kan vanwege de milieubelasting echter niet verder verhoogd worden. De toegevoegde waarde van kopersulfaat hangt vermoedelijk af van de pH. Bij een lage pH zou met ureum zonder toevoeging van kopersulfaat hetzelfde effect bereikt kunnen worden als met toevoeging van kopersulfaat in verband met het verlagende effect op de pH van kopersulfaat.

Als de effecten van 20 ton/ha middel C en 2500 kg/ha ureum op de verlaging van de bodembesmetting gelijk zouden zijn, dan is de toepassing van ureum economisch gezien even rendabel als de toepassing van middel C bij een prijsniveau van €0,30/kg voor ureum en €0,05 voor middel C. Het is thans niet bekend of de prijs voor middel C dit lage niveau kan bereiken.

Bemestingsaspecten spelen echter ook een rol. Het is thans nog niet bekend of bij de toepassing van middel C als gewasbeschermingsmiddel de stikstof volledig meegerekend moet worden in het kader van de mestwetgeving. Bij toepassing van ureum speelt dat sowieso wel. De hoge gift moet dan in bedrijfsverband gecompenseerd worden met vermindering van de stikstofgift op andere percelen of in het geval er per perceel gekeken gaat worden, zal een dermate hoge gift alleen op een gedeelte van het perceel mogelijk zijn. Dit laatste is perspectiefvol als bekend is hoe de besmetting over een perceel verdeeld is.

In de proeven waarbij de 8% dosering middel C werd uitgetest in potten of in monsterzakjes werd gemiddeld een vermindering van het aantal sporangiën ten opzichte van onbehandeld verkregen van 54% resp. 20% met een variatie van 0 tot 80%. In de potten was de werking duidelijk sterker dan bij de monsterzakjes in de veldsituatie. Blijkbaar worden in een pot vluchtige stoffen die vrijkomen bij de vertering van middel C min of meer opgesloten. In het bijzonder valt hierbij te denken aan ammoniak. In de veldsituatie zullen deze stoffen makkelijker verdwijnen. De toepassing van 20 ton/ha middel C volvelds gaf in één proef een vermindering ten opzichte van onbehandeld van 28%. In de veldproef waarin het langjarige effect bekeken wordt, werd gemiddeld over de tot nu toe uitgevoerde bemonsteringen een vermindering verkregen van 15%. Het effect van de volveldstoepassing met 20 ton/ha komt dus goed overeen met de 8% dosering in monsterzakjes.

In enkele proeven werden ook negatieve effecten van een behandeling op de natuurlijke daling van de besmetting met wratiekte geconstateerd. In de proef "Oriëntatie afdekken" (tabel 3.2) en in het onderzoek met monsterzakjes in aardappelruggen aanleg 2002 in rassenproef fysio 1 (tabel 3.3) werd bij ureum + kopersulfaat een hoger aantal sporangiën gevonden dan bij onbehandeld. Kopersulfaat had in het onderzoek met monsterzakjes in aardappelruggen (tabel 3.3) een hoger aantal sporangiën dan onbehandeld. Ook werkte biologische grondontsmetting (tabel 3.5) negatief. Het afdekken op zich in de proef "Oriëntatie afdekken" werkte negatief vanwege het uitdrogen van de grond. Bij de biologische grondontsmetting speelde dit droge effect niet omdat de grond zeer nat was gemaakt bij aanvang. De natuurlijke daling van

het aantal sporangiën werd in deze proeven mogelijk geremd doordat de behandeling tot inactiviteit van de sporangiën leidt, waardoor ze niet meer kiemen. Mogelijk speelt het bodemleven een rol bij de daling van het aantal sporangiën en wordt de werking van dit bodemleven geremd.

