

Resistentie toets van aardappel tegen *Meloidogyne Chitwoodi* 2010-2013

Overzicht van het onderzoek medegefinancierd door Productschap
Akkerbouw

Leendert Molendijk, & Thomas Been

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten
November 2014

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Projectnummer: 3250195400

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving & Plant Research International,
onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 2600 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 291 111
Fax : +31 320 230 479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

Inhoud

1	SAMENVATTING.....	4
2	INLEIDING	5
3	OPZET VAN HET PROJECT MELORESIST	7
4	DE EERSTE AANWIJZING, NORSHIE ET AL.	9
5	MEER GENOTYPEN GETEST TEGEN DESIRÉE	10
6	WORTELRESISTENTIE GEKOPPELD AAN KNOLRESISTENTIE ?.....	13
7	POPULATIEONTWIKKELING IN DE KNOLLEN TIJDENS BEWARING	15
8	EERSTE RESULTATEN 'DOWNSCALING'.....	16
9	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	18

1 Samenvatting

In 2010 hebben de partners in het NemaDecide consortium het initiatief genomen zoveel mogelijk kwekers te interesseren voor een gemeenschappelijk project betreffende de ontwikkeling van een partiële resistentietoets voor aardappelen tegen het wortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*). De kweekbedrijven van Agrico, HZPC, Averis, KWS van Rijn en Meijer hebben met ondersteuning van Agrifirm aan DLO de opdracht gegeven uitvoering te geven aan dit project. Productschap Akkerbouw heeft 40% van de kosten voor haar rekening genomen. In dit verslag worden de belangrijkste resultaten weergegeven. In 2014 is een vervolg project gestart in de vorm van een PPS onder leiding van de NAO waarbij de resultaten uit dit eerste project worden gebruikt om tot voor de praktijk inzetbare rassen te komen.

De waarde van aardappelrassen met goede (partiële) resistentie-eigenschappen t.o.v. het aardappelcysteaaltje heeft zich de afgelopen 15 jaar bewezen. Aan de basis van deze resistenties ligt de AM kwekerstoets die begin jaren 90 door WUR is ontwikkeld en nu Europees is geaccepteerd.

Op korte termijn heeft de vraag naar aardappelrassen met resistentie en tolerantie tegen het wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) prioriteit. De Nederlandse kwekers zijn volop bezig met de ontwikkeling van deze rassen. Het is daarom belangrijk een wetenschappelijk gevalideerde, betrouwbare en betaalbare kwekerstoets te ontwikkelen, conform de huidige spoeltoets voor AM, voor de meting van de partiële resistentie tegen *M. chitwoodi*. Hiermee kan niet alleen de bestrijding van het wortelknobbelaaltjes ter hand worden genomen; ook kan Nederland hiermee de Europese norm stellen. Vanwege de opheffing van het Productschap worden de resultaten die tot nu toe zijn verkregen in deze rapportage samengevat.

Conclusies en aanbevelingen

De kwekers hebben goede resistentie tegen *Meloidogyne chitwoodi* in handen. Deze resistentie is getoetst met de standaard populatie PPOsmakt. Het is van belang na te gaan of deze resistentie ook tegen andere in Nederland voorkomende populaties effectief is.

De resistente geniteurs zullen moeten worden doorontwikkeld tot rassen met voldoende cultuur en gebruikswaarde. De proef met Japanse haver wijst erop dat de resistentie zowel in de wortels als in de knollen tot uiting komt.

Bewaring bij 12 °C leidt niet tot verdere vermeerdering binnen de knol. Bij lagere temperaturen treedt er juist sterfte op van in de knol aanwezige eieren. Besmette knollen blijven echter besmet.

De eerste resultaten met het gebruik van kleinere potten zijn positief. Misschien wordt het mogelijk de routine toetsing in twee kilogram potten te gaan uitvoeren.

In het inmiddels gestarte vervolg project wordt de 'downscaling' verder getoetst en doorontwikkeld.

Koppeling van de potgegevens aan veldgegevens zal worden uitgevoerd door resistente geniteurs/rassen op een besmet perceel te toetsen op hun effectiviteit.

Verder worden er Nederlandse *M. chitwoodi* populaties verzameld en nagegaan of de gevonden resistentie ook werkzaam is tegen deze populaties.

2 Inleiding

De samenwerking tussen kwekers en onderzoek in het kader van het NemaDecide project (www.NemaDecide.com) heeft de waarde van aardappelrassen met goede resistentie- en tolerantie eigenschappen t.o.v. het aardappelcysteaaltjes nog eens duidelijk gemaakt. Dit geldt ook voor verschillende andere aaltjessoorten die in Nederland en elders tot problemen kunnen leiden. Op korte termijn heeft de vraag naar aardappelrassen met resistenties en tolerantie tegen *Pratylenchus penetrans* (het gewone wortellesieaaltje), *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax* en tegen het door Trichodoriden overgedragen tabaksratelvirus, de veroorzaker van kringrigheid, prioriteit. Deze aaltjessoorten berokkenen de Nederlandse akkerbouw veel schade, die op dit moment alleen kan worden beperkt door aanpassing van bouwplannen en – in slechts een aantal gevallen - de inzet van bestrijdingsmiddelen.

Van alle plantparasitaire aaltjes, zowel in Nederland als wereldwijd, is het wortelknobbelaaltje het meest schadelijke organisme. Niet alleen omdat *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax* op de quarantaine lijst van schadelijke organismen staan waardoor export van besmette partijen onmogelijk is, maar ook omdat al bij lage dichtheden een dusdanige kwalitatieve schade kan ontstaan dat ook consumptiepartijen niet meer kunnen worden afgezet. De Europese en de Nederlandse regelgeving zijn nog niet volledig uitgekristalliseerd maar worden wel steeds strenger. De afgelopen jaren is het percentage besmettingen gestaag gestegen en wordt het aaltje dan ook een steeds groter probleem. Omdat bijna alle akkerbouwgewassen, maar ook groenten, groenbemesters, etc. waardplant zijn van het aaltje zijn er binnen de vruchtwisseling weinig mogelijkheden en neemt het gebruik van bestrijdingsmiddelen tegen dit aaltje toe.

