

Ontwikkeling AM tolerantietoets

Samenwerkingsproject op initiatief van de Stichting NAO-Projecten | 2016-2021

Auteurs | Leendert Molendijk¹, Misghina Goitom Teklu¹ & Egbert Schepel²

¹ Wageningen University & Research Rapport

² 2 HLB, Wijster

WPR-OT 962



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Ontwikkeling AM tolerantietoets

Samenwerkingsproject op initiatief van de Stichting NAO-Projecten
2016-2021

Auteurs Leendert Molendijk ¹ · Misghina Goitom Teklu¹ Egbert Schepel ²

1 Wageningen University & Research

2 HLB, Wijster



Dit onderzoek is in opdracht van de Stichting NAO-Projecten uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business units Open Teelten, Lelystad en Agrosysteemkunde, Wageningen en het Hilbrands Laboratorium te Wijster met medewerking van de NAK akkerbouw te Emmeloord. WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Lelystad, November 2022

Rapport WPR-962

Project 3750353900

Molendijk, L.P.G. , Schepel E. en M. Goitom Teklu, 2022. *Ontwikkeling AM tolerantietoets; Samenwerkingsproject op initiatief van de Stichting NAO-Projecten*.
Wageningen Research, Rapport OT-WPR -962 Projectnr 3750353900

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://doi.org/10.1874/580908>

Trefwoorden: aardappelmoeheid, tolerantie, methodiekontwikkeling

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-962

Foto omslag: Collage van de twee proefvelden, de potproef in Lelystad en de Seinhorst schaderelatie met twee rassen met verschillende tolerantie

Inhoud

Inhoud	3
Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Projectdoel	10
1.3 Opzet en uitvoering	10
2 Veldproef Zeewolde 2017	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Opzet en uitvoering	13
2.3 Resultaten	15
3 Potproef WUR OT, Lelystad 2018	19
3.1 Inleiding	19
3.2 Opzet en uitvoering	19
3.3 Resultaten	21
3.4 Discussie en conclusies	22
4 Veldproef Westerbork 2019	23
4.1 Aanleiding	23
4.2 Opzet en uitvoering	23
4.3 Toetsing 2019	27
4.4 Discussie en conclusies	32
5 Potproef NAK Emmeloord 2021 Het meten van de AM tolerantie van het ras Seresta	33
5.1 Aanleiding	33
5.2 Resultaten	35
5.3 Discussie en conclusies	40
6 Eindevaluatie proeven	41
6.1 De veldproeven	41
6.2 De potproeven	42
6.3 Kosten	44
6.4 Aanbeveling	44

Woord vooraf

AardappelMoeheid (AM) is door de ontwikkeling van virulente populaties van het witte aardappelcysteaaltje *Globodera pallida* een terugkerend probleem. Op initiatief van Averis is dit bij de Stichting NAO Projecten onder de aandacht gebracht door het inbrengen van een project voorstel 'Validatie AM-tolerantieonderzoek' van het HLB en WUR Open Teelten. Agrico, Averis, Meijer, Schaap Holland, Peka Kroef en de BO Akkerbouw besloten de noodzakelijk financiering via de Stichting NAO-Projecten bijeen te brengen. De projectorganisatie is in een goede interactie verlopen. Daarom een woord van dank aan alle projectpartners en onderzoekers die dit onderzoek mogelijk hebben gemaakt en uitgevoerd.

Stichting NAO-Projecten	Jan Gottschall, Maries Elemans
Agrico	Marien Winters
Averis	Henk Folkers*, Paul Heeres*, Nico Rookmaker
Meijer Potato	Willem In 't Anker
Schaap Holland	Theo Meulendijks
Peka Kroef	Jos Vossen
BO Akkerbouw	Edwin de Jongh
HLB	Geert Horlings*, Egbert Schepel, Roelof Wanders
NAK akkerbouw	Jan Luimes
WUR Agrosysteemkunde	Thomas Been, Corrie Schomaker* en Misghina Goitom Teklu
WUR Open teelten	Leendert Molendijk

*inmiddels niet meer werkzaam bij de betreffende bedrijven.

Voor u ligt de rapportage van de werkzaamheden die tussen het najaar 2016 en najaar 2021 zijn verricht.

Voor reacties kunt u contact opnemen met de projectleider leendert.molendijk@wur.nl

Secretaris Stichting NAO-Projecten

Jan Gottschall

Samenvatting

De inzet van resistente rassen is de belangrijkste pijler voor de beheersing van aardappelmoeheid. De inzet van de voor *Globodera pallida* hoog resistente rassen zoals Seresta en Festien heeft geleid tot de selectie van virulentere populaties van het witte aardappelvormende aaltje *G.pallida*. Deze populaties zijn tot op heden alleen in het zetmeelaardappeltelend gebied aangetroffen. Dit betekent dat de huidige generatie Pa3 resistente rassen hogere besmettingsniveau's nalaat die binnen de één op twee teelt boven de schadedrempel uitkomen. In de huidige situatie wordt dit probleem vooral ondervangen door de inzet van nematiciden in granulaatvorm. Steeds meer nematiciden worden van de markt terug getrokken of verboden. Er bestaat grote kans dat ook Vydate in 2023 niet meer beschikbaar is. Een oplossing is dat er nieuwe resistenties worden gevonden en ingekruist in rassen met verder goede gebruikseigenschappen. Op dit moment is nog niet duidelijk hoe op welke termijn deze nieuwe generatie resistente rassen voor de telers beschikbaar zullen komen. Een tweede remedie zou zijn als er rassen beschikbaar zijn die tolerantie bezitten tegen *G.pallida*. Zo een ras kan wel vermeerderen (vatbaarheid) maar heeft minder schade dan andere rassen bij vergelijkbare besmettingsniveau's.

In het verleden werd tolerantie ingeschat door toetsrassen te telen op al dan niet met Monam ontsmette banen. Behalve dat deze methodiek met het verdwijnen van Monam niet meer mogelijk is, heeft deze methodiek ook als nadeel dat er door de chemische behandeling veel meer verandert dan het besmettingsniveau van de aaltjes alleen. In 2016 is deze problematiek door de Stichting NAO-Projecten opgepakt en is er een consortium gevormd bestaande uit Agrico, Averis, Meijer, Schaap en Peka Kroef. Mede financiering van de BO akkerbouw maakte het mogelijk WUR|OT, WUR| agrosysteemkunde en HLB aan het werk te zetten met als doel **het ontwikkelen van een betrouwbare en betaalbare methode voor het bepalen van tolerantie van aardappelrassen tegen het witte aardappelvormende aaltje *Globodera pallida*.**

Door een reeks aan beginbesmettingen aan te leggen en daar de opbrengst van de rassen op te meten kan een goede schatting van de tolerantie worden verkregen. Er zijn meerdere methoden om die reeksen te organiseren. De eerste is door de rassen op een besmettingshaard te telen. In het centrum van de haard zijn de dichtheden hoog en naar de randen loopt het af. Dit was de situatie op een aardappelperceel in Zeewolde waar in 2017 de test werd uitgevoerd. Een andere methode is door de teelt van rassen met verschillende resistentie stroken met verschillende niveaus van besmetting aan te leggen en daar bij de volgende aardappelteelt gebruik van te maken door de te testen rassen dwars op deze besmette stroken te leggen. In Westerbork werd een perceel in 2017 volgens deze methodiek voorbereid en in 2019 gebruikt voor de test. Dan is er de vraag of het mogelijk is om de test in potten uit te voeren. Het liefste in de 2 kg potten die ook gebruikt worden voor resistentie toetsing. Deze pottoets werd in 2018 uitgevoerd en werd in 2021 herhaald. Helaas kwamen er uit geen van deze vier experimenten bevredigende resultaten. Voor de beide veldproeven geldt dat de spreiding in de gemeten beginbesmettingen te groot bleek te zijn. De oorzaak van de onverklaarbare resultaten van de potproef 2018 is niet achterhaald. De potproef van 2021 heeft waarschijnlijk te lijden gehad van slechte groei door suboptimaal bewaard pootgoed.

Het is wrang te moeten vaststellen dat ondanks de investeringen in geld en mankracht er geen protocol is gerealiseerd waarmee betrouwbaar en betaalbaar de tolerantie van rassen kan worden getoetst. Het uitgevoerde onderzoek, ondersteunt met resultaten uit het verleden, geven echter voldoende aanleiding om te veronderstellen dat toetsing in 2 kg potten toch mogelijk moet zijn.

Het uitgevoerde onderzoek, ondersteunt met resultaten uit het verleden, geven voldoende aanleiding om te veronderstellen dat toetsing in 2 kg potten toch mogelijk moet zijn. Dit project heeft helaas het bewijs daarvoor niet kunnen leveren. Het blijft toch de moeite waard nogmaals de mogelijkheden van de eenvoudige pottoets te onderzoeken.

1 Inleiding

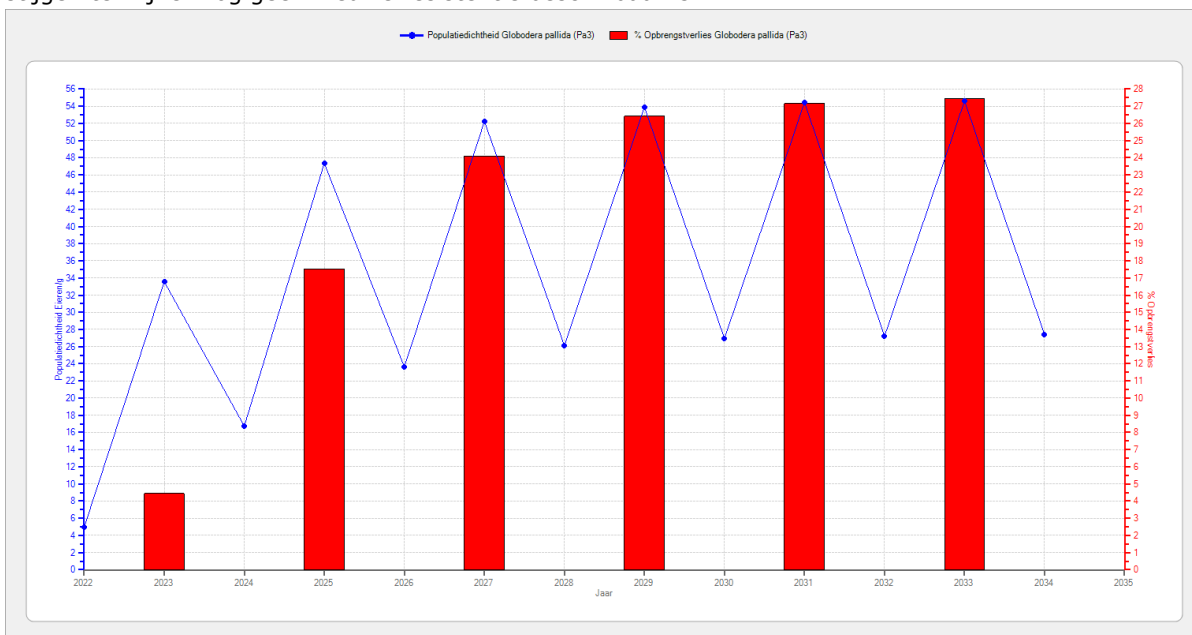
1.1 Achtergrond

Het is van belang erbij stil te staan dat resistentie en tolerantie tegen aardappelmoeheid twee volledig van elkaar losstaande raseigenschappen zijn. Resistentie gaat over de vermeerdering van het aaltje op het ras. Een 100% vatbaar ras levert een volle vermeerdering op terwijl een resistent ras een verminderde of geen vermeerdering van het aaltje toelaat. Tolerantie gaat over de schadegevoeligheid van het ras voor een besmetting van de wortels. Er zijn rassen die bij hetzelfde besmettingsniveau meer of minder opbrengstderving vertonen. Omdat resistentie zich pas uit nadat de aaltjes de wortels zijn binnengedrongen hebben ook resistente rassen last van de binnendringende aaltjes ook al kunnen deze zich dus minder of niet vermeerderen. Zo zijn dus alle combinaties tussen resistentie en tolerantie mogelijk.

Met de introductie van hoog resistente rassen tegen *G. pallida* leek het aardappelmoeheidsprobleem vanaf de jaren 90 voor zetmeelaardappeltelend Noord Oost Nederland zo goed als opgelost. Het was echter bekend dat door het uitoefenen van selectiedruk sommige populaties virulenter zouden kunnen worden. Het is echter niet duidelijk hoeveel teelten dit zal vergen en op welke schaal deze verschuiving gaat optreden. Het eerdere onderzoek in de jaren negentig leverde de populaties USP en USK op waarvoor er grofweg 10 teelten met maximale selectiedruk nodig waren om een verschuiving in virulentie waar te nemen. Vanuit Duitsland (Emsland) komt de melding dat er daar een aantal populaties zijn die op een Relatieve Vatbaarheid van 20% - 40% zitten op Seresta, terwijl die voor RV 2% is getoetst op PA3. Het HLB maakt melding van velden waar de dichtheden na de teelt van hoog resistente rassen veel te hoog blijven. Inmiddels heeft Averis aangetoond dat er ook in Nederland meerdere populaties zijn die qua virulentie het niveau van vermeerdering van de Duitse vondsten evenaren. Dit is inmiddels door het Pallifit project bevestigd (<https://www.wur.nl/en/project/project-pallifit-a-novel-molecular-classification-of-virulence-in-the-potato-cyst-nematode-globodera-pallida-for-breeding-nematode-resistance-in-potato.htm>).

Het Pallifit-project, in het kader van het actieplan AM, werd opgezet door de leerstoelgroep nematologie om een tiental veldpopulaties van *G. pallida*, op 27 Pa3-resistente aardappelrassen, molecuair te karakteriseren. Bovendien werden de geografische verspreiding en de mogelijke geschiedenis van de selectie van de virulente populaties opgehelderd. De conclusie tot dusverre wijst op twee typen Pa3-resistentie, het Seresta- en het Festien-type.

De verwachting is daarom dat de besmettingsniveaus in het zetmeelaardappel telend gebied zullen gaan stijgen terwijl er nog geen nieuwe resistentie beschikbaar is.



Figuur 1 Simulatie van de ontwikkeling en schade *G.pallida* van een virulente populatie (RV 40%) in een 1:2 aardappelteelt Seresta

In bovenstaande simulatie met NemaDecide is te zien dat bij een Relatieve Vatbaarheid van 40% op Seresta het niveau van besmetting heel snel oploopt tot 50 Ite/ggrond (blauwe lijn) dat is ruim 1000 per 200 ml wat een forse schadepost van ruim 27% (rode balk) betekent.

Daarom wordt de tolerantie van de geteelde rassen voor het handhaven van de opbrengsten weer een belangrijk kenmerk. Juist omdat het gebied in de beginfase staat van een mogelijke terugkeer naar besmettingen boven de schadedrempel is het zaak tempo te maken met het in beeld brengen van de toleranties. Telers moeten op basis van het aanwezige besmettingsniveau gericht een ras kunnen kiezen en beslissen of aanvullende maatregelen (zoals granulaat) noodzakelijk zijn.