In de proeven waarbij het effect van middel C en ureum + kopersulfaat bij verschillende rassen werd getest, werd gewerkt met vrij extreme omstandigheden. Bij het poten werd op elke poter een ziektedruk aangebracht van ongeveer 24.000 sporangiën in 200 g grond (120 sporangiën per g grond). Dit lijkt veel, maar om duidelijke verschillen in proeven te vinden zijn dergelijke niveaus nodig en in praktijk kunnen dergelijke niveaus plaatselijk voorkomen. Het effect van een behandeling met middel C en met ureum + kopersulfaat op de vermindering van de mate van aantasting van partieel resistente of vatbare aardappelrassen was duidelijk sterker dan het effect van deze behandelingen op de vermindering van de bodembesmetting. Als uitgegaan wordt van een hoog geschat effect van 50% daling van de bodembesmetting – dus van 120 naar 60 sporangiën per gram grond – dankzij een behandeling op de poter, dan kan op basis van pottenonderzoek van Hampson (1992) gerekend worden op een daling van de incidentie van 92 naar 86%. Op basis van een potproef van het PPO (Baayen et al., 2004) kan gerekend worden op een daling van de hoeveelheid wratweefsel met 17%. Deze geschatte effecten zijn natuurlijk niet rechtstreeks te vergelijken met het uitgevoerde veldonderzoek, maar in het veldonderzoek was het effect op de incidentie met een daling van ongeveer 60% en het effect op de hoeveelheid wratweefsel met 90% veel groter dan verwacht kon worden op basis van het pottenonderzoek. Het zwakkere effect op vermindering van de bodembesmetting werd gevonden bij de volveldstoepassingen met een relatief lage dosering en bij de monsterzakjes in aardappelruggen waarmee de toepassing op een aardappelpoter werd nagebootst. Het grote verschil in effectiviteit kan dus niet verklaard worden vanuit directe doding van de sporangiën. Het effect van ammoniak op doding zoösporen en/of het plantversterkend effect moeten dus een belangrijke rol spelen bij het voorkomen van een aantasting van aardappelen.

De PD verordening en de HPA verordening beperken in sterke mate de rassenkeuze. Met de toepassing van middel C en ureum + kopersulfaat kan de aantasting van laag en partieel resistente rassen echter aanzienlijk verminderd worden. In de fysio 1 rassenproef in 2001 gaf Maritiema met een behandeling met middel C of ureum + kopersulfaat een beter respectievelijk gelijk resultaat wat betreft de aantasting door wratziekte als de rassen Hansa en Felsina zonder behandeling. In 2002 werd zo'n groot effect bij Maritiema en Bintje niet bereikt vermoedelijk vanwege de zeer gunstige omstandigheden voor wratziekte. Toch was de hoeveelheid geproduceerd wratweefsel bij middel C slechts 40 resp. 17% van onbehandeld. In de fysio 2 / 6 rassenproef in 2001 werd met Elles en Kartel met behandeling bijna geen aantasting gevonden. In 2002 was de aantasting bij Producent met middel C of ureum + kopersulfaat lager dan bij Elles en Kartel zonder behandeling. Evenzo werd bij Elles en Kartel met middel C bijna geen aantasting gevonden. In combinatie met het verplichte gebruik van middel C of ureum + kopersulfaat is het dus verantwoord om de rassenkeuze te verruimen. Een controle op de naleving is daarbij nodig en technisch mogelijk. Indien de industrie zeer gehecht is aan de teelt van vatbare aardappelrassen op contract, dan kan na aanpassing van de verordeningen middel C of ureum + kopersulfaat als "verzekeringspremie" toegediend worden. De industrie kan hierbij de controle uitvoeren.

Het gebruik van middel C of ureum + kopersulfaat bij het poten heeft echter als nadeel dat de opkomst en de begingroei van de aardappelen nadelig beïnvloed kunnen worden, waardoor opbrengstschade ontstaat. Wellicht kan dit negatieve effect verminderd worden door de behandelingen enige tijd voor het poten toe te dienen. Uit de literatuur (Hampson en Coombes, 1995) is bekend dat toepassing van een hoge dosering middel C vijf weken voor het poten een zeer goede effectiviteit tegen aantasting heeft. Over ureum + kopersulfaat zijn dergelijke onderzoeksresultaten niet bekend. Bij het uitvoeren van de behandeling enkele weken voor het poten zal de dosering aangepast moeten worden ten opzichte van de dosering welke toegepast werd bij het poten, omdat het dan niet mogelijk is om de behandeling zeer dicht bij de poter te plaatsen.