De gebieden in Nederland, besmet met *Meloidogyne chitwoodi* breiden zich uit; ook in gebieden met aardappelpootgoed. Een groot gebied in zuidoost Nederland is ondertussen tot aangewezen gebied verklaard, terwijl bij geconstateerde besmettingen elders in Nederland een cirkel met een straal van 1 km wordt gehanteerd waarbinnen pootgoedpartijen via incubatieonderzoek (of PCR voor vroege export) door de NAK op besmetting wordt onderzocht.

Om de verspreiding van *M. chitwoodi* tegen te gaan en om besmette gronden te saneren, of in ieder geval bruikbaar te houden voor aardappelteelt, is het gebruik van resistente rassen noodzakelijk. In hoeverre dit gaat lukken is nog zeer de vraag: dat hangt af van de precieze graad van resistentie. Door enkele kwekers zijn de eerste stappen ondernomen om resistentie in aardappelen in te kruisen; introductie van de eerste rassen met resistentie is binnen vier jaar haalbaar. Voor de aankomende rassen moet een toets beschikbaar zijn om de graad van resistentie te bepalen, zodat een risico-analyse kan worden uitgevoerd in poot- en consumptieaardappelgebieden.

De techniek die bij AM-resistentie gebruikt wordt, kan niet zonder meer voor *Meloidogyne* worden ingezet. Er dient een betrouwbare methode beschikbaar te zijn om op een standaard manier resistentie te kunnen bepalen voor *Meloidogyne chitwoodi* en vast te stellen welke mate van resistentie volstaat voor welke teelt.

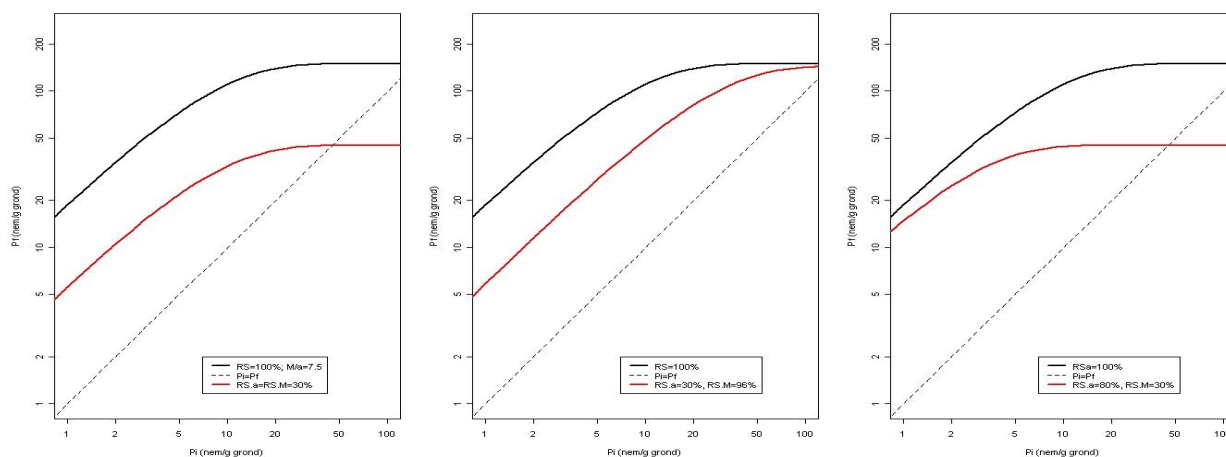
Begin jaren negentig is door Plant Research International (PRI) en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) i.o.m. de Plantenziektenkundige Dienst (PD) en de kwekers een betrouwbare en gevalideerde kastoets ontwikkeld voor de meting van de partiële resistentie tegen het aardappelcysteaaltje, *Globodera pallida*. Deze toets bleek voor de kwekers betaalbaar en is in 1999 door de PD erkend als formele resistentiebepaling van aardappelrassen in Nederland. De gegevens uit deze toetsing worden integraal overgenomen in de nationale rassenlijst en gepubliceerd in de Staatscourant. De toets wordt momenteel binnen de EPPO landen als nieuwe standaard geïntroduceerd.

Gezien de hoge kosten en onbetrouwbaarheid van veldproeven hebben de samenwerkende kwekers en de onderzoeksinstituten in Wageningen hun krachten gebundeld binnen het project MeloResist, met als doel, in navolging van de *Globodera* toets, een wetenschappelijk gevalideerde, betrouwbare, praktisch uitvoerbare en betaalbare kwekerstoets te ontwikkelen om resistenties van aardappelgewassen ten opzichte van *Meloidogyne* spp te bepalen. Wanneer deze toetsen integraal kan worden toegepast op de Nederlandse rassen zullen de Nederlandse telers de informatie in handen krijgen om via hun rassenkeuze *Meloidogyne* besmettingen doeltreffend te beheren en een maximaal rendement uit hun percelen te halen door gerichte sturing van hun bodemgezondheid. De ontwikkeling van een dergelijke toets biedt enerzijds wederom de mogelijkheid aan de Nederlandse agrarische sector om, net zoals bij aardappelmoeheid, de norm te stellen voor de toetsingsprotocollen binnen de EU en EPPO. Anderzijds wordt, gezien het feit dat *Meloidogyne* spp een wereldwijd probleem is, geteste en (partieel) resistent bevonden Nederlandse rassen tegen het wortelknobbelaaltje een belangrijk wapen zijn tegen het wortelknobbelaaltje binnen het bouwplan. Deze resistente rassen kunnen een afzet product van de eerste orde worden voor de Nederlandse handelshuizen.