Ook voor de consumptieaardappelteelt is het kennen van de tolerantie van het ras een voorwaarde om de AM strategie te optimaliseren. Bij de huidige adviezen wordt uitgegaan van het tolerantie niveau van Bintje. Wanneer de tolerantie van de rassen bekend is, wordt het waarschijnlijk mogelijk rassen met lagere resistentieniveaus te telen zonder verlies van opbrengst binnen de rotatie. Dit biedt de telers meer mogelijkheden resistente rassen gericht in te zetten en een gefundeerde beslissing te nemen over de inzet van bestrijdingsmaatregelen.

Valide kennis van het tolerantieniveau is ook van belang voor de export van pootgoed naar regio's met hogere besmettingsniveaus zoals nu bijvoorbeeld het geval is in het Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Polen etc. In het buitenland is het verschil tussen tolerantie en resistentie vaak onbegrepen zodat bij een tegenvallende opbrengst van een resistent ras de effectiviteit van de resistentie ter discussie wordt gesteld.

Ook is het voor de kwekers van waarde wanneer zij in het kweekprogramma vroegtijdig kunnen toetsen op tolerantie als raskenmerk.

Tot 10 jaar geleden werd er volgens CGO protocol een tolerantie cijfer gegeven door rassen op zand en dal gedurende 4 jaar te toetsen bij een hoge en een lage dichtheid. De lage dichtheid werd aangebracht door natte grondontsmetting met Monam. Deze methode kent een aantal nadelen. Door grondontsmetting wordt niet alleen de besmetting met aardappelcysteaaltjes verlaagd maar er is een sterke invloed op andere bodemorganismen die zeer waarschijnlijk niet homogeen verdeeld zijn in het toetsperceel. Dit heeft invloed op de inschatting van de potentiële opbrengst (Y_{max}) bij zeer lage aaltjes dichtheden. Ten tweede kan er sprake zijn van een variabele beginbesmetting, zodanig dat er ruis kan ontstaan rond de gemeten minimale opbrengst (m), de restopbrengst van een ras bij hoge dichtheden. Toepassing van deze methode is inmiddels onmogelijk omdat Monam in 2022 van de markt is terug getrokken.

1.2 Projectdoel

Betrouwbare informatie over de tolerantie eigenschappen van resistente rassen stelt de teler in staat de schade bij het telen op besmette percelen tot een minimum te beperken. Zo nodig kan hij gericht bestrijdingsmaatregelen combineren met het ras zodat een perceel optimaal kan presteren.

Het projectdoel is daarom:

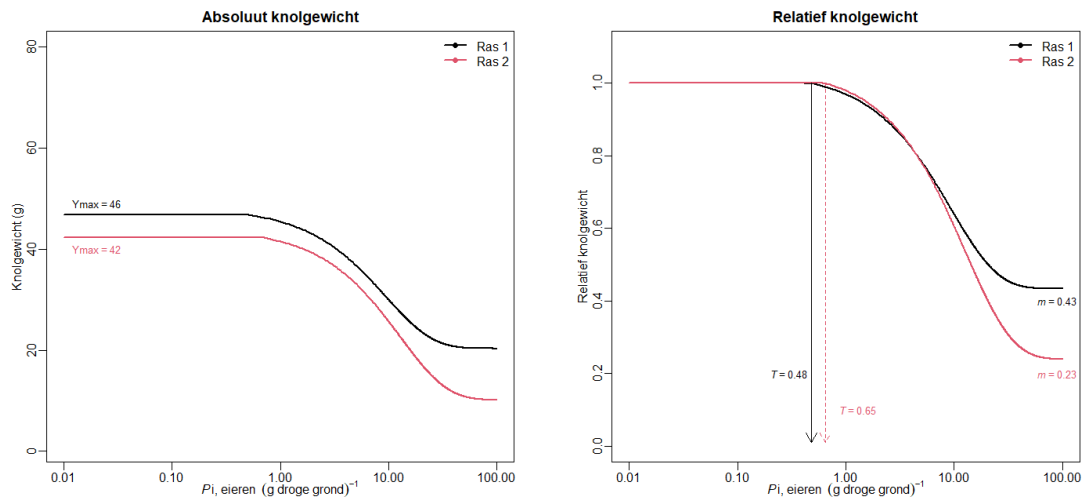
Ontwikkelen van een betrouwbare en betaalbare methode voor het bepalen van de tolerantie van aardappelryassen tegen het witte aardappelcysteaaltje *Globodera pallida*

1.3 Opzet en uitvoering

Wanneer het mogelijk zou zijn de tolerantie in potten te meten kunnen alle complicaties van veldmetingen worden vermeden. Er is veel onderzoek gedaan in 10 kg potten met een plant waar 1 stengel op groeit. De 10 liter volume bootst het volume van een aardappelstengel in de veldsituatie na. De vraag is of dit ook in 2 liter potten zou kunnen en zo ja bij welke dichtheden de toets dan zou moeten worden uitgevoerd. Bij succesvolle meting in 2 kg potten zou er de mogelijkheid bestaan om de tolerantie meting te combineren met de resistentie meting die ook in 2 kg potten wordt uitgevoerd. Een dergelijke pottoets moet met

veldmetingen worden gevalideerd.

Voor het goed schatten van de schadeparameters wordt er meestal gewerkt met een Pi reeks van zeer lage tot hoge dichtheden. Dit maakt het mogelijk om het Seinhorst model voor schade door de punten te fitten.



Figuur 2 Seinhorst schademodel voor knolgewicht (vers)

De zeer lage dichtheden, liefst nullen, zijn nodig om de potentiële opbrengst (Ymax) van een ras op dat perceel in dat jaar zo goed mogelijk te schatten. De hoge dichtheden zijn nodig om de minimale opbrengst (m) die resteert te kunnen bepalen. Beide parameters zijn voor de teler van belang omdat deze immers de concrete opbrengst bij besmettingen bepalen. Er is nog een derde parameter (T) dit is de dichtheid waarbij de eerste opbrengstderving optreedt. Tot op heden zijn er nog geen rassen gevonden die een sterk afwijkende T vertonen. Het Seinhorst model heeft zich voor veel gewassen, waaronder aardappel, reeds bewezen en is in staat de tolerantie zuiver te schatten. In het bovenstaande voorbeeld ligt de potentiële opbrengst van Ras 1 6 ton hoger dan voor ras 2. Door de opbrengst relatief te maken wordt het mogelijk de minimale opbrengst goed te schatten. Ras 1 houdt 43% van zijn potentiële opbrengst in stand terwijl bij ras 2 de schade oploopt tot 77% en er slechts 23% rest. Ras 1 heeft niet alleen meer opbrengend vermogen maar is ook toleranter.

In dit project worden rassen op drie manieren getoetst. De eerste is door gebruik te maken van een besmettingshaard.



Figuur 3 Valplek; hoogste besmetting in het centrum

Er zijn meerdere methoden om die reeksen te organiseren. De eerste is door de rassen op een besmettingshaard te telen. In het centrum van de haard zijn de dichtheden hoog en naar de randen loopt het af. Dit was de situatie op een aardappelperceel in Zeewolde waar in 2017 de test werd uitgevoerd. Een andere methode is door de teelt van rassen met verschillende resistentie, stroken met verschillende niveau's van besmetting aan te leggen en daar bij de volgende aardappelteelt gebruik van te maken door de te testen rassen dwars op deze besmette stroken te leggen. In Westerbork werd een perceel in 2017 voorbereid en in 2019 gebruikt voor de test.

Dan is er de vraag of het mogelijk is om de test in potten uit te voeren. Het liefste in de 2 kg potten die ook gebruikt worden voor resistentie toetsing. Deze pottotoets werd in 2018 uitgevoerd en werd in 2021 herhaald.

Door op twee grondsoorten dit basiswerk uit te voeren komt de noodzakelijk informatie beschikbaar om het eenvoudige protocol op waarde te schatten en zo aan te passen dat er per Euro een maximum aan betrouwbare informatie wordt geleverd. Ook levert deze aanpak de informatie op of het misschien zelfs mogelijk is een eenvoudige kastoets te ontwikkelen die voorscreening van rassen in het ontwikkel programma bij kwekers, mogelijk maakt.

1.3.1 Organisatie

De uitvoerende projectleiding lag bij Leendert Molendijk van WUR|WUR OT. De veldproeven zijn uitgevoerd door het HLB. De eerste potproef door WUR|OT en de tweede door de NAK onder leiding van Misghina Goitom Teklu van WUR agrosysteemkunde. Helaas is Henk Folkers na het eerste jaar vanwege gezondheidsredenen niet meer in staat geweest de stuurgroep te coördineren. Dit is overgenomen door Jan Gottschall van de NAO. Thomas Been van WUR agrosysteemkunde en voormalig collega Corrie Schomaker hebben een actieve bijdrage geleverd in de advisering en de dataverwerking.

2 Veldproef Zeewolde 2017

2.1 Inleiding

Doel van deze veldproef is het valideren van de resultaten die uit de potproeven worden verkregen. Het HLB heeft op dit perceel via AM intensieve bemonstering in stroken een afgebakende besmetting gevonden die wijst op een haardsituatie. Een haard biedt de mogelijkheid de opbrengsten te meten over een Pi reeks. Het bleek een *G. rostochiensis* besmetting te betreffen. Er is geen enkele aanwijzing dat de schaderelaties van *G. rostochiensis* zou verschillen van die van *G. pallida*. Daarom werd besloten deze besmettingshaard te gaan benutten voor het project. In 2011 was er Innovator geteeld en in 2014 Markies. Innovator is volledig vatbaar voor *G. rostochiensis* terwijl Markies resistent is voor Ro 1. De teler had zelf in de planning op dit perceel Lady Anna (Ro1,2,3 en Pa2 resistent) en Miss Malina (vatbaar) te telen.

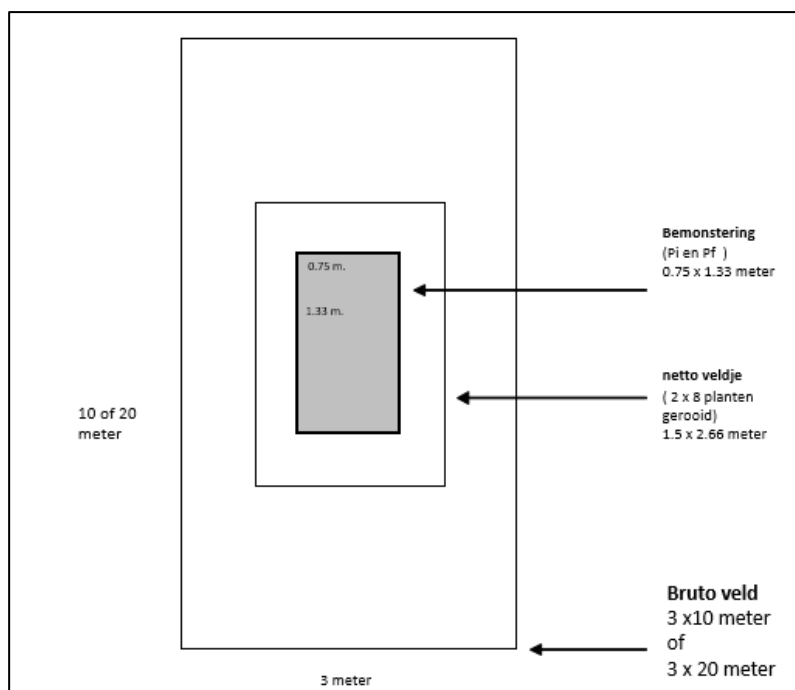
Als toetsrassen die model staan voor de teelt van frites/chips rassen is gekozen voor Innovator, Fontane en Agria. Seresta is het ras dat de verbinding legt met de proef in Westerbork. Van Agria is eerder aangetoond dat het ras een tolerantie heeft voor AM. Innovator heeft de naam intolerant te zijn en Fontane is een groot ras en daarom interessant om in proef op te nemen.

2.2 Opzet en uitvoering

Er is 17 maart 2017 een indicatie bemonstering uitgevoerd om de precieze positie van de haard te bepalen. In 4 banen van 24 meter breed en 50 meter lang werd een mengmonster genomen van 1 liter grond. Op basis van deze oriëntatie bemonstering (2.3.1) is de positionering van het proefveld gekozen.

Een eerste bemonstering werd 5 april uitgevoerd, bouwvoordiep met een monstergrootte van 500 ml per monsterveldje van 1 m². Van de veldjes die te weinig cysten bevatten is op 24 april extra grond bemonsterd.

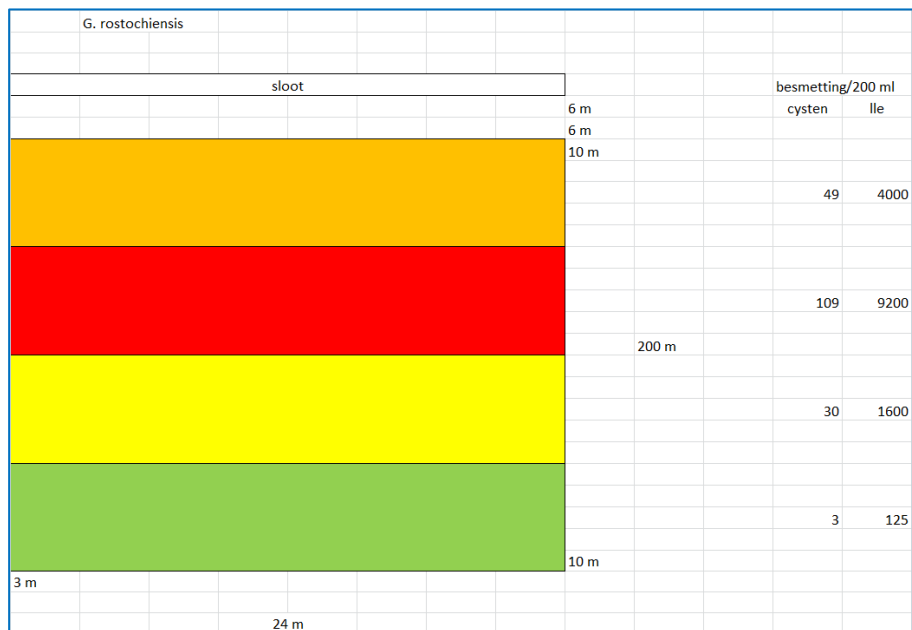
De rassen werden 2 mei gepoot en volgens gangbare praktijk door de teler verzorgd. 24 augustus was Innovator volledig afgestorven. Op 4 oktober was dat voor alle rassen het geval en kon er worden gerooid. Onderstaand het schema voor de bemonstering en de opbrengstbepaling.