In de rassenproeven werd er voor gekozen om te werken met de combinatie van ureum + kopersulfaat. Op basis van literatuur leek dit interessanter dan beperking tot alleen ureum. Om de kosten te drukken werd ervoor gekozen om niet te onderzoeken wat het afzonderlijke effect van beide middelen op aantasting van aardappelen is. Achteraf is nu zodoende niet bekend of het voor een goede effectiviteit noodzakelijk is om beide middelen toe te passen of dat één van beide voldoende is. Uit onderzoek naar het effect van ureum, kopersulfaat en ureum + kopersulfaat op de bodembesmetting met wratziekte is niet naar voren gekomen dat kopersulfaat effectief is of de werking van ureum verbeterd. Van ureum alleen bleek er wel werking te

zijn. Mogelijk kan dus ook bij de toepassing bij het poten kopersulfaat weggelaten worden. Bovendien is niet bekend of de nadelige effecten op de opkomst en begingroei door beide middelen of door één van beide middelen veroorzaakt wordt. Vermoedelijk speelt kopersulfaat een belangrijke rol bij het ontstaan van opkomst- en groeiremming, omdat volgens ander onderzoek ureum - op iets andere wijze toegepast dan in het wratziekteonderzoek – geen schade geeft aan het aardappelgewas. In dit onderzoek naar de bestrijding van gewone schurft werd onder andere gekeken naar het effect van een rijenbemesting met ureum (Bus, 2003). In het wratziekteonderzoek werd 57 kg/ha ureum op de poter gelegd. Bij toediening in de pootvoor komt dit neer op ongeveer 125 kg/ha wat overeen komt met 58 kg/ha N. In het schurftonderzoek werd ureum in de pootvoor gestrooid nadat de aardappelen waren toegedekt. Er werd gewerkt met doseringen van 150 à 180 kg/ha N. Ten opzichte van een volveldsbemesting werd een beperkte opbrengstderving geconstateerd. Hieruit kan afgeleid worden dat de in het wratziekte-onderzoek toegepaste dosering hoger kan. Een navenante verhoging van de hoeveelheid kopersulfaat is onwenselijk vanwege de bodembelasting met koper.

In de uitgevoerde rassenproeven was de werking van middel C tegen aantasting door wratziekte beter dan de werking van ureum + kopersulfaat. De behandeling met ureum + kopersulfaat had ten opzichte van middel C echter als voordeel dat de opkomst en beginontwikkeling minder geschaad werden en dat zodoende het negatieve effect op de opbrengst duidelijk minder was dan bij toepassing van middel C. Bovendien zijn de kosten van een toepassing van ureum + kopersulfaat lager dan de toepassing van middel C. Bij het uitvoeren van een behandeling bij het poten kan dus het beste ureum + kopersulfaat ingezet worden. Mogelijk kan kopersulfaat weggelaten worden. Het is niet bekend welke behandeling het beste uitgevoerd kan worden als de behandeling enkele weken voor het poten wordt uitgevoerd.

In het onderzoek naar het effect van teelt van resistente rassen en niet waardgewassen was in zowel de potproef als de veldproef de spreiding groot en zijn er soms vreemde resultaten aangetroffen. Hiervoor zijn meerdere mogelijke oorzaken aan te geven. Met het gebruikte monster en de analysemethodiek wordt een deel van de besmetting niet opgespoord. Wanneer wratten onvoldoende uiteen vallen kan dit bij monsternamen veel spreiding tussen de herhalingen opleveren, omdat door toeval in het ene monster veel half verteerd wratweefsel is terechtgekomen en in het andere niet. Dit treedt vooral op bij rassen die veel wratweefsel achterlaten. In beide proeven werd de eindbemonstering een ½ jaar na de oogst uitgevoerd. Op het moment dat er wratweefsel gevormd is, dan is het wellicht beter langer dan een jaar te wachten met de eindbemonstering. De resultaten en de daaruit voortvloeiende conclusies zijn gebaseerd op deze proef die gedurende drie jaar heeft plaatsgevonden op één locatie. Daarom is het belangrijk om de resultaten als indicatieve waarden te beschouwen. Toch was het mogelijk enige uitspraken te doen omtrent de uitzieming van wintersporangiën van wratziekte.