3 Opzet van het project MeloResist

In 2010 hebben de partners in het NemaDecide consortium het initiatief genomen zoveel mogelijk kwekers te interesseren voor een gemeenschappelijk project. De kweekbedrijven van Agrico, HZPC, Averis, KWS van Rijn en Meijer hebben met ondersteuning van Agrifirm DLO de opdracht gegeven uitvoering te geven aan dit project. De projectpartners zien het MeloResist project als pre competitief waar samenwerking tussen handelshuizen en onderzoeksinstituten de enige manier is om snel tot een voor allen bruikbaar resultaat te komen. Het bestaat uit twee fases die nauw op elkaar aansluiten.

In de eerste fase van het project wordt de populatiedynamica van de parasiet op de aardappel bestudeerd, zowel op vatbare als op resistente cultivars bij een reeks van oplopende populatiedichtheden in grote 6 tot 10 kg potten. Onderzocht wordt of de populatiedynamische modellen, ontwikkeld voor aardappelpycysteaaltjes, ook op wortelknobbelaaltjes van toepassing zijn en kunnen worden gebruikt om het effect van resistentiegenen op de ontwikkeling van de parasiet te beschrijven. Er wordt onderzocht of deze relatie consistent is wanneer verschillende resistente rassen met verschillende resistentie genen worden getest. Belangrijkste vraag hierbij is of resistente rassen iedere aaltjesbesmetting in dezelfde mate verlaagd – ongeacht de populatiedichtheid. Dit is in figuur 1 het linker plaatje, de lijnen lopen volledig parallel. Als dit het geval is kan met een eenvoudige toets worden volstaan. In de beide andere plaatjes is het effect van de resistentie op de eindbesmetting afhankelijk van het besmettingsniveau bij aanvang. In dat geval zal een aangepaste test worden ontwikkeld. Er zal worden nagegaan hoe de resistentie zich uit in knolbesmetting en kwaliteit. Verder zal worden onderzocht hoe deze besmettingen zich ontwikkelen in bewaring.



Figuur 1: Verschillende mogelijkheden voor de relatie tussen P_i en P_f

In de tweede fase van het project zal de wetenschappelijke test moeten worden gedownscaled tot een eenvoudige en financieel acceptabele routinetest die door handelshuizen, kweekbedrijven, etc. kan worden gebruikt om de graad van resistentie van een nieuwe cultivar vast te stellen. Hierbij wordt onderzocht of tijdens het downscalen de bepaalde graad van resistentie stabiel blijft naarmate de potgrootte wordt verkleind en of de variatie van de gemeten resistentie acceptabel blijft.

De verkregen resistentie cijfers moeten uiteindelijk kunnen worden gebruikt voor acceptatie van deze rassen door de overheid als beheersmaatregel en advisering voor de advisering richting telers betreffende het effect van deze rassen op te verwachten

kwaliteitsschade, populatieverloop en kans op detectie. De totale kosten bedragen 625 k€ waarvan het Productschap Akkerbouw 40% voor haar rekening heeft genomen. In 2014 is er op basis van de resultaten van dit project een vervolg gestart in de vorm van een PPS. In deze beknopte rapportage worden de belangrijkste resultaten toegelicht.

Tabel 1: overzicht experimenten

Nr	Year	Experiment	Description
1	2009	Population dynamics 1	RS of 3 cultivars
2	2011	Population dynamics 2	RS of 10 cultivars + J2's in peels
3	2011	Peel extraction	Methodology
4	2011	Storage experiment 2011	J2's in tubers after storage
5	2011	Elutriator comparison	Methodology
6	2012	<i>A. strigosa</i> experiment	Tuber resistance/root resistance
7	2012	Natural decline J2's in pots	Methodology
8	2012	Storage experiment 2012	Storage in time and temp
9	2012	Downscaling experiment	RS and tolerance in 10, 5 and 2 kg pots
10	2012	Fecundity tests	Vitality of J2's from tuber in test 7, 8

4 De eerste aanwijzing, Norshie et al.

Voorafgaand aan het project MeloResist is er een pilot experiment uitgevoerd door de WUR. Patrick Norshie, een masterstudent aan de universiteit van Gent, heeft onder leiding van Thomas Been een potproef uitgevoerd met drie genotypen van Agrico om het effect van de toevoeging van een enkel resistentie gen tegen *M. chitwoodi* te testen door de relatieve vatbaarheid of partiële resistentie te meten. In potten werd een reeks met oplopende beginbesmettingen (Pi) met juvenielen van *M. chitwoodi* (populatie Smakt) aangebracht. De geniteurs en het ras Desiree werden geteeld en na afloop werd de eindbesmetting (Pf) in de grond, minerale en organische fractie, bepaald.

In 2011 zijn de resultaten in *Nematology* gepubliceerd in:

