

De invloed van Temik en rooidatum op de
vermeerdering van
Globodera pallida op het vroege
pootaardappelras Premiere

L. P. G. Molendijk, C.H. Schomaker, J. Hoek en A. W. W. van Gastel

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PRI en PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat PPO en PRI hebben uitgevoerd in samenwerking met NAK en Agrifirm in opdracht van de Stuurgroep NemaDecide.



Projectnummer: 3250015900

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 42 51 86
Fax : 0317 - 42 31 10
E-mail : corrie.schomaker@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. PPO-agv

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0317 - 47 83 01
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Aardappelcystealtjes	7
1.2 Belang van aardappelmoetheid	8
1.3 Inkadering en doelstelling van het onderzoek	8
2 MATERIAAL EN METHODEN	9
2.1 Objecten	9
2.2 Proefveld	9
2.3 Voorbemonstering	10
2.4 Nabemonstering	11
2.5 Oogst	11
2.6 Waarnemingen.....	12
3 RESULTATEN	13
3.1 Bijzonderheden gedurende de groeiperiode	13
3.2 Data analyse	14
3.3 Opbrengst.....	15
3.4 Populatiodynamica.....	15
4 DISCUSSIE	19
BIJLAGE 1: PROEFVELDSHEMA FIRDGUM 2005	23
BIJLAGE 2: WEERSOMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE TEELT	24

Samenvatting

In een proef in 2005 op een praktijkperceel te Firdgum (Friesland) is onderzoek uitgevoerd naar het effect van Temik op de populatiedynamica van *Globodera pallida* in pootgoedteelt van het vroege ras Première, dat vatbaar is voor *G. pallida*. Temik is vlak voor het poten voldvelds toegepast in een dosering van 30 kg per ha. Er waren twee oogsttijdstippen. De met Temik behandelde veldjes werden geoogst op 28 juli en op 11 augustus; de onbehandelde veldjes op 11 augustus.

Temik kon op beide oogsttijdstippen de vermeerdering van *G. pallida* niet voorkomen, maar heeft de vermeerdering van de aaltjes wel gereduceerd. Op de vroegst (28 juli) geoogste veldjes verminderde het maximale vermeerderingsgetal a tot 44% en de maximale populatiedichtheid M tot 68% van de onbehandelde veldjes. Op de veldjes met granulaat die later (11 augustus) zijn geoogst waren deze getallen respectievelijk 21% en 61%. Bij dichtheden kleiner dan 0.7 e/g grond werd het aantal cysten per geinoculeerd ei op de met granulaat behandelde veldjes gereduceerd tot 75% op het eerste oogsttijdstip en tot 56% op het tweede oogsttijdstip. Voor het aantal eieren per cyste waren deze getallen respectievelijk 66% en 43%. Mogelijke verklaring voor de sterkere vermeerdering bij een vroegere oogst is dat de wortels bij doodspuiten en onmiddellijk rooien langer in goede conditie blijven dan bij doodspuiten en later rooien.

De begindichtheden van de proef waren kleiner dan 4 e/g grond; te gering om een verband vast te stellen tussen P_i en de leverbare opbrengst. Temik beïnvloedde Y_{max} , de opbrengst bij zeer lage dichtheden onder de vermoedelijke tolerantielimiet T (meestal ca. 2 e/g grond), niet.

Geconcludeerd moet worden dat toepassing van Temik in de pootgoedteelt van vatbare rassen de opsporing van besmettingen kan vertragen en dat Temik mogelijk een rol kan spelen bij de beheersing van aardappelmoehed in rassen met een matige resistentie. Of een scenario van Temik, doodspuiten met glufosinaatammonium en na enige tijd rooien de opsporing van veel haarden kan voorkomen, moet nader worden onderzocht.