Een verschil tussen dit onderzoek met de praktijk is dat in dit onderzoek al het wratweefsel op het land achterbleef, terwijl in de praktijk alleen kleine wratjes en bij de oogst reeds verteerde op stengels gevormde wratten op het land achterblijven. Grote wratten gevormd op stolonen of knollen worden meege oogst. De effecten op vermeerdering zullen in praktijk dus kleiner zijn. Uit het vruchtwisselingsonderzoek, waarbij in een veldproef in de veenkolloniën werd gekeken naar het effect van 1 : 1 en 1 : 2 teelt van aardappelrassen of granen op de mate van besmetting van de grond, is gebleken dat de daling van de besmetting in de loop van enkele jaren sterk kan zijn bij de teelt van een hoog resistent ras (Seresta en Saturna) en graan. Tussen deze teelten werd geen duidelijk verschil geconstateerd. Ook in een pottenproef, waarbij werd gekeken naar continue teelt van aardappelrassen, groenbemesters en braak, werd veelal een sterke, maar wisselende daling van de besmetting gevonden. Bij het pottenonderzoek kan de snelheid van de daling sterk beïnvloed zijn doordat de besmette grond in de wintermaanden opgeslagen werd in plastic zakken. Bij de resistente rassen Saturna en Astarte, bij de diverse groenbemesters en bij braak werd een duidelijke en vergelijkbare daling van de besmetting verkregen. Bij het hoog resistent ras Seresta vond er geen daling plaats. Omdat er in geen van de jaren wratweefsel werd gevormd is er hoogstwaarschijnlijk sprake van een fout. Geconcludeerd kan worden dat de daling van de besmetting met wratziekte niet afhangt van het gewas wat geteeld wordt of van het braak houden en in dezelfde mate daalt bij hoog resistente rassen.

Uit de literatuur is het bekend dat andere Solanaceae, zoals tomaat, aangetast kunnen worden door wratziekte. Over de mogelijke aantasting van zwarte nachtschade door wratziekte is de informatie beperkt. Alleen Hampson (1993) geeft aan dat zwarte nachtschade een potentiële 'carrier' is voor wratziekte. In de pottenproef werd zelfs bij de zeer lage besmetting van 0,07 sporangiën per g grond een zeer zware aantasting verkregen op de rassen Producent en Kartel. Ook Elkana werd vrij zwaar aangetast. Anderzijds

kon bij Astarte en Saturna alleen bij een extreem zware besmetting van de grond een aantasting verkregen worden. Hiermee wordt aangetoond dat de keuze in de huidige HPA verordening voor rassen die in het preventiegebied niet en wel geteeld mogen worden juist is.

De zeer snelle daling van de mate van besmetting van de grond die met name in de pottenproef werd waargenomen, stemt niet overeen met lopend onderzoek van het PPO (nog niet gerapporteerd) en stemt niet overeen met het feit dat sporangiën tot 40 jaar in de bodem kunnen overleven. Wellicht dat bepaalde omstandigheden bij uitvoering van de pottenproef een sterk effect hebben gehad op de snelheid van de uitzieking.

Uit de diverse proeven met aardappelrassen is gebleken dat het beleid om geen teelt van rassen toe te staan met een resistentie lager dan een 6 voldoende stringent is. Echter, nieuwe besmettingen worden nog steeds gevonden. Volgens Baayen van de Plantenziektenkundige Dienst (pers. med., 2004) hangen nieuwe besmetverklaringen altijd samen met het ontduiken van deze regelgeving. Hierbij kan sprake zijn van rasvermenging bij gebruikmaking van TBM pootgoed, of het bewust telen van een laag resistent ras. De aantasting door wratziekte op zich van het te laag resistente ras kan op verschillende wijzen ontstaan zijn: a) het perceel was al besmet, maar niet besmet verklaard; b) het pootgoed was aangetast door wratziekte; c) met verstuiwing of aanhangende grond zijn sporangiën van een besmet perceel op het perceel gekomen. De mogelijkheden a) en b) moeten voorkomen worden door inspecties volgens het huidige beleid.

Mogelijkheid c) kan voorkomen worden door stringenter naleven van de quarantainemaatregelen volgens het huidige beleid of door bijvoorbeeld het dwingend opleggen van maatregelen op besmet verklaarde percelen waardoor de uitzieking versneld wordt. Immers een perceel waarvan de besmetting versneld op een laag niveau gebracht wordt, geeft minder kans op verspreiding van sporangiën.