Figuur 4 Schematische weergave van de opbouw van een meetveld

2.3 Resultaten

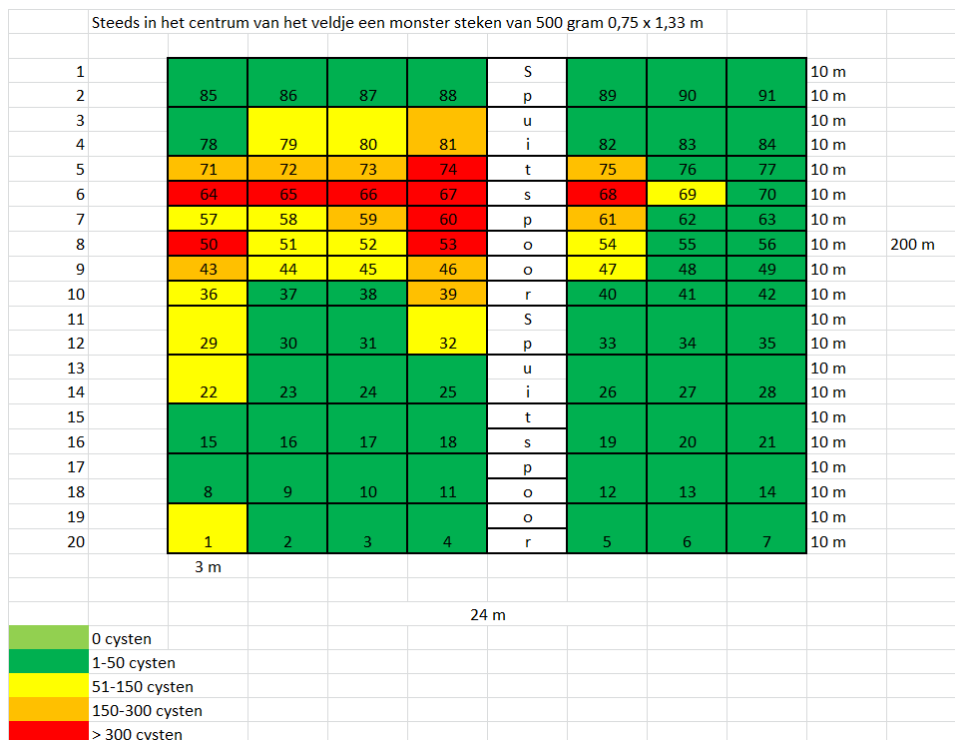
2.3.1 Oriëntatiebemonstering en voorbereiding



Figuur 6 Oriëntatiebemonstering in stroken van 3 x 50 meter

Bovenstaande oriëntatiebemonstering laat zien dat er grote verschillen zijn in besmettingsniveau tussen de banen. Het centrum van de besmetting moet in de derde (rood) baan te vinden zijn.

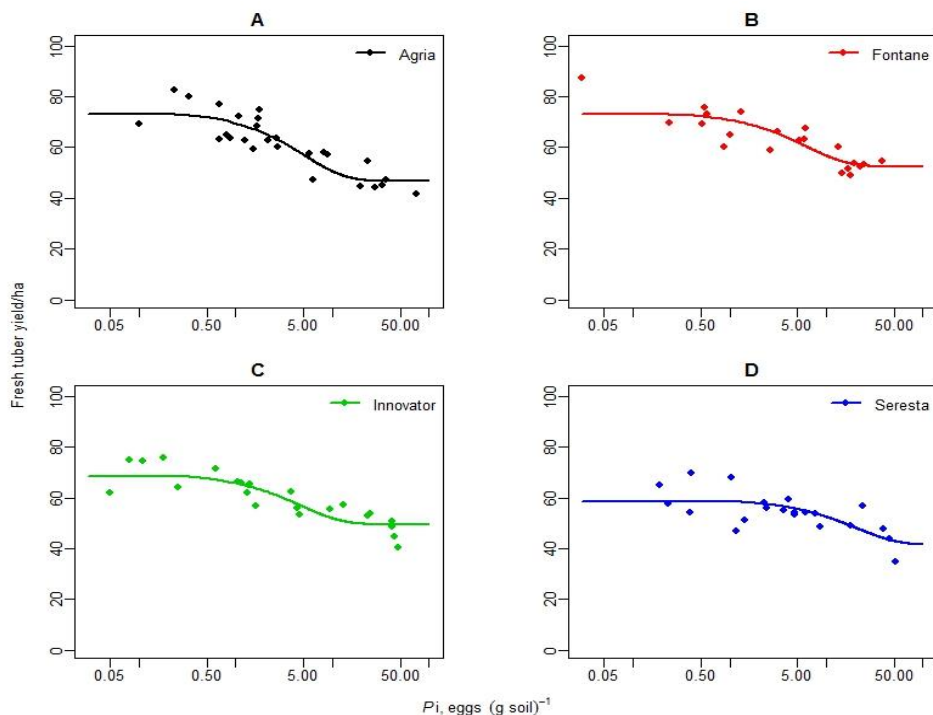
De voorbereiding op cystniveau (N/kg) bevestigt dit beeld.



Figuur 7 Besmettingsniveaus van de veldjes

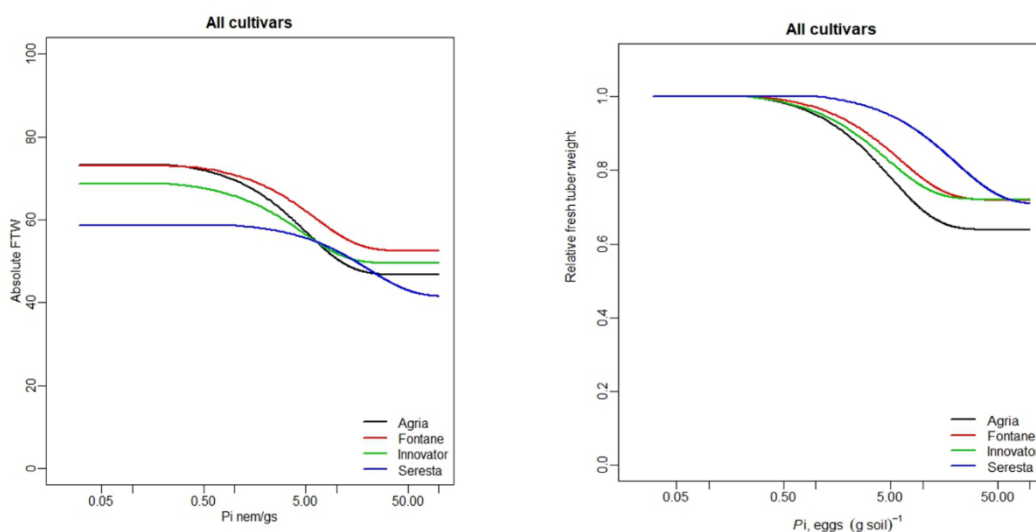
2.3.2 Opbrengsten

Gedurende het seizoen waren er groeiverschillen waarneembaar. Zowel tussen de rassen als de besmettingsniveau 's. Er deden zich verder geen bijzonderheden voor.



Figuur 8 Schaderelatie in tonnen/hectare uit gezet tegen de beginbesmetting (Pi) eieren / gramgrond

De opbrengst in tonnen per hectare vers knolgewicht is uitgezet tegen de beginbesmetting in Ite per gram grond. De lijnen geven de relatie volgens het Seinhorst schademodel. Voor de vier rassen is het gelukt te tellen op een brede P_i reeks. Deze loopt van minder dan een halve tot meer dan 50 Ite/ggrond. Al de vier rassen laten een duidelijke opbrengstdaling zien. Het opbrengstniveau van Agria ligt lager dan die van de andere drie. Terwijl Agria bekend staat als een tolerant ras. Opgemerkt moet worden dat het bij Seresta om zetmeel gaat en niet om het versgewicht.



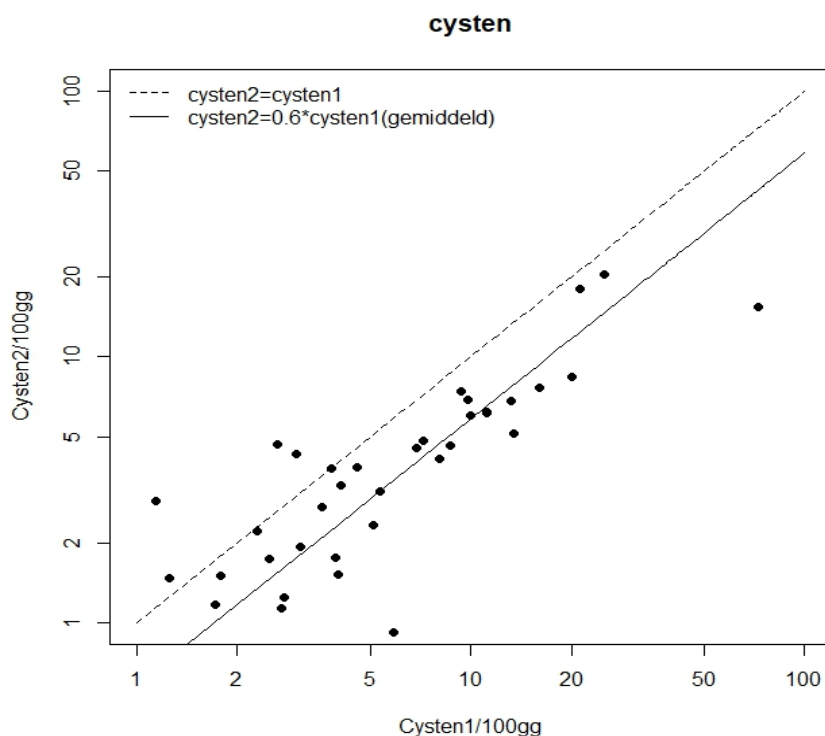
Figuur 9 Absolute en relatieve vergelijking van de opbrengsten

In figuur 10 zijn de rassen naast elkaar gezet en is het Seinhorst model, $y = Y_{\max} * m + (1 - m) 0.95^{P/T-1}$ voor schade op de punten gefit. Er zijn duidelijk verschillen in de opbrengst zonder aaltjes. Deze opbrengst ligt voor Agria beduidend hoger dan die voor Seresta. Voor het bepalen van het tolerantieniveau van een ras is het van belang te kijken naar het percentage van de potentiële opbrengst die overblijft. Daarom is in het rechter figuur de relatieve opbrengst uitgezet door de Y_{\max} voor de vier rassen op 1 gelijk te schakelen. Dan is te zien dat de minimale opbrengsten van Fontane, Innovator en Seresta samenvallen rond de 72% van de potentiële opbrengst.

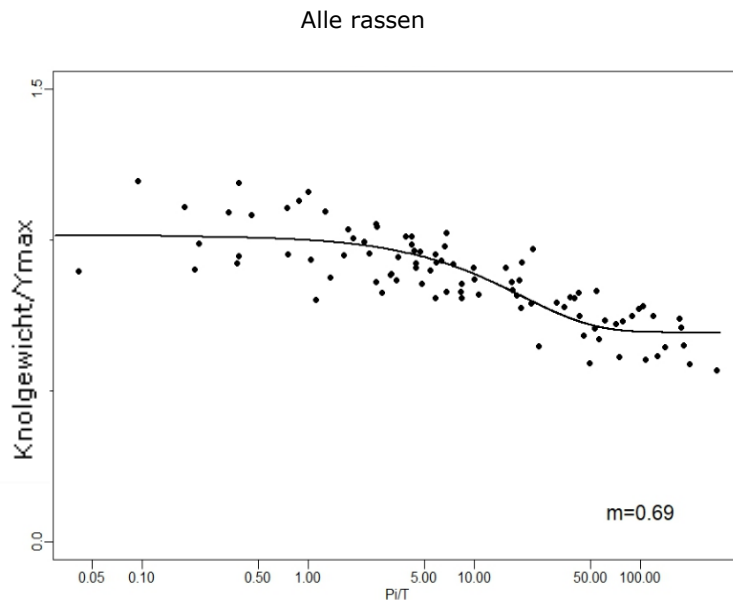
Tabel 1 Schattingen van de parameters van het Seinhorst schademodel

Ras	m	T	Y_{\max}	Se_m	se_T	seY_{\max}	df	R^2
Agria	0.64	0.26	73.14	0.04	0.13	3.35	24	0.74
Fontane	0.72	0.32	72.93	0.05	0.21	3.16	19	0.66
Innovator	0.72	0.24	68.58	0.04	0.18	2.73	21	0.70
Seresta	0.71	1.05	58.52	0.20	1.95	3.41	19	0.41

De verklaarde variantie voor het model (R^2) loopt van 41% voor Seresta tot 74% voor Agria. De spreiding is zodanig dat het enige significante verschil wordt aangetoond voor de Y_{\max} van Agria t.o.v. die van Seresta. Deze ligt voor Seresta significant lager.



Figuur 10 Relatie tussen de eerste en tweede (aanvullende) voorbemonstering



Figuur 11 Relatie Pi opbrengst voor alle rassen

2.3.3 Discussie en conclusies

De zuinige aanpak door voor de Pi bepaling eerst een 500ml monster te nemen en zo nodig extra grond op te halen bleek geen goede keuze. Hoewel de monsters op exact dezelfde plekken zijn gestoken, de boorgaten waren nog goed te zien, bleek er een systematisch verschil tussen de bemonstering van de eerste en tweede monster datum (figuur 11). Het aantal cysten per eenheid grond was in het tweede monster gemiddeld 0.6 van die in het eerste monster. Hiervoor is geen enkele verklaring gevonden. Het HLB heeft beide keren exact dezelfde techniek gebruikt. Beter was het geweest een groot bulkmonster op te halen en dit in gedeelten te spoelen.

Al met al leverde de Pi bepalingen afgezet tegen de opbrengsten veel spreiding op waardoor de modelparameters niet nauwkeurig kunnen worden geschat. Meest voor de hand liggende verklaring is dat er te veel ruis in de aaltjesmetingen hebben gezeten.

Nu er geen significante verschillen tussen de rassen zijn is het interessant te zien hoe het model loopt voor alle opbrengsten uitgezet tegen de Pi. De spreiding rond de opbrengstlijn is groot maar levert een geschatte opbrengstderving van 30 % op voor dit jaar gemiddeld over deze rassen.

De slotconclusie uit deze veldproef is dat er, in deze proef, geen statistisch aantoonbaar verschil in tolerantie is tussen de getoetste rassen.

3 Potproef WUR|OT, Lelystad 2018

3.1 Inleiding

De ideale uitkomst zou zijn dat het toetsen van tolerantie mogelijk is in de potten van 2 kg die ook voor de RV bepaling worden gebruikt. Daarom wordt de groei van de rassen Axion, Festien en Seresta gevolgd op een dichtheden reeks van *G. pallida*. Deze groei wordt vergeleken met die van Seresta in 10 kg potten. Wanneer de parameter schattingen voor Seresta in beide potgroottes overeenkomen dan zouden de 2 kg potten gebruikt kunnen worden voor tolerantie toetsing onder voorwaarde dat deze schattingen ook representatief zijn voor het veld. Daartoe werden de veldproeven te Zeewolde en Westerbork uitgevoerd.