1 Inleiding

1.1 Aardappelcysteaaltjes

Levenscyclus

Aardappelcysteaaltjes (*Globodera rostochiensis* en *G. pallida*) zijn plantenparasitaire nematoden die de ondergrondse delen van de aardappelplanten aantasten en aardappelmoehed veroorzaken. De aaltjes kunnen jarenlang overleven in de bodem omdat ze tegen invloeden van buitenaf, zoals uitdroging en sommige toxische stoffen, worden beschermd door een hoge concentratie suiker (trehalose) die in stand wordt gehouden door meerdere ei-membranen. Deze eieren bevinden zich in het lichaam van het afgestorven moederdier, de cyste. Wortels van aardappelplanten (en ook van sommige verwanten van aardappel, zoals tomaat, aubergine en raketblad) scheiden stoffen af die de ei-membranen permeabel maken en zo het ruststadium van dat deel van de aaltjes die zich in de nabijheid van een wortel bevindt, doorbreken. Daardoor worden de juvenielen uit de eieren gelokt. Deze dringen de wortels van aardappelplanten achter een wortelpunt binnen en vormen een voedingscel. De juvenielen vervellen in de loop van de tijd en ontwikkelen zich vervolgens tot mannetjes en vrouwtjes. De mannetjes zijn mobiel en verlaten de wortels. Vrouwtjes blijven in de wortels achter, zwellen op, barsten met het achterlijf uit de wortel en worden door mannetjes bevrucht. In het achterlijf worden vervolgens nieuwe eieren met daarin juvenielen gevormd. De mannetjes sterven kort na de bevruchting. Ongeveer 40 dagen na het poten (meestal kort vóór of rond de langste dag) worden op de ondergrondse delen van de aardappel de eerste jonge vrouwtjes zichtbaar in de vorm van witte bolletjes ter grootte van een speldenknop. Na enige tijd sterven de vrouwtjes af; de afgestorven moederlichamen zijn de nieuwe cysten. Aardappelicysteaaltjes voltooien hun levenscyclus binnen ongeveer 48 dagen.

Resistentie

Een resistent aardappelras kan het ruststadium van de nematoden in de eieren ook doorbreken en wordt eveneens aangetast door de aaltjes. Daardoor ondervinden resistente aardappelrassen ook opbrengstreductie. Het verschil met een 100% vatbare ras is de mate waarin het aaltje zich kan vermenigvuldigen. Het wortelstelsel van een resistent ras is – afhankelijk van de mate van resistentie – meer of minder geschikt als voedingsbron voor de aaltjes. Tegen pathotype Ro1 van *G. rostochiensis* zijn volledig resistente aardappelrassen beschikbaar. Door deze rassen te telen, kan de omvang van de besmetting met dit aaltje zover worden teruggedrongen dat deze niet meer wordt opgespoord met een bemonsteringsmethode. De kans van opsporing hangt uiteraard ook af van de intensiteit van bemonsteringsmethode. Tegen de andere pathotypen van *G. rostochiensis* en alle pathotypen van *G. pallida* bestaat echter geen volledige resistentie: alle rassen zijn in meer of mindere mate vatbaar. Er zijn wel rassen met een goede resistentie tegen *G. pallida*, maar deze behoren op een uitzondering na (Innovator (r.v. 1%)) tot de zetmeelrassen. Rassen met een geschikte r.v. zijn voor de consumptie- en de pootgoedteelt slechts beperkt beschikbaar. Bovendien is resistentie in consumptierassen – indien aanwezig – over het algemeen redelijk tot matig. Voorbeelden zijn Simply Red (r.v. 9%), Vechtster (r.v. 26%), Santé (r.v. 30%), Kuras (r.v. 45%), Maritima (r.v. 46%), Marijke (r.v. 51%), Hommage (r.v. 53%), Sinora (r.v. 56%), Mondial (r.v. 57%) Op deze rassen kan *G. pallida* zich, afhankelijk van het uitgangsniveau van de besmetting, de rotatie en de relatieve vatbaarheid, beperkt vermeerderen. Scenario studies in NemaDecide geven inzicht welke rassen in welke rotaties verantwoord zijn. Toch worden op besmette pootgoedpercelen vaak vatbare rassen ingezet of rassen met onvoldoende resistentie. Het gevolg is dat de *G. pallida* populatie zich kan vermeerderen tot boven het detectieniveau. Hierdoor kunnen percelen langdurig ongeschikt worden voor de pootgoedteelt.