8 Conclusies

- Gemiddeld over alle rassen en alle 5 veldproeven gaf de toepassing van 16 g middel C op de poter een vermindering van het aantal aangetaste planten van ongeveer 60%. De hoeveelheid geproduceerd wratweefsel nam gemiddeld over alle rassen en 4 veldproeven af met bijna 90%. Ureum + kopersulfaat had een vrijwel even sterk effect.
- Gebleken is dat het officieel onvatbare ras Felsina bij een vrij zware ziektedruk aangetast kan worden door wratziekte fysio 1.
- De toepassing van middel C bij het poten voorkwam bij het officieel onvatbare ras Felsina de aantasting door wratziekte fysio 1.
- De toepassing van middel C (16 g op de poter) of ureum + kopersulfaat (1,6 + 0,6 g op de poter) bij het poten van de rassen Maritiema, Bintje, Hansa, Producent, Elles en Kartel verminderde de aantasting door de fysio's 1 resp. 2/6 sterk.
- Bij de meer vatbare rassen is geconstateerd dat het effect van middel C op het voorkomen van wratziekte sterker is dan het effect van ureum + kopersulfaat.
- Er bleken grote verschillen te zijn in veldresistentie voor fysio 1: het ras Hansa werd in de proeven iets zwaarder aangetast dan Felsina, Bintje werd nog zwaarder aangetast en het zwaarst werd Maritiema aangetast.
- Bij onderzoek met wratziekte fysio 2/6 is gebleken dat bij een vrij zware ziektedruk de rassen Kartel en Elles ongeveer even zwaar door wratziekte aangetast worden. De bijstelling van de Rassenlijstcijfers van 6 resp. 4 naar beide een 5 is dus terecht.
- De resistente rassen Donald, Seresta en Starga gaven geen aantasting en dus geen vermeerdering van wratziekte fysio 2/6.
- De volveldstoepassing van 20.000 kg/ha middel C gaf een verlaging van de bodembesmetting met wratziekte fysio 1 met 15 tot 28%.
- Met de volveldstoepassing met hoge doseringen zuiver middel C, ureum, kopersulfaat, ureum + kopersulfaat, stalmeestpoeder en varkensdrijfmest en met biologische grondontsmetting werden geen perspectievolle resultaten geboekt om de bodembesmetting met wratziekte te verlagen.
- De natuurlijke daling van de wratziektebesmetting werd in enkele gevallen geremd. Droogte kon hierbij een oorzaak zijn, maar het lijkt er op dat bepaalde behandelingen mogelijk leiden tot inactiviteit van de sporangiën of tot remming van bodemleven wat sporangiën afbreekt.
- De vermindering van de aantasting van aardappelplanten bij toepassing van middel C of ureum + kopersulfaat bij het poten wordt waarschijnlijk vooral door het effect van ammoniak op doding zoösporen en/of het plantversterkend bereikt en slechts in beperkte mate door directe doding van sporangiën.
- Het bleek dat de wintersporangiën snel afbreken in de bodem en vaak na twee tot drie jaar niet meer aantoonbaar zijn. Analyse van meer onderzoeksresultaten moet de snelheid van daling beter in beeld brengen.
- Bij continueelt van eenzelfde aardappelras bleek dat een evenwichtsniveau wat betreft de mate van besmetting werd bereikt in het tweede en derde jaar. De hoogte van dit evenwichtsniveau was per ras verschillend en kwam overeen met het resistentiecijfer.
- Verschillen tussen braak en braakgewassen voor wat betreft de uitzieling waren klein en niet significant.
- Na de teelt van de rassen met een resistentie cijfer hoger dan 5 is zowel bij de 1 op 1 teelt als bij de 1 op 2 teelt een afname van de besmetting waargenomen. Wel is er bij de rassen Elles en Kartel wratvorming aangetroffen.
- Een zeer laag besmettingsniveau (0,07 sporangiën per g grond) kon bij vatbare rassen een zware aantasting geven.
- Middel C gaf een onkruidonderdrukkend effect.
- De rendabiliteit van een behandeling met middel C hangt sterk af van de benodigde dosering en prijs.
- De kosten van een volveldsbehandeling met 20.000 kg per ha middel C zijn bij een prijs van €0,25 per kg te hoog vergeleken met de economische schade door wratziekte. Dit geldt zowel voor het verlagen

van de bodembesmetting als voor het voorkomen van een besmetverklaring.