3.2 Opzet en uitvoering

3.2.1 Vermeerdering *G. pallida* in 2017

Ten behoeve van de potproef met de dichthedenreeksen in 2018 zijn ruim 47 miljoen eieren nodig. Daarvoor is het nodig eerst een vermeerderingsronde in te zetten. Honderd 2.5 liter potten Bintje en vijftig potten Desiree. Er werden 50.000 cysten van de Pa3 Chavornay uit een eerdere vermeerdering geschoond. Daarmee werden de potten voorzien van een beginbesmetting van 10 lle/ggrond. Na 16 weken leverde het spoelen van de potten ruim 500.000 cysten op met voldoende inhoud om het experiment in 2018 te kunnen uitvoeren.



12 Grootschalige vermeerdering 2017 t.b.v. potproef 2018

3.2.2 Opzet en uitvoering tolerantie pottoets 2018

In overleg is gekozen voor de rassen Axion, Festien en Seresta. Seresta werd zowel in een 10 kg pot als in de 2 kg testpot geteeld. Er was een Pi reeks van 0, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 lle/ggrond. Elke combinatie werd in 5 herhalingen ingezet. Er is gebruik gemaakt van de standaard Seinhorst toetsgrond die ook in de formele RV toetsing is voorgeschreven. Dagtemperatuur was 20 graden Celsius en de

nachttemperatuur 16 graden, bij 16 uur licht. De potten werden eenmaal per week op de waterkar gewogen en op gewicht gebracht

De proef werd 17 april geïnoculeerd en 18 april gepoot met boorstukjes met een enkele spruit. De planten werden teruggezet op 1 stengel. Lengte in de tijd, gewicht, droge stof en knolaantal werd gemeten.



13 Zowel de 2 kg als 10kg staan er 4 mei goed bij

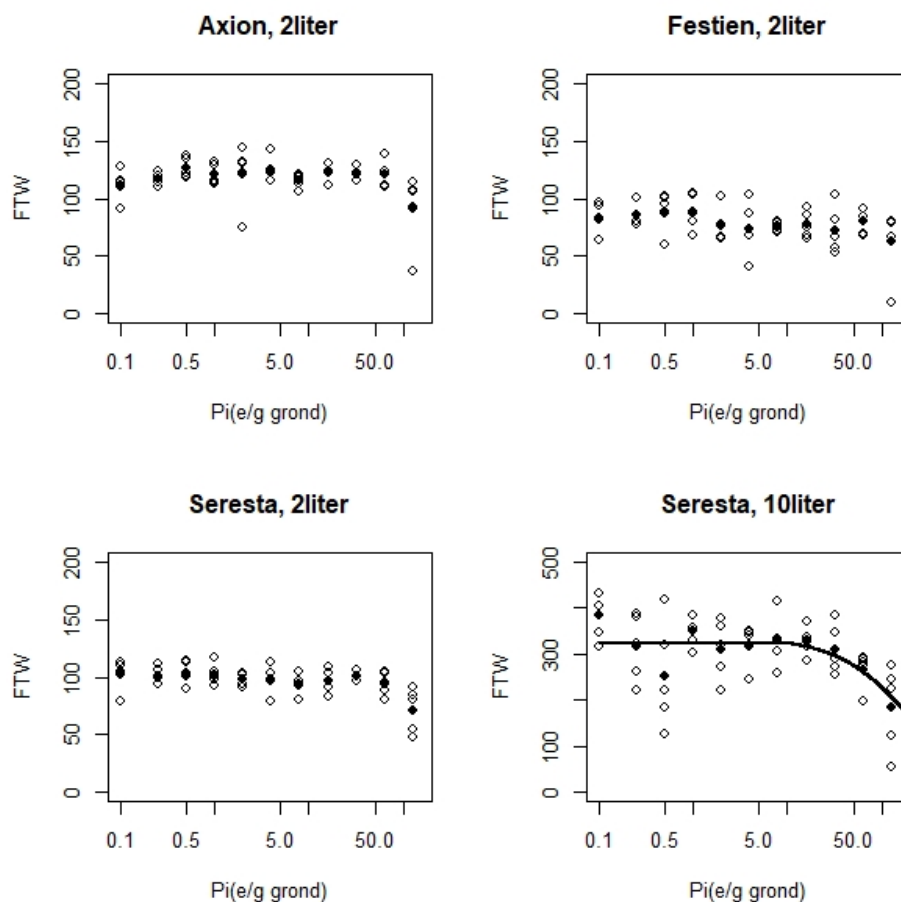
De opkomst was regelmatig.



14 De knollen zijn geoogst

Op 22 augustus werd de proef beëindigd en de knollen geoogst.

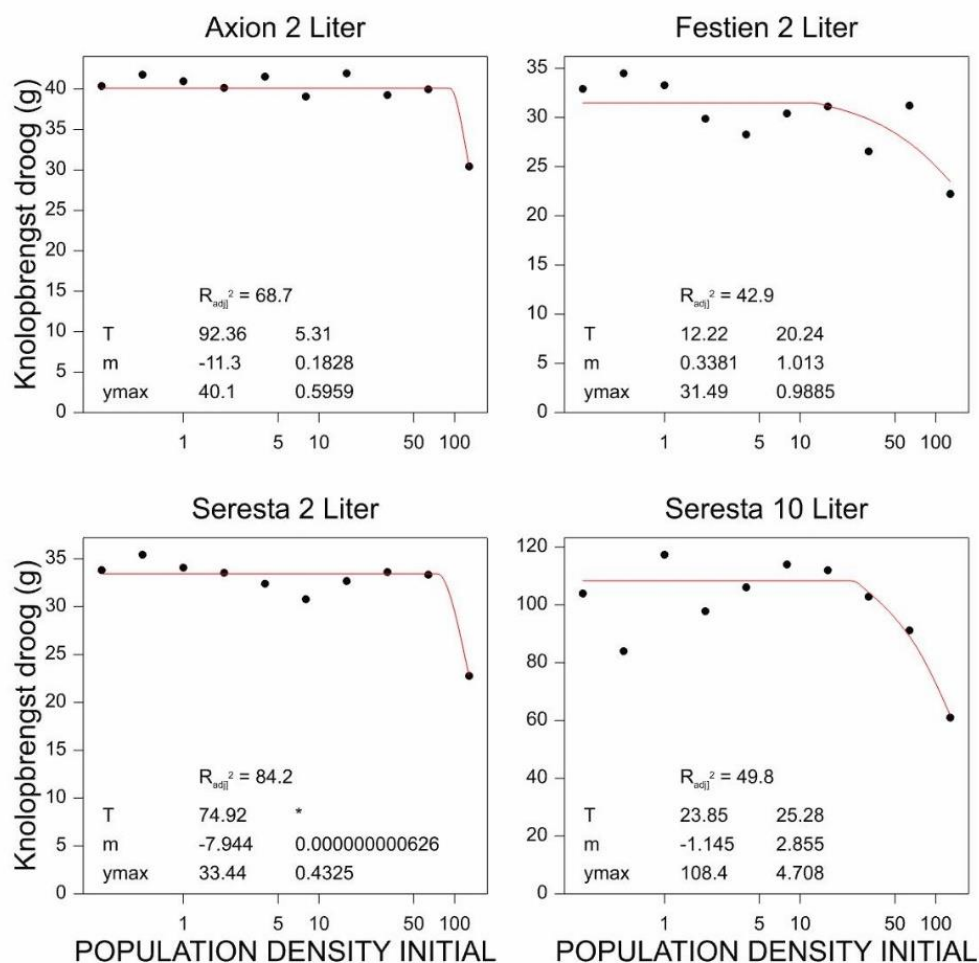
3.3 Resultaten



Figuur 15 Knolgewicht vers in gram per pot uitgezet tegen de beginbesmetting

In bovenstaande figuur is de vers opbrengst van de knollen in grammen per pot uitgezet tegen de beginbesmetting in eieren per gram grond. Er is bij geen van de potten of rassen sprake van een daling van de opbrengst naar een minimum (asymptoot). De verwachting was dat de schaderelatie bij Seresta in de 10 liter het meest nauwkeurig tot uiting zou komen. Juist bij de grote potten is de spreiding onverklaarbaar groot. In de 2 liter potten is er alleen bij de hoogste beginbesmettingen sprake van enige opbrengstdaling. De schadedrempel die normaal gesproken rond de 2 lle/ggrond ligt is ver naar rechts opgeschoven. Dit zou er op kunnen wijzen dat er een grote sterfte van het inoculum is opgetreden. Controle van de log gegevens van de kas heeft laten zien dat er geen extreme temperaturen of problemen met de watervoorziening zijn geweest. Gezien de prima groeiomstandigheden tijdens de proef is er geen verklaring voor de geconstateerde afwijkende resultaten.

Onderstaand is voor het drooggewicht met behulp van het Seinhorst schademodel de schadedrempel T , de maximale opbrengst bij geen aaltjes (Y_{max}) en de minimale opbrengst (m) bij hoge begindichtheden geschat. De schadedrempel ligt boven de 12 voor Festien en loopt op tot 92 voor Axion. Dit zijn geen reële cijfers. De minimale opbrengst kan niet worden geschat.



Figuur 16 Drooggewicht knollen met de parameterschattingen van het Seinhorstmodel

Ook voor de andere parameters werden geen logische verbanden gevonden.

3.4 Discussie en conclusies

De 10 kg pot Seresta laat niet het gewenste /ideale plaatje zien. De spreiding is veel te groot en de schadedrempel is onverklaard hoog. Dit lijkt erop te wijzen dat er iets mis is gegaan met het inoculum. Dat zou voor een groot gedeelte zijn afgestorven zodat de ingestelde P_i niet overeenkomt met de werkelijke P_i waar de plant aan is blootgesteld. Het aantal en het gewicht aan knollen is in de 2 kg potten erg laag. In deze proef zijn geen relevante verschillen tussen de rassen gevonden. Deze proef geeft geen aanleiding te verwachten dat tolerantie kan worden gemeten in een 2 kg pot. **De resultaten van deze proef zijn dermate vreemd en onverklaarbaar dat er alle aanleiding was om de proef te herhalen.** Aan het eind van het project is met vereende krachten ervoor gezorgd dat er een herkansing kwam bij de NAK te Emmeloord in 2020 (hoofdstuk 5).

4 Veldproef Westerbork 2019

4.1 Aanleiding

Zoals in de inleiding omschreven heeft het testen van tolerantie van rassen op verschillende Pi niveaus aangebracht door stroken al dan niet te behandelen met Monam het risico op het trekken van onjuiste conclusies omdat deze behandeling veel meer wijzigt dan het besmettingsniveau van aardappelvrijstaaltjes alleen. Daarom is voor het toetsen van de tolerantie van een aantal zetmeel rassen gekozen voor een andere aanpak. Door rassen te telen met verschillende resistentie niveaus wordt een reeks aan begin besmettingen gerealiseerd. Vervolgens wordt in de aardappelteelt van twee jaar later de te toetsen rassen dwars op de teeltrichting geteeld zodat de te toetsen rassen worden blootgesteld aan de reeks van einddichten die is achter gelaten. De kunst is het om zowel zeer lage Pi's te hebben waarmee de potentiële opbrengst (Y_{max}) kan worden gemeten als hoge dichtheden die de minimale opbrengst laten zien (m).

4.2 Opzet en uitvoering

In samenwerking met WUR|OT werd de opzet uitgewerkt waarna het HLB de gehele uitvoering voor haar rekening nam. Voor de data analyse werd de hulp ingeroepen van Corrie Schomaker (voorheen WUR|Agrosysteemkunde)

4.2.1 2017 voorbereidend vermeerderingsjaar

Het HLB vond in Westerbork een fabrieksaardappelperceel dat egaal besmet leek en voldoende oppervlakte had voor het uitvoeren van de proef. De voorgeschiedenis van het perceel is jaren lang 1 op 2 teelt zetmeelaardappelen. In 2015 zijn op dit perceel zetmeelaardappelen en in 2016 suikerbieten geteeld. Tegen het uiterste rechtse gedeelte van het proefveld heeft in 2013 een Rhizoctonia proef gelegen met een voor AM vatbaar consumptieras. Na deze schimmelproof is dit perceelsgedeelte ruim ontsmet met 300 l/ha Monam.



17 De positie van het proefveld te Westerbork

In 2017 zijn op 4 mei alle banen met aardappelen gepoot. Op 16 juni stonden de gewassen er prima op zie foto 19.



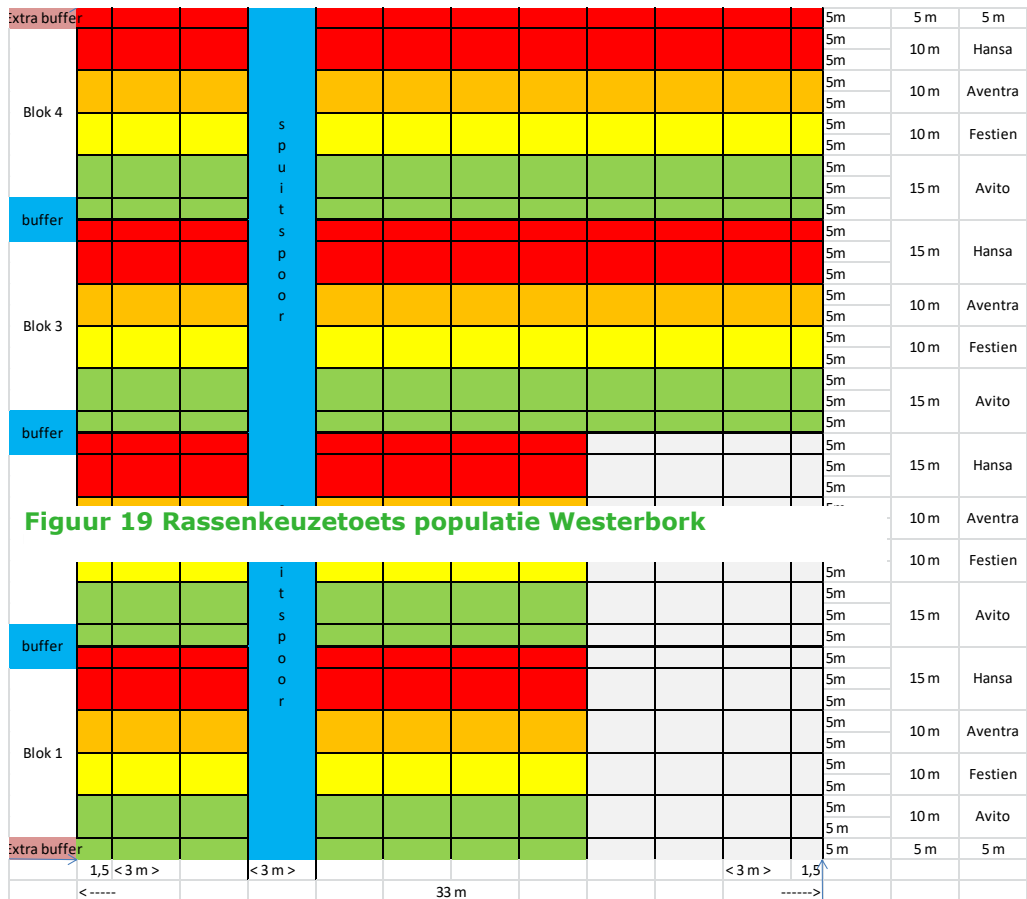
18 Voorbereidend jaar Westerbork 16 juni

De gewassen zijn van nature afgestorven. Het ras Hansa was begin september al afgestorven, en daarna half september de rassen Avito en Aventra en begin oktober is het proefveld geklapt en was ook het ras Festien op zijn eind. 13 oktober 2017 is het gehele veld geroid.