1.2 Belang van aardappelmoetheid

G. rostochiensis en *G. pallida* veroorzaken aardappelmoetheid of AM. Aardappelmoetheid kan leiden tot een verminderde groei en is dan vooral zichtbaar bij het sluiten van het gewas omdat besmette plekken in meer of mindere mate achterblijven in groei en ontwikkeling, zoals bloei en knolzetting. Bij zeer hoge dichtheden is er juist sprake van een vervroegde bloei en knolzetting of van sterfte van de plant tijdens de knolzetting (early senescence). Bij een hoge aaltjesdichtheid varieert de opbrengstderving van aardappelrassen sterk: van 10 tot meer dan 90 procent afhankelijk van de tolerantie van het aardappelras. Voorbeelden van een tolerante en een intolerant ras zijn respectievelijk Agria en Bintje. Jammer genoeg ontbreken van veel rassen de tolerantiecijfers.

Vanwege hun schadelijkheid en persistentie zijn *G. rostochiensis* en *G. pallida* quarantaineorganismen, waarvoor wettelijke regelingen van toepassing zijn om de verspreiding ervan te voorkomen. Sinds 1 juli 2001 is de teelt van voortkwekingsmateriaal en pootaardappelen alleen toegestaan als uit een onderzoeksverklaring blijkt dat het perceel "vrij" is van aardappelcysten. Dit onderzoek mag alleen uitgevoerd worden door laboratoria die daarvoor door de Plantenziektenkundige Dienst (PD) zijn aangewezen. Uiteraard wordt de kans op een "vrij"-verklaring bepaald door de intensiteit van de bemonsteringsmethode. Daarom is het vooral voor een pootgoedteler verstandig om vrijwillig zijn percelen te bemonstering met een intensieve, AMI-methode. Die geeft de mogelijkheid een eventuele besmetting vroeg op te sporen en zo te beheren dat een officiële besmetverklaring wordt voorkomen.

1.3 Inkadering en doelstelling van het onderzoek

Telers en voorlichters vragen zich af of de vermeerdering van aardappelcysteaaaltjes voorkomen of beperkt kan worden door een vroeg te oogsten aardappelgewas te telen, zoals pootgoed. Dat zou kunnen worden gerealiseerd doordat de levenscyclus van de aaltjes vroegtijdig wordt beëindigd. Toepassing van een granulaat zou dit effect nog kunnen versterken. Van granulaten is namelijk bekend dat ze de activiteit van aaltjes gedurende een bepaalde periode na de toepassing sterk kunnen afremmen. Door dit uitstel van aantasting aan het begin van de groeiperiode zou een deel van de aaltjespopulatie zijn levenscyclus niet geheel kunnen voltooien, vooral niet op een kort groeiend waardgewas.

De onderzoeksvraag was daarom of door combinatie van beide teeltmaatregelen: inzet van een granulaat en een korte pootgoedteelt, de periode waarin de aaltjes actief kunnen zijn zodanig kan worden verkleind, dat de vermeerderingscyclus van tenminste een deel van de aaltjespopulatie nog niet is voltooid op het moment van oogst.

Zowel de vermeerdering (Pf/Pi, hier Pt/Pi) van aardappelcysteaaaltjes als het effect van granulaten is afhankelijk van de begindichtheid Pi, het aantal levende juvenielen per eenheid grond op het moment van poten. Het perceel waar de proef aangelegd wordt, moet daarom voldoende variëren in beginbesmetting om de vermeerdering van de aaltjes en het effect van het granulaat goed te schatten. Een dergelijk perceel is in het voorjaar van 2005 gevonden nabij Firdgum in Friesland, op een pootgoedbedrijf.