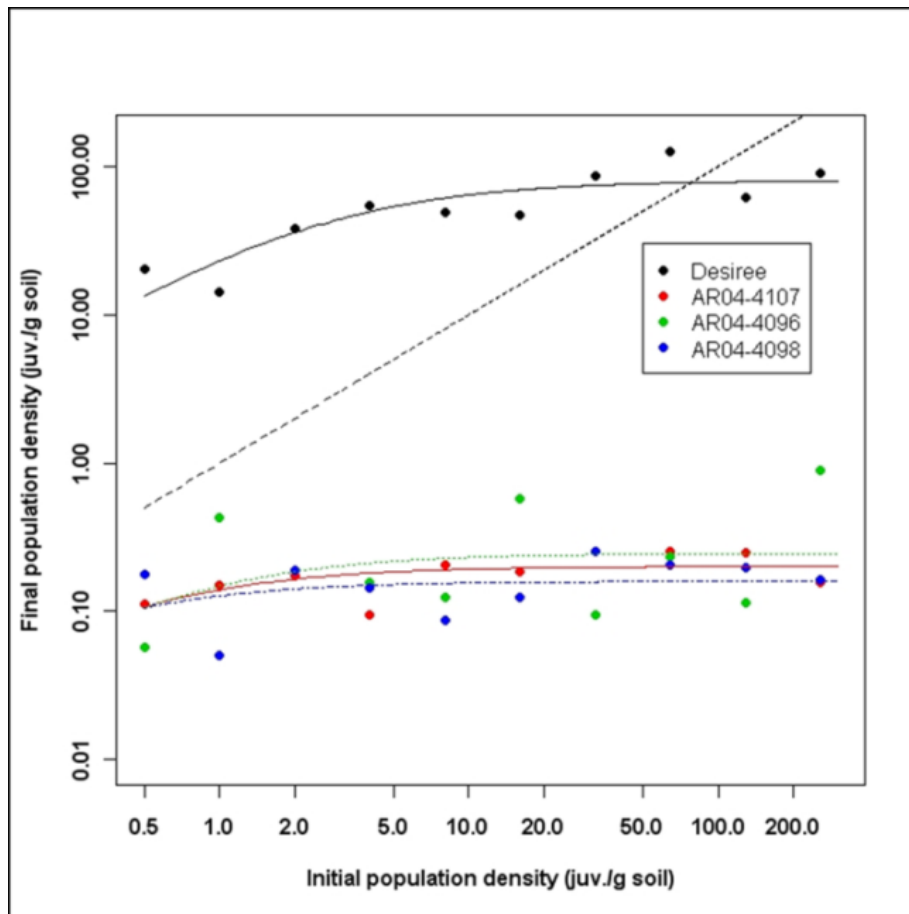
Patrick, M. NORSHIE, Thomas H. Been and Corrie H. SCHOMAKER. "Estimation of partial resistance in potato genotypes against *Meloidogyne chitwoodi*." *Nematology* 13.4 (2011): 477-489.

Partiële resistenties blijken voor deze geniteurs van een zeer hoog niveau (Tabel 2). Ze worden uitgedrukt als de Relatieve Vatbaarheid (engels RS) t.o.v. het vatbare referentie ras Desirée. De $\%RS_a$ is de RS gebaseerd op de vermeerdering bij zeer lage populatiedichtheden en de $\%RS_M$ is de RS gebaseerd op de maximale populatiedichtheid die wordt bereikt wanneer alle ruimte van het wortelsysteem is gebruikt; dit in vergelijking met Desirée. In dit experiment werden resistenties gemeten van 97 tot 99,9 %.

Tabel 2: Gemeten resistenties uitgedrukt als % Relative Susceptibility voor de maximale vermeerdering a (RS_a) en de maximale populatiedichtheid (RS_M)

Genotype	$\%RS_a$	$\%RS_M$
AR04-4107	1.7	0.2
AR05-4096	0.8	0.2
AR04/4098	2.8	0.1

In figuur 2 zijn de aangebrachte begin besmettingen uitgezet op de x- as en de eindbesmettingen op de y-as. De stippellijn zijn de punten waar de eindbesmetting gelijk is aan de beginbesmetting. Punten boven deze lijn hebben dus vermeerderd, punten er onder zijn afnames. De resistente geniteurs laten de besmetting zelfs bij lage dichtheden afnemen. Desirée vermeerdert tot 100 juvenielen per gram grond. De lijnen van de resistente geniteurs en de vatbare Desiree lopen vrijwel parallel.



Figuur 2: relatie tussen begin en eindbesmetting voor drie geniteurs en het vatbare referentie ras Desirée (Norshie 2011)

5 Meer genotypen getest tegen Desirée

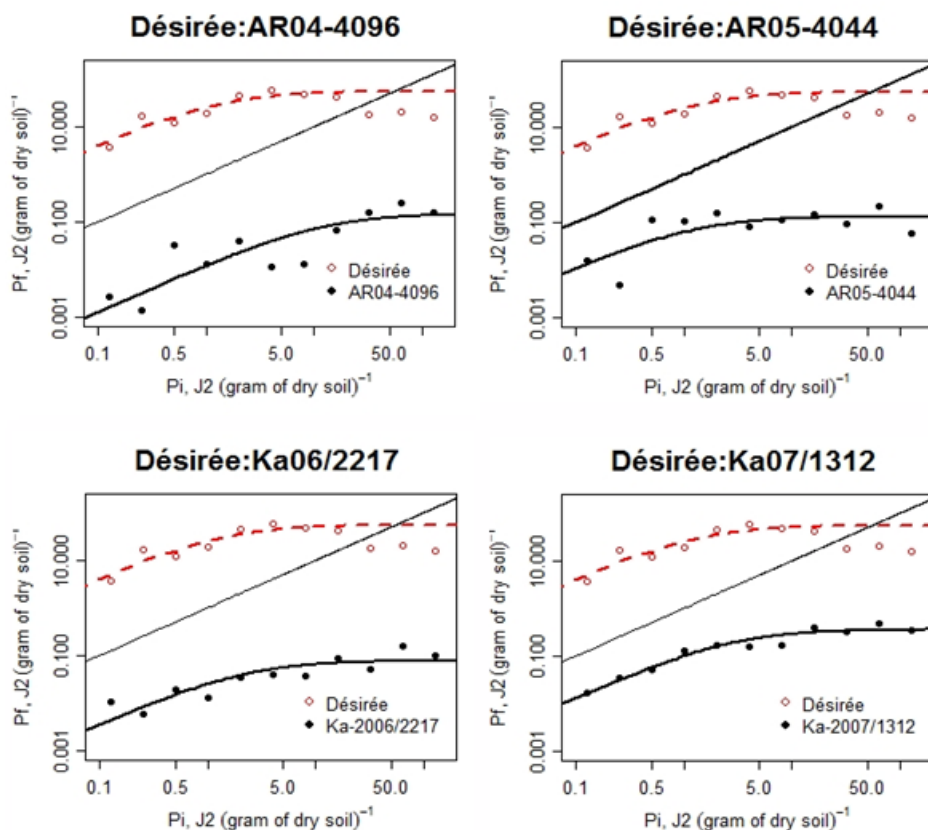
In 2011 begint Misghina Goitom Teklu zijn promotieonderzoek dat geheel gewijd is aan het onderzoek aan de resistentie tegen *M. chitwoodi*. Bij PPO in Lelystad en PRI in Wageningen worden in totaal 8 geniteurs getest. In 10kg potten wordt de mate van vermeerdering vastgesteld. Daarnaast wordt nagegaan of er ook aaltjes en/of eieren in de knollen worden aangetroffen. De nieuw gevormde dochterknollen zijn beoordeeld op uiterlijke symptomen. Bij een index tussen de 10 en 20 wordt een partij moeilijk verkoopbaar. Boven de 20 kan deze niet worden afgezet. Knollen worden ook geschild en onder schil wordt gezocht naar vrouwtjes met eieren die als olijfgroene puntjes zichtbaar zijn. Als er niets wordt aangetroffen valt de knol in klasse 0. Dit is voor pootgoed de gewenste klasse.