Onderstaand de uitslag van de rassenkeuzetoets waaruit bleek dat dit veld besmet is met een virulente populatie. Op de standaard populatie E400 (Rookmaker) is de Relatieve Vatbaarheid 2% terwijl deze populatie op Seresta boven de 40% uitkomt.

Rassenkeuzetoets										
G. pallida										
Teler										
code										
methode	closed containers 55 ml									
Monsternummer	18564									
perceel	Hansa 4									
aantal cysten op de wortelmat										
ras	1	2	3	4	5	6	7	8	gemiddeld	relatief
Desiree	41	29	42	46	39	42	39	40	40	100,0%
Aventra	24	35	3	13	21	18	24	19	20	49,4%
Seresta	11	32	9	17	13	24	12	32	19	47,2%
Axion	16	15	15	26	17	31	2	16	17	43,4%
Novano	22	22	22	22	5	11	4	23	16	41,2%
Avarna	11	15	15	15	15	3	10	29	14	35,5%
Altus	8	2	5	11	12	10	5	10	8	19,8%
Saprodi	7	5	7	5	8	6	10	9	7	17,9%
Supporter	6	5	7	3	6	8	4	8	6	14,8%
Festien	7	7	6	2	8	3	5	3	5	12,9%
Messina	1	4	8	3	4	3	0	5	4	8,8%
Avito	1	3	7	2	2	1	2	3	3	6,6%
Legenda										
Resistent										
Laag vatbaar										
Vatbaar										

Door in 2017 rassen met verschillende RV's te telen, worden er stroken met verschillende Pi niveaus gerealiseerd voor het toetsjaar 2019. Vanwege het hoge virulentie niveau zijn er rassen gekozen uit de hoogste resistentie klasse: Festien (RV 0,25), Aventra (0,42), Avito (0,73) en de 100% vatbare Hansa als referent. Het proefveld ligt in 4 blokken met daartussen een extra bufferstrook om versleping van de hoge besmettingen naar de monsterveldjes in de volgende strook te voorkomen.



Figuur 19 Rassenkeuzetoets populatie Westerbork

Figuur 20 Veldschema Westerbork 2017

In herfst 2017 werd van een groot aantal veldjes de eindbesmetting bepaald om te bezien of de opzet geslaagd was.

In 2018 werd er zomergerst geteeld en daarna Japanse haver als groenbemester. Deze is begin december ondergeploegd.

4.2.2 Eindbesmettingen gemeten in herfst 2017 en december 2018

Besmetting december 2018 en herfst 2017												
Aantal Ile per 100 ml grond			% afname							rassen 2017		
		sput							5m	5 m	5 m	
51175		spoor	41468	43,1			35417		5m	10 m	Hansa	
136		sput	23575				143		5m			
23617		spoor	33367	59,8			19485		5m	10 m	Aventra	
127			13405				134		5m			
3098			9227	60,2			6771		5m	10 m	Festien	
118			3669				125		5m			
3241			7489	56,2			9063		5m			
109			3280				116		5m	15 m	Avito	
									5m			
									5m			
40139			55568	58,0			54185		5m	15 m	Hansa	
100			23339				107		5m			
20833			29449	80,9			29457		5m	10 m	Aventra	
91			5613				98		5m			
6702			6250	66,6			5711		5m	10 m	Festien	
82			2088				89		5m			
5903			5020	62,4			2416		5m			
73			1890				80		5m	15 m	Avito	
									5m			
									5m			
57591			66314	55,1			3549		5m	15 m	Hansa	
64			29767			11628	71		5m			
37286			19280	59,3			2148		5m	10 m	Aventra	
55			7843			4118	62		5m			
6438			6635	70,7			203		5m	10 m	Festien	
46			1947			1204	53		5m			
4039			7018	74,2			161		5m			
37			1810			2216	44		5m	15 m	Avito	
									5m			
									5m			
30720			69257	59,4			4853		5m	15 m	Hansa	
28			28139			26678	35		5m			
11023			39564	48,1			5180		5m	10 m	Aventra	
19			20539			8333	26		5m			
4901			7719	24,7			1561		5m	10 m	Festien	
10			5809			3318	17		5m			
3163			4855	33,8			602		5m		Avito	
1			3214			1525	8		5	15 m		
									5		5 m	

Figuur 21 Eindbesmettingen herfst 2017 (rood) en december 2018 (zwart) en het sterfte % (blauw), schuingedrukt zwart veldnummers.

De cijfers van herfst 2017 (rood) laten zien dat de besmettingen zeer hoog zijn opgelopen. De Pf van Hansa haalt op sommige veldjes ruim 60.000 Ile per 100ml. De resistentie van Festien en Avito is goed terug te zien in de lagere besmettingen. Die van Aventra liggen hoger dan je op basis van de formele RV zou verwachten, maar door de rassenkeuzetoets goed was voorspeld. Gezien de zware besmettingen was het de vraag of het veld wel voldoende veldjes met lage aantallen zou herbergen om de proef in 2019 met succes te kunnen uitvoeren. Daarom werden dezelfde veldjes in december 2018 nogmaals gemonsterd. Dat ene jaar natuurlijke sterfte heeft de besmetting ongeveer 70 % verlaagd. Dit is een niveau van natuurlijke sterfte dat bekend is van de zandgronden.

Op basis van deze cijfers besloot de stuurgroep het experiment in 2019 in gang te zetten. Blok 1 en 2 werden vanwege een gunstiger Pi verdeling voor dit doel geselecteerd. Hierin zit ook het gedeelte aan de rechterkant van het proefveld wat door natte grondontsmetting in het verleden een veel lagere Pi heeft.

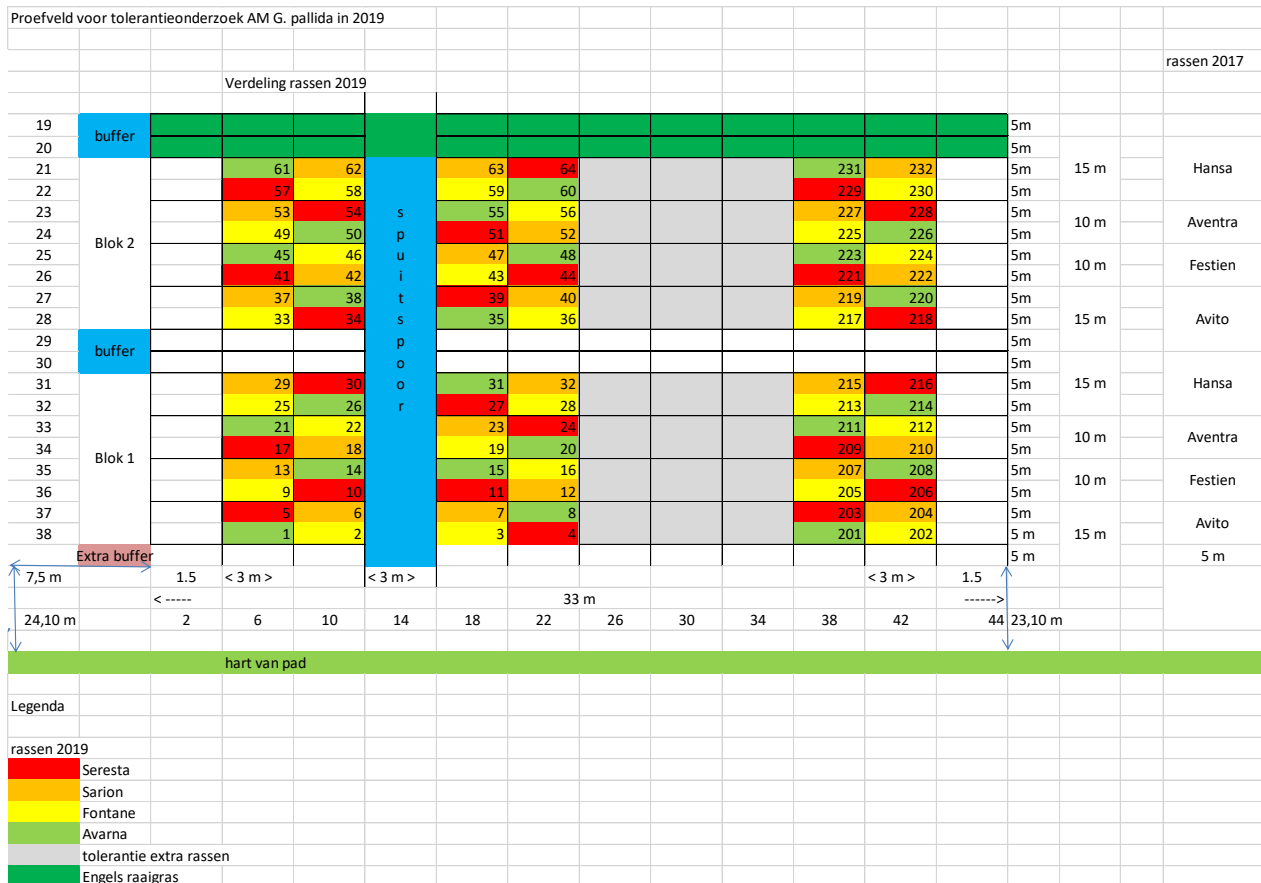
4.3 Toetsing 2019

4.3.1 Opzet en uitvoering toetsing 2019

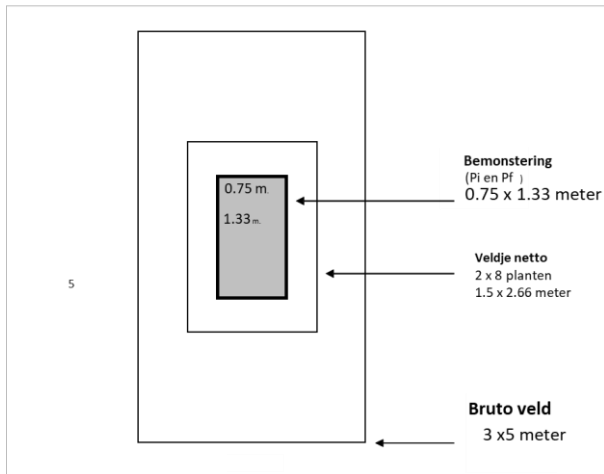
In overleg met de stuurgroep werd de tolerantie meting uitgevoerd op de rassen Seresta, Sarion, Fontane en Avarna.

De voorbemonstering heeft 2 april plaatsgevonden. Het poten werd uitgevoerd op 8 mei. De groei verliep voorspoedig en kon worden uitgevoerd conform staande landbouw praktijk. Doodgespoten werd er op 3 oktober waarna er op 23 oktober geoogst kon worden.

Alle te testen toetsrassen komen per ras strook van 2017 3x voor. Dit zijn er 12 per blok en totaal 24 voor de hele proef. In het grijze gedeelte zijn er op verzoek van de partners nog eigen metingen uitgevoerd.



Figuur 22 Proefveldschema Westerbork 2019



Figuur 23 Overzicht meetveldjes

In het centrum van het bruto veld van 3 x 5 meter ligt het aaltjes monsterveldje van 0.75 x 1.33 m. Dit zorgt ervoor dat er net zoveel in de ruggen als tussen de ruggen gemonsterd wordt. Het oppervlak is daarmee 1m² zodat de monsterfout zo klein mogelijk is. Door hier monsters van 1.5 liter uit te halen via 60 steken met de aaltjesboor tot 21 cm, het monster in zijn geheel te spoelen, alle cysten te verwijderen en de inhoud op leven/dood te beoordelen aan de hand van tenminste 200 eieren kan een nauwkeurige bepaling van de begin- (Pi) en eindbesmetting (Pf) worden verkregen. Voor de oogst worden er 16 planten opgerooid die de monsterplek omvatten.

Tabel 2 Gemiddelde beginbesmettingen per ras nagelaten na de voortelt in 2017

Beginbesmetting linker gedeelte			Beginbesmetting rechter gedeelte		
	Gemiddeld per ras 2017 Per 100 gram grond			Gemiddeld per ras 2017 Per 100 gram grond	
ras 2017	cysten	Ile	ras 2017	cysten	Ile
Avito	28	1573	Avito	63	337
Festien	35	3639	Festien	74	549
Aventra	93	12571	Aventra	81	1637
Hansa	156	16230	Hansa	70	2326
Avito	39	2630	Avito	29	181
Festien	41	3482	Festien	22	298
Aventra	119	11873	Aventra	24	955
Hansa	168	17965	Hansa	34	1527

4.3.2 Resultaten toetsing 2019

Onderstaande tabel laat zien dat de gemiddelde Pi loopt van 179 lle/ml na Hansa tot 1,8 lle/ml na Avito. De hoge besmettingen worden vooral op het linkerdeel gevonden terwijl de meeste lage besmettingen rechts liggen.