Er is in deze proef gewerkt met één granulaat, namelijk Temik (actieve stof: aldicarb). Dit granulaat staat bekend om zijn persistentie en wordt daarom gezien als een van de krachtigste middelen. Andere niet-fumigantia zijn niet bij dit onderzoek betrokken, omdat dit onderzoek pas zin heeft als het effect van Temik toereikend is.

2 Materiaal en methoden

Om een antwoord te vinden op de onderzoeksvraag (zie paragraaf 2.4), is in 2005 is een veldproef met het vroeg afrijpende aardappelras “Premiere” aangelegd in Firdgum. Het proefperceel was in 2004 door de PD bemonsterd, waarbij was gebleken dat er op het perceel een strook van 44 bij 190 meter aanwezig was, met een behoorlijke variatie in *G. pallida* besmetting. Premiere is 100% vatbaar voor *G. pallida*. Op deze strook is op 28 april een ‘inventarisatiebemonstering’ uitgevoerd. Doel van de inventarisatiebemonstering was om detailkennis te krijgen over de omvang en mate van besmetting in de strook, zodat de proef op het meest geschikte deel ervan geplaatst kon worden.

Aan de hand van de resultaten van deze inventarisatiebemonstering is vervolgens de ligging en omvang van het proefveld in de besmette strook bepaald.

2.1 Objecten

In tabel 1 worden de onderzoeksobjecten weergegeven.

Tabel 1. **Objecten Firdgum 2005**

objectcode	inzet granulaat (G / O)	Klappen en doodspuiten loof (glufosinaat-ammonium)	oogsttijdstip	Tijdstip nabemonstering
GT1	ja		28 juli	
OT2	nee	27 juli	11 augustus	8 september
GT2	ja		11 augustus	
GT3	ja		17 augustus	

In overleg met de begeleidingscommissie voor dit onderzoek, is besloten om uit te gaan van een teeltduur van 70 dagen vanaf de pootdatum tot de dag waarop de groei van het gewas wordt gestopt door het loof te ‘klappen’ en dood te spuiten. Deze groeiduur van 70 dagen is gekozen omdat dit in de meeste jaren voor middenvroeg rassen de teeltduur van een pootgoedteelt is. Als pootdatum wel en de datum van klappen en doodspuiten niet meegerekend wordt, was de groeiduur in deze proef ook exact 70 dagen. De objecten OT2 en GT2 zijn het meest relevant omdat teeltduur en oogsttijdstip van deze objecten overeenkomt met datgene wat in de praktijk het meest gebruikelijk is. Object GT1 is enigszins vergelijkbaar met het in de praktijk soms toegepaste systeem van “groenrooien”. Vergelijking van de objecten OT2 en GT2 moet duidelijk maken of het granulaat effect heeft gehad op de vermeerdering van *G. pallida* en eventueel ook op de pootgoedopbrengst. Door vergelijking van de objecten GT1 en GT2 wordt duidelijk of de aaltjespopulatie nog is gewijzigd in de twee weken tussen de oogstmomenten T1 en T2.

2.2 Proefveld

De proef is uitgevoerd op een perceel waarvan bekend was dat er een variërende besmetting met *G. pallida* aanwezig was. Meestal zal aardappelpootgoed eind april worden gepoot, maar door de natte weeromstandigheden was dit onmogelijk en is de proef later (half mei) aangelegd. Overigens zijn in de desbetreffende regio zeer veel praktijkpercelen om dezelfde reden ook pas in mei (soms zelfs eind mei) gepoot.