Tabel 3: Overzicht van getoetste geniteurs en potgroottes

Genotypes	Type of the experiment	Pot size	Pot numbers	Density numbers	Year	Lab	Reference
AR04-4107	Pilot	5 kg	225	11	2010	PRI	Norshie <i>et al.</i> , 2011
AR04-4096							
AR04-4098							
AR04-4096	Population dynamics	10 kg	245	12	2011	PRI	Teklu <i>et al.</i> , in prep
AR05-4044							
Ka-2006/2217							
Ka-2007/1312							
2011M1	Population dynamics	10 kg	200	10	2011	PPO	Teklu <i>et al.</i> , in prep
2011M2							
MDG1							
MDG2							
2011M1	Downscaling	10 kg	156	12	2012	PRI	Teklu <i>et al.</i> , in prep
MDG1		5 kg	156				
		2 kg	195				
AR04-4096	Downscaling	10 kg	120	10	2012	HZPC	Teklu <i>et al.</i> , in prep
Ka-2006/2217		5 kg	120				
			2 kg				

Resultaten meting resistenties in wortel en knol

Gevonden partiële resistenties zijn wederom zeer hoog (voorbeelden in tabel 4 en figuur 3). De relatieve vatbaarheden (RS) liggen onder de 1%. Voor twee rassen werd geen resistentie gemeten. De afwijkende rassen bleken enkel een AM resistentie gen te bevatten.



Figuur 3: relatie begin en eindbesmetting van 4 geniteurs en het referentie ras Desirée

De geniteur AR04-4096, die ook in het experiment van Norshie werd getest, vertoont wederom hetzelfde hoge niveau van resistentie.

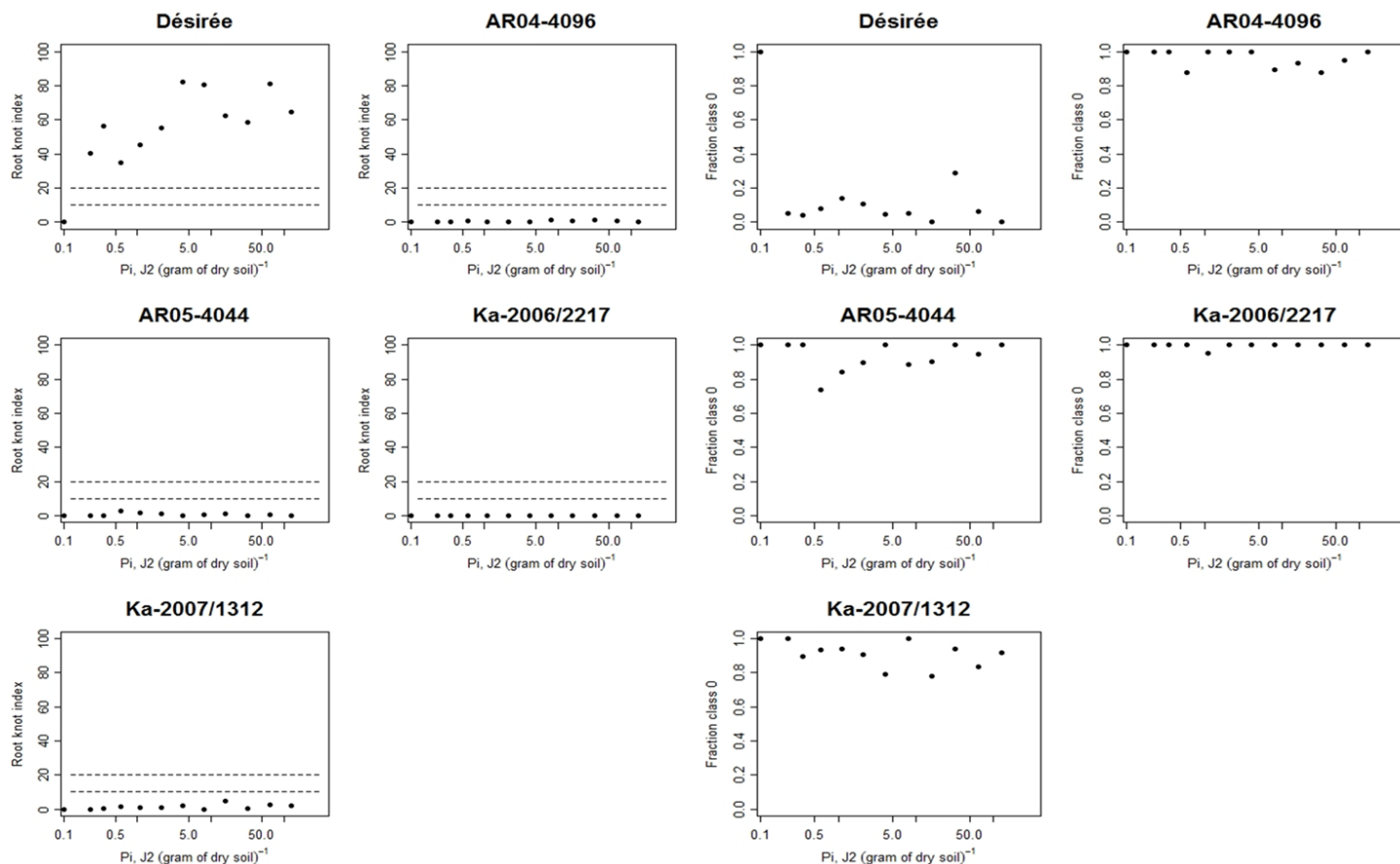
Tabel 4: Relatieve vatbaarheden

Genotype	%RS _a	%RS _M
AR04-4096	0.02	0.30
AR05-4044	0.30	0.21
Ka06/2217	0.18	0.12
Ka07/1312	0.25	0.65