2422	20349	s p u i t s p o o r	22109	23248				1313	2342
22088	16774		16964	19766				671	1784
13934	14450		16561	9176				607	1570
10009	9648		15593	5617				1061	583
5388	5776		5563	1567				176	155
2885	2881		2037	1758				151	708
1332	1276		2050	1027				122	154
731	11161		1767	1694				393	52
15260	15295		16540	19813				3992	1762
11471	12054		19578	19828				2123	1429
11955	9492		14120	20272				1846	904
6115	7061		11982	19569				2951	848
3470	3280		5177	6160				632	343
1630	1551		4965	2883				920	300
1084	1065		2248	2178				62	362
931	840		2262	1975				508	415

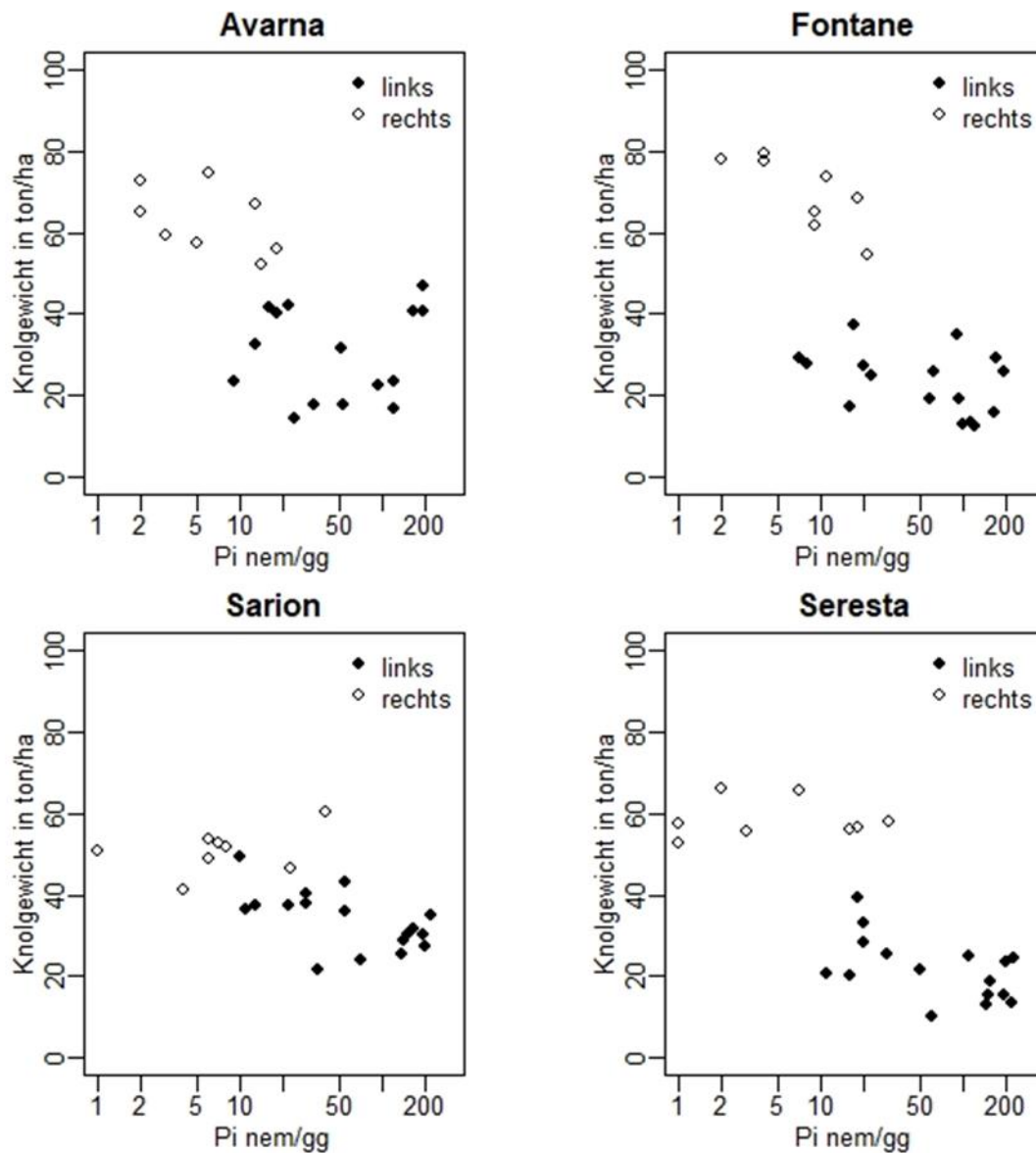
	Seresta
	Sarion
	Fontane
	Avarna

Figuur 24 Plaatsing van de toetsrassen 2019 met de Pi van het veldje (eieren per 100ml grond)

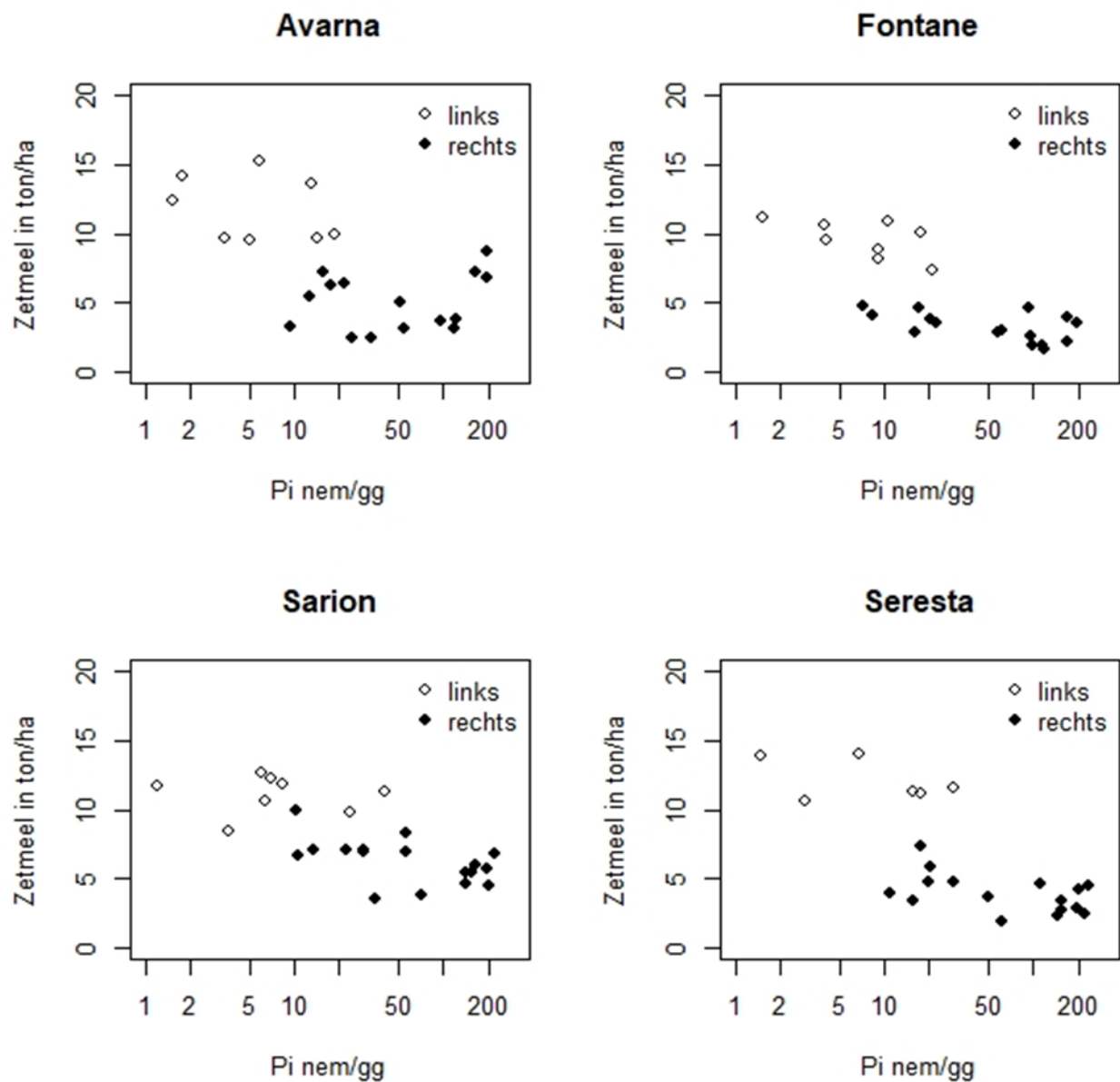


Figuur 26 4 september 2019: sommige veldjes zijn al volledig afgestorven.

Zoals ook in bovenstaande foto geïllustreerd waren er grote verschillen in groei en ontwikkeling afhankelijk van ras en besmettingsniveau. In onderstaande figuren zijn de opbrengsten in versgewicht en zetmeel afgezet tegen de beginbesmetting. Wat opvalt dat er een sterk effect is van de ligging van de veldjes (links of rechts op het proefveld) op de opbrengst. Zo varieert voor Avarna, bij een beginbesmetting van circa 10 lle/gg de opbrengst van circa 20 tot 70 ton/ha.



Figuur 25 Opbrengst knollen versgewicht in tonnen per hectare uitgezet tegen de beginbesmetting in aantal eieren per gram grond



Figuur 26 Opbrengst Zetmeel in tonnen per hectare uitgezet tegen de beginbesmetting in aantal eieren per gram grond

4.4 Discussie en conclusies

Het proefveld blijkt niet homogeen genoeg. De potentiële opbrengst ligt op het linkerdeel hoger dan op het rechterdeel. Dit wordt goed geïllustreerd in het midden bereik van de Pi. Voor de zetmeel opbrengst van bijvoorbeeld Fontane en Seresta zijn er zowel in het linker als in het rechterdeel een aantal veldjes te vinden met Pi's tussen de 5 en 20 l/kg grond. Het opbrengst niveau is bij deze besmetting links is 10 ton en rechts 5 ton zetmeel. Daarom is de conclusie dat het niet verantwoord is een opbrengstcurve door deze data te trekken.

Daarnaast valt het op dat de spreiding tussen de opbrengsten bij vergelijkbare dichtheden groot is. Zo varieert de zetmeelopbrengst van Avarna bij vergelijkbare dichtheden (in Pi bereik van 1-10 l/kg) van 10 tot 15 ton/ha.

Deze spreiding wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de grondmonsters op routinebasis zijn verwerkt. Het was de bedoeling 1500 gram grond per monsterveldje te monstern om het mogelijk te maken 200 cysten te schonen en tenminste 200 eieren en larven te tellen voor de levend/dood bepaling. In plaats daarvan was de monstergrootte 600 gram en het gemiddeld aantal getelde eieren en larven was 70. Daarmee loopt het onderscheidend vermogen van de proef sterk terug zodat het ook bij homogeniteit van het veld moeilijk zou zijn de parameters voor tolerantie goed te schatten.

Wel kan de potentiële opbrengst van de rassen (Y_{max} is zetmeel opbrengst zonder aaltjes) worden geschat. Deze is voor Avarna en Seresta beduidend hoger dan die van Fontane en Sarion, 15 t.o.v. 12 ton/ha.

De gebruikte 'dambordopzet' voor het doen van tolerantie onderzoek is veel belovend maar kostbaar. Het HLB raamt het beschikbaar maken van 144 veldjes en de uitvoering van de toetsing op een totaal van €65.000.

5 Potproef NAK Emmeloord 2021

Het meten van de AM tolerantie van het ras Seresta

5.1 Aanleiding

De tegenvallende resultaten van zowel de veldproeven als de potproef in 2018 was voor de gehele projectgroep een grote teleurstelling. Op basis van oude potproeven blijft het beeld overeind dat het in potten mogelijk moet zijn om de relatie tussen beginbesmetting en opbrengst goed te meten. WUR|OT toonde zich bereid op eigen kosten 12 gram cysten te produceren met een waarde van 22 k€. Het HLB huurde met de resterende project gelden de NAK te Emmeloord in om de proef te huisvesten en Misghina Goitom Teklu van WUR| agrosysteemkunde om de proef te begeleiden en de resultaten uit te werken. Besloten werd om de NAK te Emmeloord te vragen een offerte uit te brengen om de proef uit te voeren in de zelfde geklimatiseerde ruimte als waar de AM resistentie toetsing plaats vindt. Dit is immers de plek waar in de toekomst een routine tolerantietoetsing zou worden uitgevoerd. De NAK bleek hiertoe bereid. Avenir stelde het benodigde Seresta pootgoed ter beschikking. Daarmee kon de proef doorgang vinden.

Een doel van de proef is na te gaan of het in de omstandigheden bij de NAK mogelijk is de opbrengstparameters te schatten in 10kg en 2 kg potten. Wanneer deze schattingen overeen komen dan levert dit een indicatie op of tolerantie van rassen betrouwbaar kunnen worden gemeten in kleine potten. De 2 kg potten zijn de standaard die nu gebruikt worden voor de resistentie toetsing en het ideale eindresultaat zou zijn als de resistentietoetsing en tolerantietoetsing gecombineerd zou kunnen plaatsvinden. Een tweede doel is te onderzoeken bij welke dichtheden een dergelijke toets zou moeten plaats vinden om betrouwbaar tolerantie te meten zo mogelijk in combinatie met resistentie. Voor het vaststellen van de schad drempel T zijn zeer lage dichtheden nodig terwijl voor het inschatten van de minimale opbrengst die resteert er bij hoge dichtheden moet worden gemeten. Zie paragraaf van de inleiding.....Opzet en uitvoering De toets is uitgevoerd met *Globodera pallida*, populatie Rookmaker E400. Dit is de oude Nederlandse referentie populatie voor Pathotype E die ook nu nog door de kwekers als referentie populatie wordt gebruikt naast de Europese standaard Chavornay populatie.

De 11 beginbesmettingen volgden een logaritmische reeks van 0, 0,25,0,50, 1,2,4,8,16,32,64 tot en met 128 juvenielen en eieren per gram grond. Twee potgroottes, 2 en 10 kg werden in 10 herhalingen ingezet.

De 220 potten werden gevuld met de standaard 'Seinhorst' testgrond . Op 7 april 2021 werden ze geïnoculeerd en beplant met boorstukjes vanuit pootgoed. Het gebruikte ras is Seresta. De groeiperiode besloeg 16 weken waarna de planten vanaf 28 juli geen water meer hebben gekregen.

De AM faciliteit van de NAK is een omgebouwd laboratorium dat is voorzien van assimilatieverlichting met een lichtopbrengst van ruim 6000 lux dat gedurende 14 uur per dag werd gegeven. De potten stonden gerandomiseerd in de ruimte.

Luchtvochtigheid was hoger dan 40%. De dagtemperatuur was 20oC (\pm 5oC) en de nachttemperatuur 12-15oC (\pm 5oC)l. De potten werden elke week van water voorzien na weging. Na het water geven kwamen de potten op een nieuwe plek te staan zodanig dat ze door de ruimte roteerden. Dit om de eventuele variatie in groeiomstandigheden zo min mogelijk effect te laten hebben op het groeiverloop. Zijspruiten werden elke week verwijderd en alleen de hoofdstengel is blijven staan. Na 28 dagen werd voor de eerste keer de loofhoogte gemeten deze werd vervolgens gedurende 10 weken elke week uitgevoerd. Na afloop van de proef werd het versgewicht van de gevormde knollen gemeten.

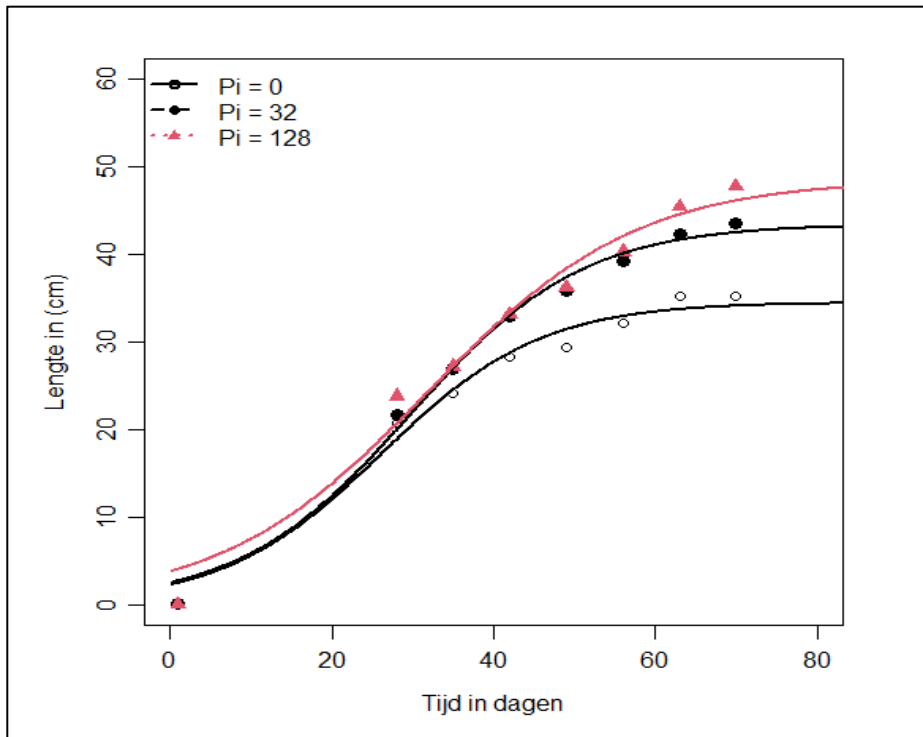
Wat direct opviel was dat met name in de 10 kg potten de opkomst niet regelmatig was. Van de 110 potten kwamen er 11 helemaal niet op. Deze werden na 14 dagen opnieuw geplant. Daarnaast waren er nog 3 potten met zeer dunne stengels. Maar ook de groei in de 2 kg potten was niet optimaal. Van deze potgrootte vielen er 7 uit en bleek er 1 pot vergeten. Ze werden alle na 14 dagen opnieuw ingeplant. Eén pot met een achterblijvende spruit werd niet opnieuw ingeplant.