Het proefveldschema is opgenomen in bijlage 1. Het proefveld bestond uit 96 brutoveldjes en elk veldje was 3 meter (4 ruggen) breed en 8 meter lang. Hiervan waren er 90 bezet door de objecten OT2, GT2 en GT1, zodat er nog 6 veldjes ‘over’ waren. Deze zes veldjes zijn gebruikt voor object GT3. Met dit object wordt getracht een indicatie verkrijgen van de populatiedynamica van de aaltjes op een doodgespoten gewas bij een nog langer uitgestelde oogst tijdstip. In de praktijk komt deze situatie soms voor vanwege een periode met slecht weer. Als granulaat is Temik 10 G Gypsum (actieve stof: aldicarb) gebruikt. Het granulaat is op

18 mei 'volvelds' aangebracht met een proefveldstrooier van het PPO-AGV in een dosering van 29,8 kg per ha, wat vrijwel gelijk is aan de adviesdosering van 30 kg per ha. Aansluitend is in één werkgang de grond met de rotorkoepel bewerkt en zijn de aardappelen gepoot.

Alle teeltmaatregelen zijn verder uitgevoerd in overeenstemming met datgene wat voor een pootgoedteelt in het desbetreffende gebied gebruikelijk is. In tabel 2 zijn de belangrijkste proeftechnische gegevens van de proef opgenomen.

Tabel 2. **Proefgegevens Firdgum 2005**

Locatie	Firdgum
Voorvrucht 2003	wintertarwe
Voorvrucht 2004	wortelen (peen)
Grondsoort	Lichte klei
pH	6.1
Afslibbaarheid (%)	23
Organische stof %	1.8
Omvang bruto veld	3 x 10 meter (4 ruggen breed)
Omvang netto veld	1.5 x 1,33 meter (2 ruggen breed)
Rugafstand	75 cm
Pootafstand	17 cm
N mineraal (0-30 cm)	niet bepaald
Granulaat strooien en inwerken	18 mei
Pootdatum:	18 mei
Behandeling tegen Rhizoctonia	Moncereen (actie stof: pencycuron), toegediend tijdens het poten
Ras	Première, potermaat 35-45
Ruggen frezen	27 mei
Loofklappen en doodspuiten proef	27 juli
Oogstdata	28 juli, 11 en 17 augustus

2.3 Vorbemonstering

Op 12 en 13 mei zijn de begindichtheden (Pi) van *G. pallida* bepaald. Daartoe is het proefveld op 12 mei uitgezet en zijn op 12 en 13 mei van elk veld grondmonsters genomen met een raster van 75 x 133 cm². Het middelpunt van het raster is in het middelpunt van het veld aangebracht, zodat de monsters uit het meeste centrale deel van het veld zijn genomen. In dit meeste centrale deel van het veld is ook het nettoveld uitgezet, waar de oogst is uitgevoerd. Zie figuur 1 ter verduidelijking. Deze monsters zijn genomen in de bouwvoor, de monsterdiepte was 0 – 25 cm. De omvang van het bodemonster werd zo aangepast dat steeds minstens 200 cysten per monsters werden geteld.