Resultaat van de knolbeoordeling

In de linker helft van figuur 4 liggen alle getoetste geniteurs onder de drempel van 10. Sterker nog er is nauwelijks visuele aantasting te zien. Op het referentie ras Desirée daarentegen is bij elke beginbesmetting de aantasting zeer hevig en het product niet verkoopbaar.

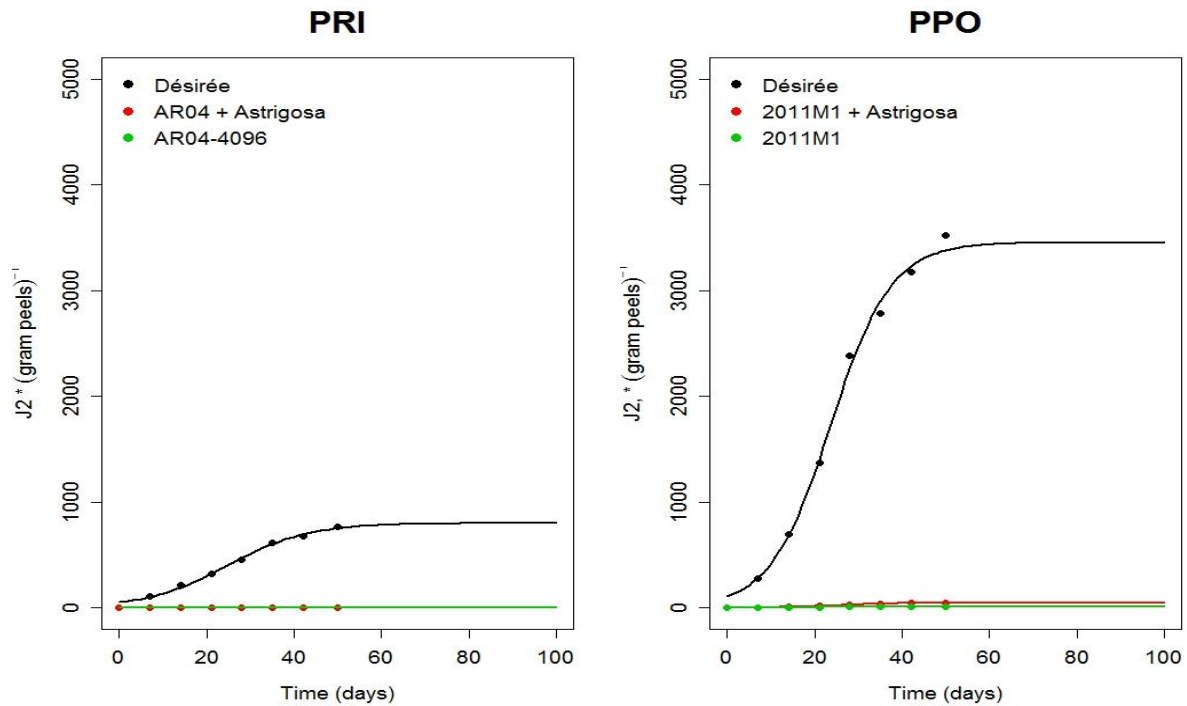
In de rechter helft van de figuur (Fraction class 0) is er voor Désirée geen knol waarin geen besmetting zit. Bij de resistente geniteurs zijn er bijna geen knollen te vinden waarin *M. chitwoodi* wordt aangetroffen. Dit wijst erop dat zelfs bij hoge aanvangsbesmettingen er vrije knollen worden geoogst.



Figuur 4: knolaantasting (root knot index) en fractie van de knollen zonder nematoden (class0)

6 Wortelresistentie gekoppeld aan knolresistentie ?

De in de vorige proef aangetoonde effecten van de ingekruiste resistentie genen op de knol aantasting zouden in theorie nog het gevolg kunnen zijn van enkel en alleen resistentie van het wortelstelsel. Met andere woorden de resistentie zou alleen in wortels kunnen zitten terwijl de knol wel gevoelig zou zijn voor aantasting. Dit zou vanwege de proefopzet niet tot uiting kunnen komen omdat voordat de knol aanleg plaats vindt de begin besmetting al weg is vanwege de resistentie in de wortels. Deze mogelijkheid is onderzocht door in de potten naast de aardappel 4 planten Japanse haver (*Avena astrigosa*) mee te planten. Japanse haver vermeerderd *M. chitwoodi* zeer sterk en zorgt bij deze opzet gedurende het gehele groeiseizoen voor een continue aanvoer van verse juvenielen van het wortelknobbelaaltje. Zo is ook bij de knolaanleg er een hoge beginbesmetting aanwezig en zal eventuele vatbaarheid van de knol tot uitdrukking komen.