27 De opstelling in de AM testruimte van de NAK te Emmeloord

5.2 Resultaten

5.2.1 Stengellengte

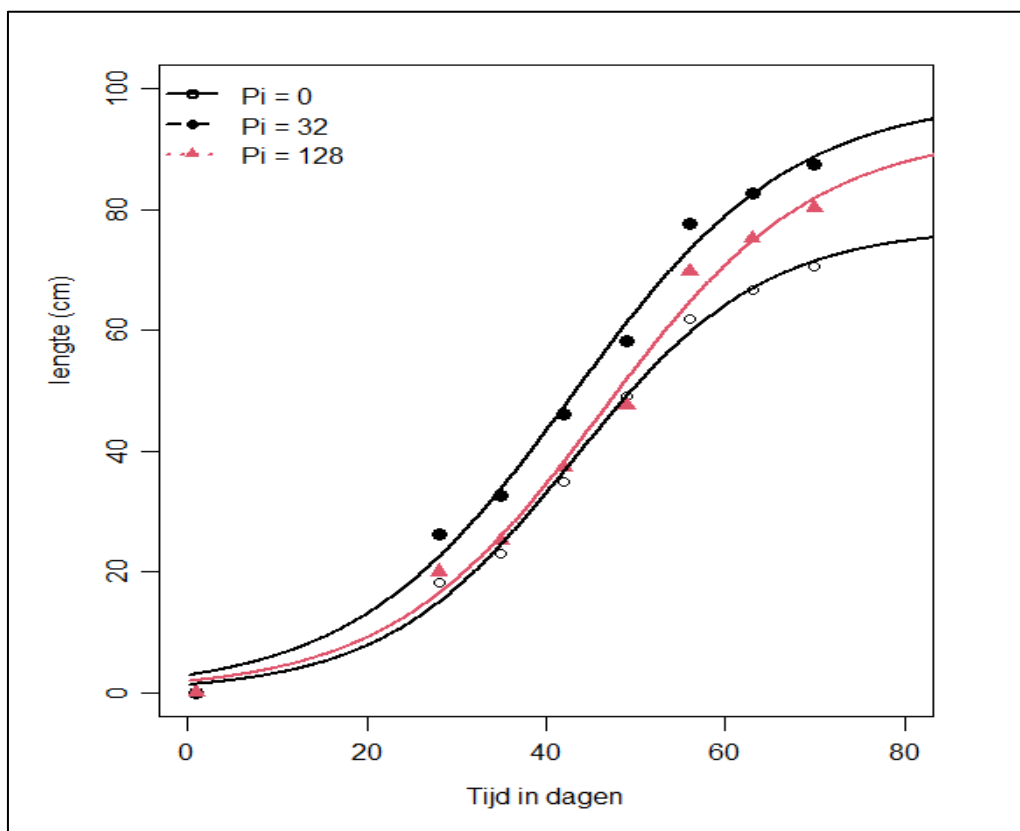


Figuur 28 Lengtegroei in 2 kg pot bij 0,32 en 128 eieren per gram grond

De stengelgroei in deze 2 kg potten vertoont het normale van de begindichtheid afhankelijke beeld. Hoe hoger de besmetting des te langer de hoofdstengel.

Tabel 3 parameterwaarden van het logistische model $F(t) = C/(1+\exp^{[(-B.(t-A))]})$ dat is gebruikt voor de lengte in potten van 2 kg: waarbij C = de maximaal bereikte lengte in cm; B = de stijgsnelheid; A = de tijd om 0,5 * C te bereiken

S.NO	Pot.kg	pop	C	B	A	seC	seB	seA	R2	dF
1	2	0.00	34.5	0.1018	26.2	1.93	0.0251	2.42	0.972	5
2	2	0.25	38.0	0.1151	25.1	1.49	0.0244	1.82	0.982	5
3	2	0.50	36.5	0.1145	24.4	1.73	0.0292	2.26	0.974	5
4	2	1.00	49.4	0.0823	32.5	3.75	0.0181	2.83	0.977	5
5	2	2.00	45.8	0.0873	31.0	2.95	0.0183	2.42	0.979	5
6	2	4.00	37.8	0.1021	26.2	2.10	0.0252	2.42	0.972	5
7	2	8.00	37.9	0.0934	27.5	2.46	0.0232	2.68	0.970	5
8	2	16.00	48.4	0.0778	34.1	3.78	0.0157	2.94	0.980	5
9	2	32.00	43.5	0.0944	29.7	2.08	0.0170	1.82	0.985	5
10	2	64.00	48.2	0.0927	29.8	2.46	0.0172	1.96	0.984	5
11	2	128.00	48.5	0.0778	31.9	4.62	0.0201	3.72	0.968	5



Figuur 30 Lengtegroei in 2kg pot bij 0,32 en 128 eieren eieren per gram grond

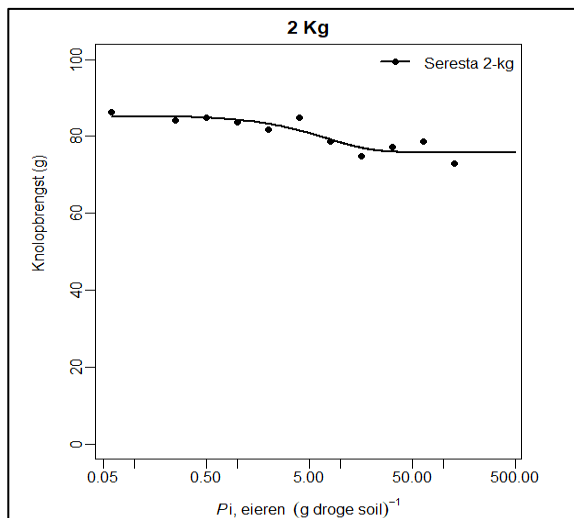
De 10 kg potten vertonen het te verwachten patroon echter niet. Hier is de ongestoorde groei ($P_i=0$) het object met de langste stengels. De hoogste P_i van 128 ligt wel boven die van de middelste P_i 32 juvenielen en eieren per gram grond.

Tabel 4 parameterwaarden van het logistische model $F(t) = C/(1+\exp^{[-B.(t-A)])}$) dat is gebruikt voor de lengte in potten van 10 kg: waarbij C = de maximaal bereikte lengte in cm; B = de stijgsnelheid; A = de tijd om $0,5 * C$ te bereiken

S.NO	Pot.kg	pop	C	B	A	seC	seB	seA	R2	df
1	10	0	77	0.09	43.00	4.43	0.01	1.74	0.99	5
2	10	0.25	73.7	0.09	41.60	2.40	0.01	1.02	1.00	5
3	10	0.5	82.3	0.09	43.50	5.11	0.01	1.97	0.99	5
4	10	1	86.5	0.07	46.90	6.83	0.01	2.73	1.00	5
5	10	2	99.7	0.08	48.90	7.85	0.01	2.48	1.00	5
6	10	4	100.9	0.08	48.20	6.87	0.01	2.27	1.00	5
7	10	8	87.3	0.08	47.70	4.88	0.01	1.76	1.00	5
8	10	16	89.9	0.08	41.80	4.98	0.01	1.81	0.99	5
9	10	32	98.5	0.08	42.90	8.20	0.01	2.74	0.99	5
10	10	64	110	0.08	46.00	11.77	0.01	3.57	0.99	5
11	10	128	92.9	0.08	46.20	10.31	0.02	3.48	0.98	5

5.2.2 Knolopbrengsten

Wanneer de heringeplante potten niet worden meegenomen in de analyse verbetert de verklaarde variantie van het model van 59 naar 75 procent. De potentiële opbrengst (Y_{max}) ligt rond de 85 gram knolgewicht per pot. De tolerantie drempel (T) is 0.38 eieren per gram grond en de minimale opbrengst (m) is 89% van de potentiële opbrengst waarmee het opbrengst verlies uitkomt op 11%.

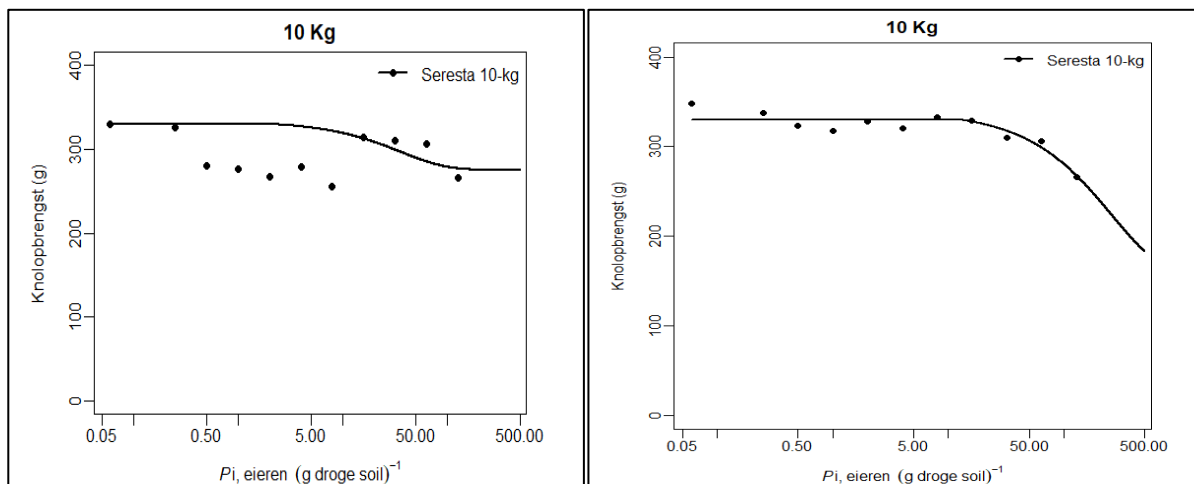


Figuur 29 Versgewicht knollen in gram per pot

Tabel 5 De parameterwaarden van het Seinhorst-model $y = Y_{\max} * m + (1 - m) 0.95P_i/T - 1$ voor opbrengstverlies in 10 kg potten. Y_{\max} = vers knolgewicht bij $P_i = 0$; tolerantiegrens wanneer $P_i \rightarrow 0$; m = minimumopbrengst wanneer $P_i \rightarrow \infty$

Variety	Pot.kg	m	T	Y_{\max}	sem	seT	seY_{\max}	R^2	df
Seresta	2	0.87*	0.24	85.19	0.036	0.17	2.48	0.59	9
Seresta	2	0.89 *	0.38	85.04	0.022	0.23	1.42	0.75	9

Voor de 10 kg potten ligt de potentiële opbrengst bij nul aaltjes (Y_{\max}) rond de 330 gram per pot. Wanneer alle potten worden meegenomen is de door het model verklaarde variantie niet te berekenen. De minimale opbrengst is in deze versie vergelijkbaar met die van de 2 kg potten. Maar vanwege de grote variabiliteit is het beter de heringeplante potten weg te laten uit de analyse. De verklaarde variantie stijgt dan naar 78%. Maar de T wordt heel 13 t.o.v. de verwachte 2 ook komt de minimale opbrengst veel lager uit en stijgt het verlies naar 53%.



Figuur 30 Knolopbrengst grammen per pot. Links alle data. Rechts de heringeplante potten weg gelaten.

31 De parameterwaarden van het Seinhorst-model $y = Y_{\max} * m + (1 - m) 0.95Pi/T - 1$ voor opbrengstverlies in 10 kg potten. Y_{\max} = vers knolgewicht bij $Pi = 0$; tolerantiegrens wanneer $Pi \rightarrow 0$; m = minimumopbrengst wanneer $Pi \rightarrow \infty$

Variety	Pot.kg	m	T	Y_{\max}	sem	seT	seY_{\max}	R^2	df
Seresta	10	0.83*	1.87	330.14	0.14	NA	18.67	-2.07	9
Seresta	10	0.47 *	13.35	329.46	0.47	12.45	4.62	0.78	9

5.3 Discussie en conclusies

De plantuitval waar de NAK bij haar reguliere resistentietoetsingen rekening mee houdt ligt onder de 1%. In deze proef ligt dit een factor 10 hoger. De meest voor de hand liggende verklaring is de kwaliteit van de gebruikte spruiten die uit het pootgoed zijn gesneden. Averis heeft dit pootgoed aangeleverd en zelf in eigen experimenten geplant en daar geen opkomstproblemen bij ondervonden. Dit wijst erop dat de bewaring na aankomst bij de NAK suboptimaal geweest is. Het blijft echter vreemd omdat de NAK grote ervaring heeft met bewaring van pootgoed en de inzet van de NAK, zoals verwacht, als zeer goed is ervaren.

De gemeten lengtes zijn voor de 2 kg potten volgens verwachting. De afwijkingen in de 10 kg zijn moeilijk verklaarbaar. Mogelijk was de groeiperiode voor de 10 kg toch te kort. Verder is de gemeten lengte kort in vergelijking met experimenten bij WUR. Mogelijk is hier het soort licht en de lichtsterkte de verklaring.

De resultaten van de vergewichten van de 2 kg potten zien er zeer hoopvol uit. De fit van het model is met 79% zeer goed te noemen. De minimale opbrengst blijft ook na het verwijderen van de heringeplante knollen stabiel op 0.87 en 0.89. De Tolerantie grens was wel laag t.o.v. de 2 eieren per gram grond die in het verleden is gemeten.

Helaas zijn bovenstaande resultaten niet definitief op waarde te schatten omdat de 10 kg potten zeer variabele resultaten hebben laten zien. Wanneer voor de 10kg alle planten worden meegenomen dan komt de schatting voor de minimale opbrengst met 0.83 overeen met de gevonden waarden in de 2 kg potten. Maar wanneer de heringeplante potten worden verwijderd dan daalt de m naar 0.47 met een grotere standaard fout. De 10 kg potten waren bedoeld als de gouden standaard waar de 2 kg potten tegen af zouden moeten worden gezet. Deze functie kunnen de parameterschattingen van de 10 kg nu niet vervullen.

Voor de 2 kg potten wordt de minimale opbrengst bereikt bij dichtheden vanaf 16 eieren per gram grond. Voor een eventueel testprotocol kunnen voor de zekerheid dichtheden hoger dan 32 worden gekozen. Voor de 10 kg is de asymptoot van de minimale opbrengst bij de hoge dichtheden nog niet bereikt.