- De kosten van een éénmalige behandeling met middel C bij het poten zijn wel acceptabel als een "verzekeringspremie" om een langdurige saldoevermindering a.g.v. een besmetverklaring te voorkomen.
- Bij een prijs van middel C van €0,05 per kg is een volveldsbehandeling met 20.000 kg per ha voor versneld uitzielen of voorkomen van een besmetverklaring in het Zuid Oosten wel te overwegen. In de Veenkoloniën blijft deze toepassing te duur.
- Een besmetverklaring leidt in het Zuidoostelijk zandgebied tot een andere aanpassing van het bouwplan dan in de Veenkoloniën. De rendabiliteit van een volveldstoepassing van middel C lijkt in samenhang hiermee in het Zuidoostelijk zandgebied eerder rendabel dan in de Veenkoloniën.
- De volveldstoepassing van middel C leidt tot een zeer hoge aanvoer van stikstof en daarmee tot een aanzienlijke MINAS-heffing.
- De toepassing van middel C, ureum en kopersulfaat bij de teelt van aardappelen geeft vermoedelijk geen problemen met de nieuwe mestwetgeving wat betreft heffingen.
- De toekomstige wetgeving ter vervanging van MINAS schept ruimte voor de toepassing van middel C.
- Uitbreiding van het aantal besmette percelen kan voorkomen worden door het dwingend opleggen van maatregelen op besmet verklaarde percelen waardoor de uitzieling versneld wordt.

Literatuur

- Baayen, R.P., H. Bonthuis, J.C.M. Withagen, J.G.N. Wander, J.L. Lamers J.P. Meffert, G. Cochius, G.C.M. van Leeuwen, H. Hendriks, B. Heerink, P.H.J.F. van den Boogert, P. van de Griend, R.A. Bosch, 2004. Resistance of potato varieties to *Synchytrium endobioticum* in field and laboratory tests, risk of secondary infection, and implications for phytosanitary regulations for potato wart disease. In press.
- Bus, C.B., 2003. Onderzoek bestrijding poederschurft bij aardappelen. Een documenterend verslag van ruim 50 veld- en andere proeven over de periode 1995 – 2001. PPO 5154360, 47 pp.
- Hampson, M.C., 1992. A bioassay for *Synchytrium endobioticum* using micropropagated potato plantlets. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 14, p. 289-292.
- Hampson, M.C., 1993. History, biology, and control of potato wart disease in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* 15, p. 223-244.
- Hampson, M.C. and J.W. Coombes, 1995. Reduction of potato wart disease with crushed crabshell: suppression or eradication? *Canadian J. of Plant Pathology* 17, p. 69-74.
- Laidlaw, W.M.R., 1985. A method for the detection of the resting sporangia of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in the soil of old outbreak sites. *Potato Research* 28: 223-232.
- Rintelen, J., Schöner, M. & Hunnius, W., 1983. Nachweis und Lebensdauer des Kartoffelkrebserregers in alten Krebsherden. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 90: 251-257.

Bijlage 1. Kennisoverdracht

- Anonymous, 2003. Middel C remt wratten. OOGST Landbouw, 14 maart 2003, p. 44.
- Anonymous, 2004. Gemalen garnaal tegen wratziekte in aardappel. www.agriholland.nl
- Boerma, M., J. Lamers en J. Wander, 2003. Middel C remt wratziekte. OOGST-PLUS, 4 april 2003, p. 21.
- Ellenkamp, R, 2003. Middel C veelbelovend middel in strijd tegen wratziekte. Telers kunnen op Akkerbouwmanifestatie Zuidoost-Nederland onderzoeksresultaten bekijken. Stal & Akker, 6-9-03, p.23.
- Maanen, G. van, 2004. Gemalen garnaal kan wratziekte in aardappelteelt terugdringen. Wb 6 (12), p. 4.
- Wander, J. en J. Lamers, 2003. Wratziekte: voorkómen beter dan genezen. Posterpresentatie op Akkerbouwmanifestatie Vredepeel 10-9-03.
- Wander, J. en J. Lamers, 2004. Middel C verlaagt de aantasting van aardappelen en de bodembesmetting met wratziekte (*Synchytrium endobioticum*). Inleiding op KNPV gewasbeschermingsdag 24-3-04.
- Wander, J. en J. Lamers, 2004. Middel C verlaagt de aantasting van aardappelen en de bodembesmetting met wratziekte (*Synchytrium endobioticum*). Gewasbescherming 35 (2), p. 94 - 95.