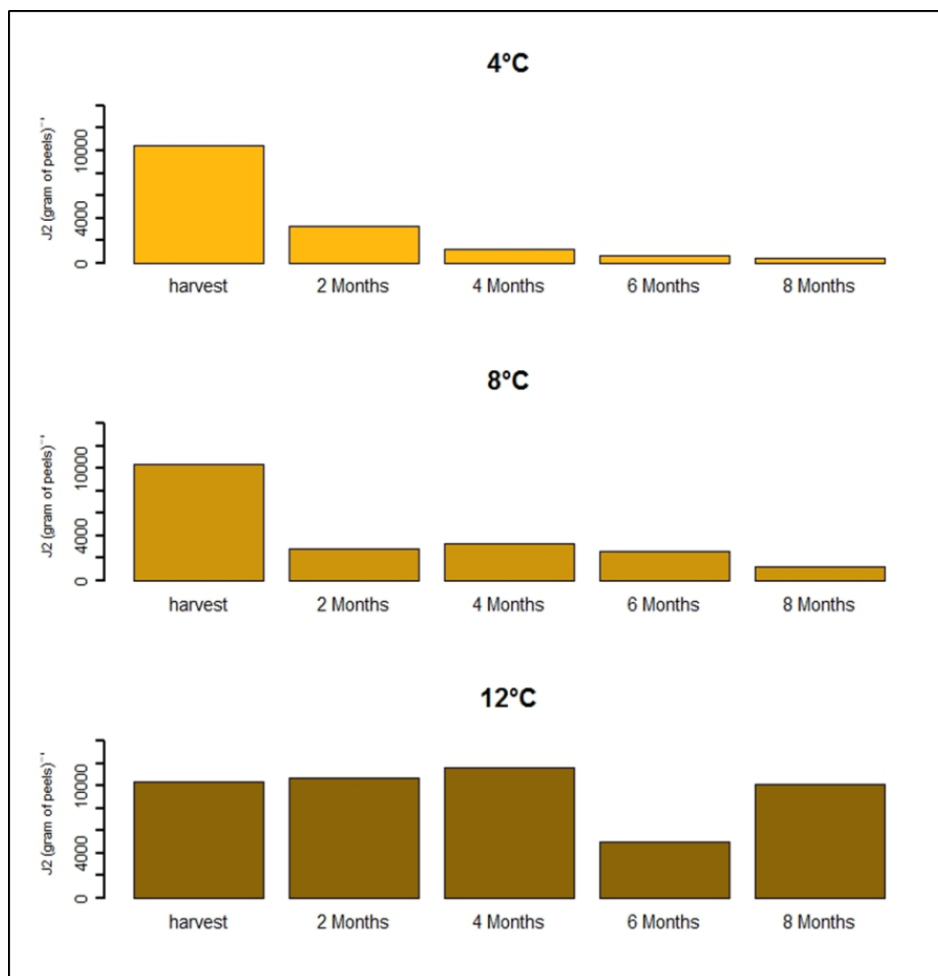
Figuur 5: Incubatie van schillen in de mistkast. Aantal gevonden juvenielen per gram schil in de tijd

Zowel bij PRI als PPO heeft de verhoogde populatiedruk door de teelt van Japanse haver geen extra knolinfecties opgeleverd bij de resistente geniteurs. Dit wijst erop dat de resistentie zowel in knol als wortels effectief is.



7 Populatieontwikkeling in de knollen tijdens bewaring

Met name voor pootgoed is het van belang te weten of een eventuele kleine besmetting in een knol tijdens de bewaring zich kan door ontwikkelen. Om deze vraag te beantwoorden werden besmette knollen bij 4, 8 of 12 °C bewaard en de knolinhoud werd direct na de oogst en na bewaring gedurende 2, 4, 6 en 8 maanden gemeten.



Figuur 6: effect van temperatuur en bewaarduur op het aantal juvenielen per gram schil

Direct na de oogst werden ruim 1000 juvenielen per gram schil gemeten. Bij 12 °C blijft dit niveau tijdens de bewaring constant. De schijnbare afname na 6 maanden blijft onverklaard. Bewaring bij de lagere temperaturen leidt tot een afname van de besmetting maar deze wordt niet nul. Naarmate de bewaar temperatuur lager is is ook de overleving lager. Eieren en juvenielen die de bewaarperiode overleefden bleven echter infectieus en konden zich vermeerderen op de vatbare cultivar Desiree.