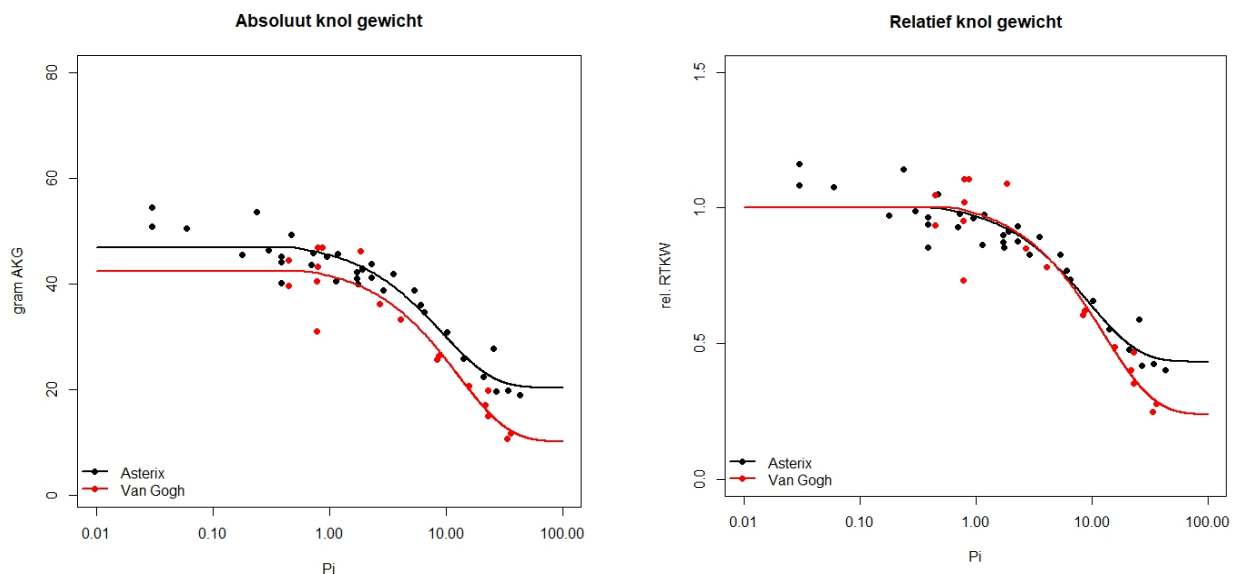
De conclusie is dat de resultaten van dit experiment de vraag of 2 kg potten geschikt zijn voor de tolerantie test, niet kunnen bevestigen maar ook niet ontkennen. Een herhaling van de proef waarin de experimentele variatie verder wordt geminimaliseerd kan het gewenste uitsluitsel geven.

6 Eindevaluatie proeven

6.1 De veldproeven

Zowel de proef in Zeewolde als in Westerbork hebben niet gebracht wat ervan verwacht werd. Waarschijnlijk hebben onzuivere schattingen van de beginbesmettingen door verwerking van te kleine monsters teveel ruis veroorzaakt waardoor de modellering geen goede parameters schatting heeft opgeleverd.

Dat de haardaanpak wel kan werken wordt in onderstaande figuren nog eens geïllustreerd. Het betreft een veldproef van WUR| OT uit de jaren 90 waarbij op een *G. pallida* haard de volgende resultaten werden verkregen.



Figuur 32 Veldproef opbrengst vers in tonnen per hectare en de relatieve opbrengst

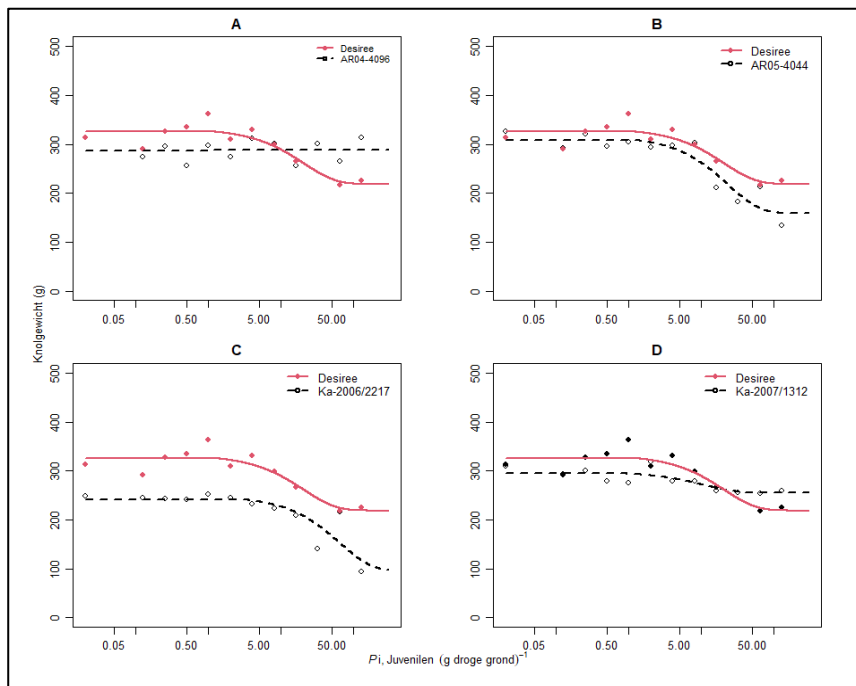
De Ymax, potentiële opbrengst bij bijna 0 aaltjes en de minimale opbrengst bij hoge besmettingen kan worden geschat. De opbrengst potentie van Asterix ligt hoger dan die van Van Gogh. De minimale opbrengst van Asterix is 48% van zijn potentiële opbrengst en ligt significant hoger dan die van Van Gogh die slechts 24% van zijn opbrengst overeenhoudt. In dit geval beschrijft de Seinhorst relatie de punten goed daar er met het model 89 % van de variatie verklaard wordt (R^2).

33 De parameterwaarden van het Seinhorst-model $y = Y_{max} * m + (1 - m) 0.95Pi/T - 1$ voor opbrengstverlies. Y_{max} = vers knolgewicht bij $Pi = 0$; tolerantiegrens wanneer $Pi \rightarrow 0$; m = minimumopbrengst wanneer $Pi \rightarrow \infty$

Ras	m	T	Y_{max}	sem	seT	seY_{max}	df	R^2
Astrix	0.434	0.483	46.870	0.050	0.122	1.036	31	0.891
Van Gogh	0.239	0.659	42.362	0.131	0.303	2.128	15	0.893

6.2 De potproeven

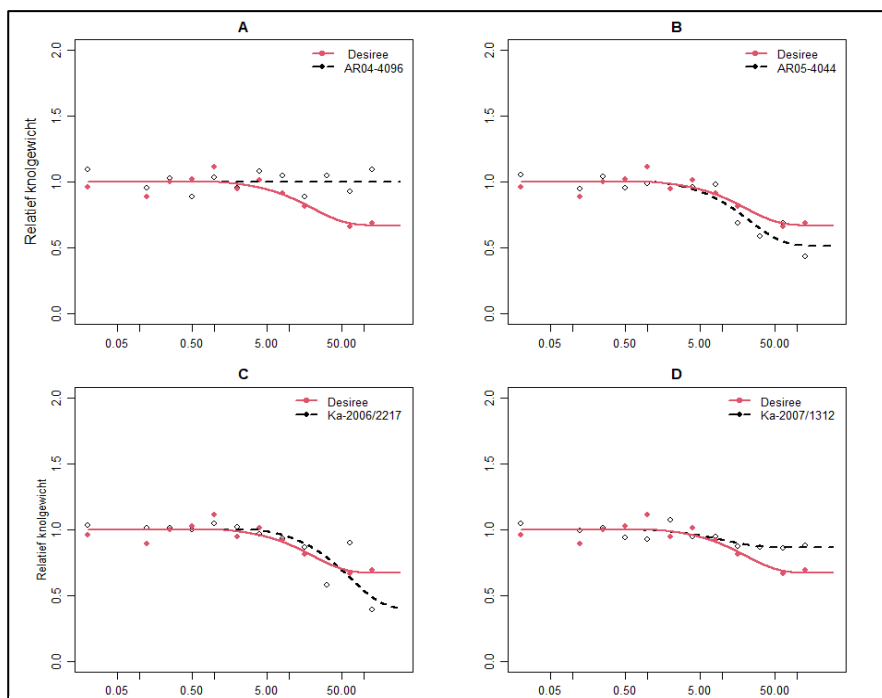
Ook de beide potproeven leverden teleurstellende resultaten die geen bewijs hebben geleverd voor het kunnen meten van tolerantie verschillen in 2 kg potten. Maar ook hier is het gevaarlijk op basis van deze proeven te concluderen dat het dus niet mogelijk is. Met name de proef bij de NAK levert toch aanwijzingen en aanknopingspunten om het idee van de gecombineerde RV – tolerantie toetsing nog niet als onmogelijk te bestempelen en over boord te zetten.



In verschillende pot experimenten van WUR|OT en WUR| agrosysteemkunde is het gelukt schaderelaties te bepalen in potproeven. Bijgaan twee recente voorbeelden uit het proefschrift van Misghina Goitom Teklu.

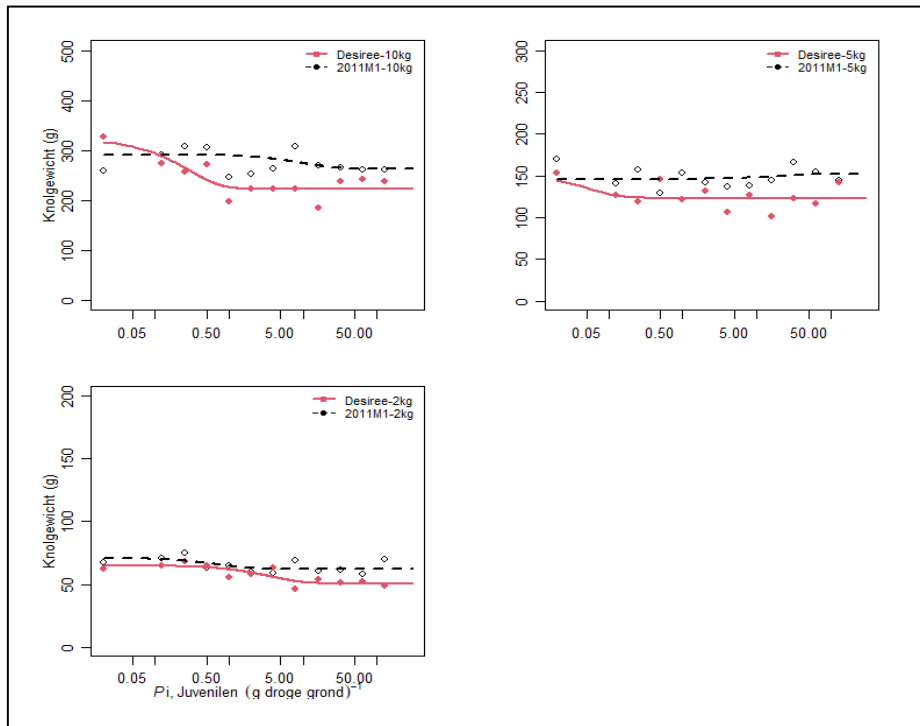
Het betreft hier een dichtheden reeks met het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*. Opbrengst verschil bij lage aantallen komen duidelijk naar voren. Bij de relatieve opbrengst wordt duidelijk dat er tolerantie verschillen zijn.

Figuur 34 Verschillen in opbrengst bij een besmetting met *Meloidogyne chitwoodi*. Knolgewichten per pot (10 kg) in grammen.

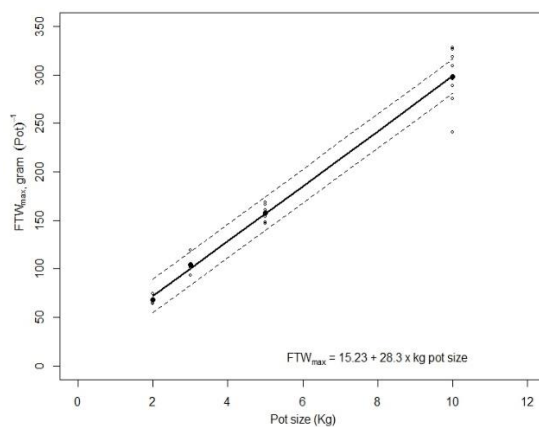


Figuur 35 De relatieve opbrengsten

Figuur 39 illustreert dat hoewel de absolute opbrengsten lager worden naarmate de potten kleiner zijn, het tolerantie en dat het verschil tussen 2011 M1 en Desiree zowel in de 10 , 5 als de 2 kg pot wordt aangetoond.



Figuur 36 Tolerantie verschil tussen de rassen komt in alle potgroottes 10, 5 en 2kg naar voren



Figuur40 Vers knolgewicht in afhankelijkheid van de potgrootte

In figuur 40 de geoogste knolgewichten vers in grammen per pot voor 2,3,5 en 10kg. De spreiding in de knolgewichten is gering en de relatie met de potgrootte zeer sterk. Dit is een sterke aanwijzing dat oogstbepalingen in potten mogelijk zou moeten zijn.

Bovenstaande figuren leveren sterke aanwijzingen dat tolerantie bepaling van aardappelrassen ook voor het aardappelcysteeltje mogelijk moet zijn.

6.3 Kosten

Pottoetsing in combinatie met RV toetsing in minimum variant

6 potten waar bij drie dichtheden in duplo de groei wordt bekeken. Prijsopgave bij de NAK in februari 2020 was €55/pot voor onderhoud en groeiwaarnemingen. Daar zit geen pf bepaling bij en geen inoculum. Maar zelfs al zou je naar 100,- per pot gaan dan zijn de totale kosten niet meer dan 600,- per ras.

Pottoetsing met Pi reeks In de meest uitgebreide vorm is een dichtheden reeks met 12 Pi's in duplo noodzakelijk. Het betreft dan 24 potten die voor €2400,- kunnen worden ingezet en onderhouden. Er komt per ras dan 0.35 gram aan cysten (6800) bij met een kostprijs van € 900,-.
Geraamde totaal kosten per ras maximaal €4000,-

Veldtoetsing via een haard of dambord methode De kosten van tolerantie op een proefveld zijn van een geheel andere orden en worden voor beide methoden geschat op € 15.000,- per ras.

Alleen de eerste pottoets in minimum variant is in dezelfde orde grootte en met €600,- zelfs goedkoper dan de oude Monam toets waarvan de kosten €1850,- per ras bedroeg.

6.4 Aanbeveling

Het uitgevoerde onderzoek ,ondersteunt met resultaten uit het verleden, geven voldoende aanleiding om te veronderstellen dat toetsing in 2 kg potten toch mogelijk moet zijn. Dit project heeft helaas het bewijs daarvoor niet kunnen leveren. Het blijft toch de moeite waard nogmaals te proberen de mogelijkheden van de eenvoudige toets te onderzoeken.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T 0320 29 11

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-962



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT 962

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