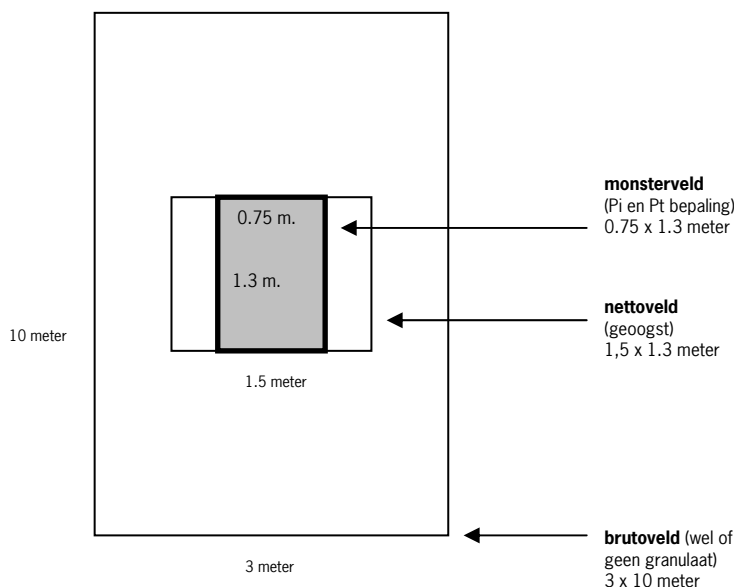


Fig. 1

Bij de inventarisatiebemonstering varieerde de besmetting op de aan te leggen proef van 0 tot 243 cysten per 800 cc grond. De proef is daarom onderverdeeld in 30 blokken en elk blok bestond uit drie veldjes (voor de drie hiervoor genoemde objecten). De mate van beginbesmetting liep op met hoger wordende bloknummers (blok 1: geen of slechts enkele cysten per 800 cc; blok 30: honderden cysten per 800 cc). In elk blok kwamen de objecten OT2, GT2 en GT1 voor, zodat deze objecten dertig maal in de proef aanwezig waren. Door deze opzet is elk van de objecten aangelegd bij een beginbesmetting die voldoende varieert om tenminste 5 dichtheidsklassen te verkrijgen, waarbinnen de verhouding tussen de minimum en maximum aaltjesdichtheid 1:2 is.

2.4 Nabemonstering

De bemonstering voor bepaling van de “eind”-besmetting (Pt) is op 8 september op dezelfde plaats in de veldjes uitgevoerd als de Pi bepaling. Deze “eind”-besmetting wordt Pt genoemd omdat met de term Pf over het algemeen de populatiedichtheid bij de oogst van het gewas wordt aangeduid. Ook deze monsters zijn bouwvoordiep (tot 25 cm) genomen. In het meeste centrale deel van het brutoveld is ook het nettoveld aangebracht, waar de oogst is uitgevoerd (zie Fig. 1). Naast de monsters in de bouwvoor, zijn op een beperkt aantal veldjes ook monsters onder de bouwvoor genomen op een diepte van 25 tot 50 cm. Dit is gedaan om een indruk te krijgen van de eventuele vermeerdering van *G. pallida* in de lagere bodemlagen, maar de resultaten hiervan zijn niet dit rapport opgenomen.

Ook in de Pt is ernaar gestreefd minstens 200 cysten per monster te tellen. De omvang van de Pt-grondmonsters in september is geschat op basis van de resultaten van de Pi-monsters, rekening houdend met een zekere vermeerdering.

2.5 Oogst

Bij de oogst zijn van elk veldje, bij de twee meest centrale ruggen, alle knollen van 16 planten gerooid en naar het PPO vervoerd en koel bewaard. Op 25 augustus is het product van alle oogsttijdstippen gesorteerd en gewogen. Als sorteringen zijn de volgende maten (knoldiameter in mm) aangehouden: kleiner dan 28 (niet leverbare sortering), 28–35, 35–45, 45–55, groter dan 55.

2.6 Waarnemingen

De volgende waarnemingen zijn gedaan:

- Gewasgegevens:
 - standcijfers: 0 = geen gewas aanwezig of geheel afgestorven, 10 = perfecte gewasstand.
 - aantal en gewicht van alle knollen, aantal en gewicht van alle knollen groter dan 28 mm (leverbare gedeelte) en sorteergegevens (maatsorteringen):
- Gegevens van aaltjes:
 - beginbesmetting (Pi): aantal cysten per kilogram grond, het aantal levende juvenielen per cyste en het aantal levende juvenielen per gram grond.
 - eindbesmetting in september (Pt): aantal cysten per kilogram grond, het aantal levende juvenielen per cyste, het aantal levende juvenielen per gram grond en het aantal cysten per ei in de Pi.