8 Eerste resultaten ‘downscaling’

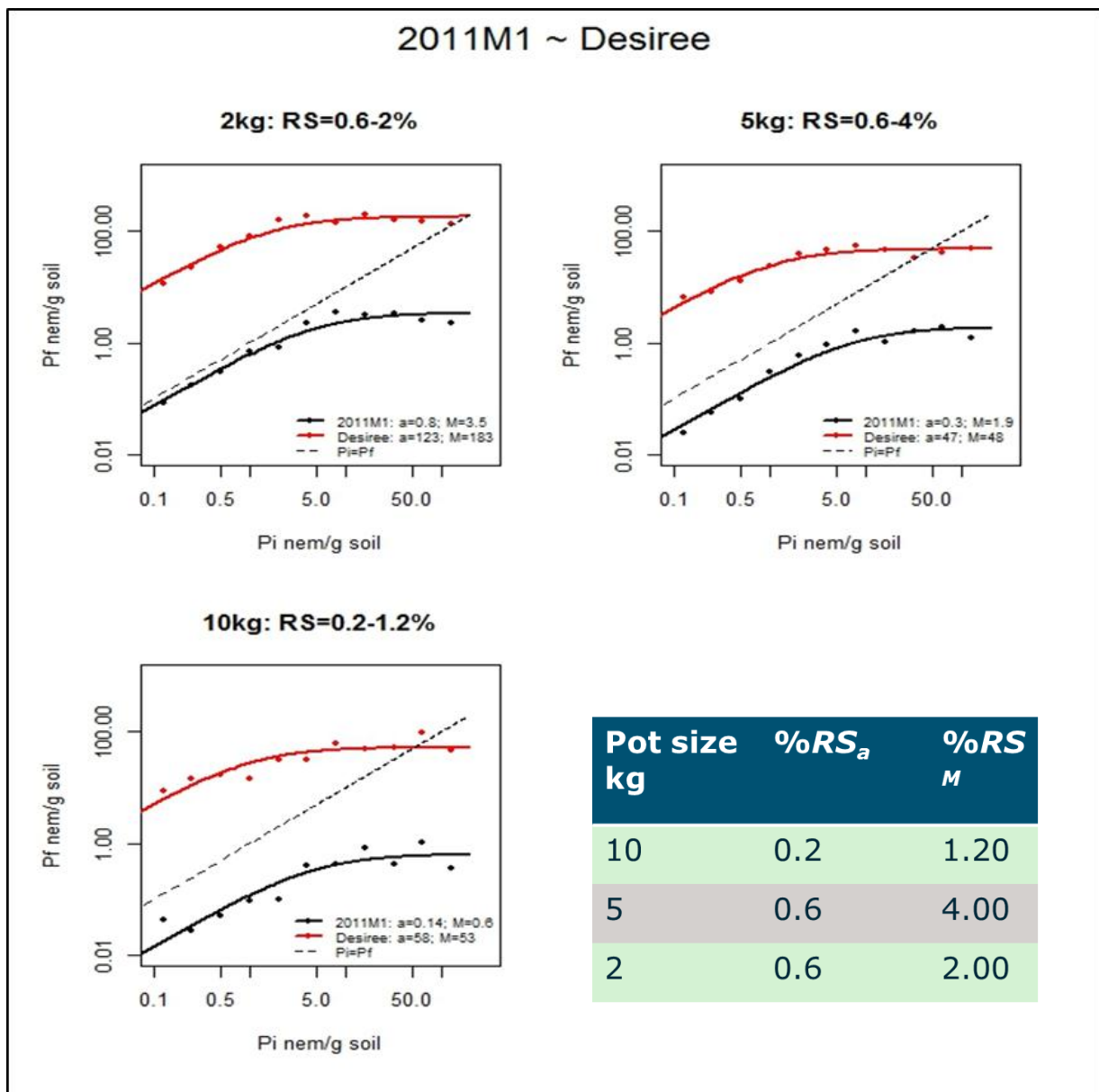
Voor routine toetsing van grote aantallen geniteurs zijn kleinere potten vanuit logistiek oogpunt te prefereren onder voorwaarde dat de uitkomsten betrouwbaar blijven. In het kader van het project is een eerste ‘downscaling’ uitgevoerd door op twee locaties de vermeerdering van het vatbare ras Desirée en de partiel resistente geniteur in 2, 5 en 10 kg potten te meten. Uitgangspunt is dat een aardappelplant in het veld ongeveer 50 liter grond doorwortelt en dat een plant gemiddeld 5 stengels per plant vormt. In proeven wordt dan ook gebruik gemaakt van 10 liter potten waarbij er één oog geplant wordt waaruit één stengel groeit.

De metingen weergegeven in tabel 5 laten zien dat naarmate de potten kleiner worden de parameters a (maximale vermeerdering bij lage begin dichtheden) en M (maximale einddichtheid bij hogere dichtheden) toenemen. In de 10 kg vermeerdert Desirée 58 keer met een maximaal aantal van 53 juvenielen per gram wortel bij de oogst. In de 2 kg is de maximale vermeerdering 123 keer en worden er bij de oogst 183 juvenielen per gram grond gemeten. Verklaring hiervoor is dat de hoeveelheid wortel per volume eenheid grond toeneemt. Wanneer de wortelintensiteit in kleinere potten toeneemt neemt ook het aantal nematoden dat na de teelt gevonden wordt toe omdat de pot sneller is doorworteld en minder natuurlijke sterfte optreedt. Wanneer dit voor zowel het referentie ras als het te toetsen ras of geniteur in gelijk mate gebeurt dan blijven de gemeten relatieve vatbaarheden onveranderd.

Tabel 5: maximale vermeerdering a en de Maximale populatie dichtheid M (juvenielen per gram grond) afhankelijk van potgrootte voor de vatbare Desirée en de partiel resistente geniteur 2011M1

Genotype	Pot size kg	a	M (J2/g)
2011M1	10	0.14	0.6
2011M1	5	0.3	1.9
2011M1	2	0.8	3.5
Desiree	10	58	53
Desiree	5	47	48
Desiree	2	123	183

In figuur 7 wordt duidelijk dat de curves voor de verschillende potgroottes weer ongeveer parallel blijven lopen en dat de resistenties in de kleinere potten iets worden onderschat. Er werden in deze proef geen grote afwijkingen gemeten.



Figuur 7: Populatie dynamica in relatie tot potgrootte

9 Conclusies en aanbevelingen

De kwekers hebben goede resistentie tegen *Meloidogyne chitwoodi* in handen. Dit is al bereikt door het inkruisen van een enkel resistentie gen. De mogelijkheid om een resistentietoets te ontwikkelen is aangetoond. De resistentie is getoetst met de standaard populatie PPOsmakt. Het is van belang na te gaan of deze resistentie ook tegen andere in Nederland voorkomende populaties effectief is. De resistente geniteurs zullen moeten worden doorontwikkeld tot rassen met voldoende cultuur en gebruikswaarde.

De proef met Japanse haver wijst erop dat de resistentie zowel in de wortels als in de knollen tot uiting komt.

Bewaring bij 12 °C leidt niet tot verdere vermeerdering binnen de knol in tegenstelling tot beweringen in de literatuur. De bron van deze bewering kon ook niet worden achterhaald.. Bij lagere temperaturen treedt er juist sterfte op van in de knol aanwezige eieren. Besmette knollen blijven echter besmet.

De eerste resultaten met het gebruik van kleinere potten zijn positief. Misschien wordt het mogelijk de routine toetsing in twee kilogram potten te gaan uitvoeren.

In het inmiddels gestarte vervolg project wordt de 'downscaling' verder getoetst en doorontwikkeld.

Koppeling van de potgegevens aan veldgegevens zal worden uitgevoerd door resistente geniteurs/rassen op een besmet perceel te toetsen op hun effectiviteit.

Verder worden er Nederlandse *M. chitwoodi* populaties verzameld en nagegaan of de gevonden resistentie ook werkzaam is tegen deze populaties.