3 Resultaten

3.1 Bijzonderheden gedurende de groeiperiode

Tussen de objecten is tijdens het groeiseizoen geen betrouwbaar verschil in gewasstand waargenomen. Object GT1 (dat veertien dagen eerder is gerooid dan OT2 en GT2) had de laagste leverbare opbrengst en het verschil met GT2 in leverbaar knolgewicht was statistisch betrouwbaar. Blijkbaar heeft er, bij het geklapte en doodgespoten gewas, in de veertien dagen tussen beide oogstdata toch enige knolgroei kunnen plaatsvinden. Waarschijnlijk kwam dit door opname van vocht via het nog enige tijd functionerende wortelstelsel en/of via herverdeling van voedingsstoffen vanuit de stengelresten. Daardoor lijkt ook de sortering van het vroegst geoogste object GT1 wat fijner te zijn dan van de beide andere objecten.

Schade door herbicide

De proef was omgeven door het (lok)gewas raketblad. In het raketblad is door de teler chemische onkruidbestrijding uitgevoerd. Op 26 juli bleek dat in een aantal veldjes aan de rand van de proef (de veldjes 6–12 en de veldjes 84–92, zie proefschema, bijlage 1) schade aan het loof van de aardappelen was ontstaan in de vorm van ‘loofverbranding’. Dit trad vooral op in de buitenste ruggen van deze veldjes (dat zijn de ‘brutoruggen’ waarin niet geoogst zou worden) en soms in de daaropvolgende ‘nettorug’ waarin wel geoogst zou gaan worden. Waarschijnlijk is de schade ontstaan door drift bij het uitvoeren van de onkruidbestrijding in raketblad enige dagen voor de 26^e juli. Op de veldjes 6 t/m 12 en 84 t/m 92 vertoonde ook één van de nettoruggen schade. Om deze reden zijn deze veldjes buiten de data-analyse gehouden.

Schuftaantasting

Bij het rooien bleek dat er soms wat schurft op de knollen aanwezig was. Bij het sorteren en de gewichtsbepaling op 25 augustus is daarom een beoordeling naar de mate van schurft uitgevoerd en deze gegevens zijn ook statistisch geanalyseerd. De resultaten staan in tabel 3. Gemiddeld per object was de aantasting zeer laag en over het geheel genomen waren er geen verschillen tussen de objecten, al leek bij onderlinge vergelijking dat object GT2 (‘granulaat’) minder schurft had dan object OT2 (‘onbehandeld’).

Tabel 3. **Schurftaantasting per object.**

Object	Schurftindex	
	schaal 0 – 5 ²	
GT1	0.1	ab
GT2	0.0	a.
OT2	0.2	.b
F prob.	0.09	

0 = geen, 1: 5 % bedekking, 5 = 100 % bedekking.

3.2 Data analyse

Bij de berekening van de vermeerdering is uitgegaan van het populatiedynamisch model van Seinhorst voor tylenchide aaltjessoorten met één generatie per jaar

$$P_t = Y * M \{ 1 - \text{EXP}(- a * P_i / Y * M) \} \quad (1)$$

waarin:

P_t = Besmetting van de populatie (aantal juvenielen per gram grond); $t=8$ september

P_i = Besmetting van de populatie (aantal juvenielen per gram grond) op het moment van poten.

M = maximale populatiedichtheid P_t (aantal juvenielen per gram grond)

a = maximale vermeerderingsfactor bij een zeer kleine P_i

Y = de fractie waarmee het aaltjes het wortelstelsel verkleinen.

In dit model wordt ervan uitgegaan dat de omvang van de nieuwe generatie aaltjes (P_t) evenredig is met de omvang en de kwaliteit van de voedselbron (het wortelstelsel) van de ouders. Daarom kent de "eind"populatie P_t een maximum, M . Meer aaltjes dan dit maximum kan een wortelstelsel onder de gegeven omstandigheden niet voortbrengen. Verder beschrijft het model de concurrentie tussen de aaltjes om een voedingsplaats in de wortels. Bij zeer lage aaltjesdichtheden (P_i) zijn er genoeg voedingsplaatsen voor alle aaltjes en is er geen concurrentie. Vandaar de maximale vermeerdering (P_t/P_i) bij een lage P_i . Bij hogere dichtheden (P_i) zijn er onvoldoende voedingsplaatsen voor alle binnendringende aaltjes en beconcurreren de aaltjes elkaar wel. In dit geval treedt er sterfte op nadat de aaltjes zijn binnengedrongen, waardoor de vermeerdering (P_t/P_i) afneemt. De vermeerdering wordt verder nog negatief beïnvloed door de verminderde omvang van het wortelstelsel (Y) veroorzaakt door de groeiremming die de aaltjes zelf veroorzaken.

De vermeerdering bij alle dichtheden P_i is berekend door niet-lineaire regressie uit te voeren op de log-getransformeerde P_t waarden. Hierbij werd de kleinste kwadratenmethode gebruikt. Deze analyse levert het maximale vermenigvuldigsgetal a , de maximale populatiedichtheid M en hun standaarderrors.

Daarna is gekeken hoe de verschillen in P_t waarden van de verschillende objecten tot stand zijn gekomen.

Er zijn twee mogelijkheden.

- 1) Een P_t -waarde kan kleiner zijn omdat minder moederdieren erin geslaagd zijn een voedingsplaats te veroveren en een cyste te vormen. Dit kan worden berekend door per dichtheid en per object het aantal cysten in de P_t te delen door het aantal eieren in de P_i (c/e).

- 2) Een P_t -waarde kan ook kleiner zijn omdat per moederdier minder nakomelingen zijn gevormd. Deze variabele kan worden berekend door het aantal eieren in de P_t te delen door het aantal cysten in de P_t (e/c).

Omdat zowel het aantal c/e als het aantal e/c afneemt met de populatiedichtheid, is het maximum van beide variabelen geschat. Dit maximum wordt gevonden bij aaltjesdichtheden, die zo laag zijn dat de aaltjes de omvang van hun eigen nakomelingschap nog niet negatief beïnvloeden. De tolerantielimieten voor c/e en e/c wijken vaak af van de tolerantielimiet voor plantgewicht of opbrengst. Uit eerdere waarnemingen bleek dat de tolerantielimiet voor c/e optreedt bij zeer kleine dichtheden, terwijl het aantal e/c pas gereduceerd wordt bij hogere P_i -waarden. Datzelfde resultaat werd in deze proef gevonden. Dit betekent dat het concurrentiemechanisme voor aardappelcysteaaltjes enigszins vergelijkbaar is met dat voor vogels. Een beperkt aantal dieren slaagt erin een territorium te veroveren en het aantal nakomelingen per dier wordt pas beïnvloed als de dierdichtheid zo hoog is dat de kwaliteit van de territoria als voedselbron afneemt.

Tenslotte zijn T-toetsen uitgevoerd om vast te stellen of de geconstateerde verschillen in de vier grootheden (a , M , c/e en e/c), gezien hun variantie, relevant zijn.

De resultaten van de data analyse zijn samengevat in tabel 4, en worden in de volgende paragrafen besproken.

Tabel 4: **Resultaten data-analyse**

Parameters	OT2	GT1	GT2
a	7.29 (1.8)	3.19 (0.7)	1.54 (1.07)
M	4.28 (1.7)	2.92 (1.43)	2.60 (0.24)
Ymax	27.54 (0.89)	27.22 (2.64)	28.1 (0.65)
R ² adj.	0.96	0.99	0.72
Vrijheidsgraden	20	24	19
Kleinste significante verschillen van parameters			
in a t.o.v. OT2		0.67*	0.78*
in M t.o.v. OT2		0.76*	0.64*
in Ymax t.o.v. OT2		0.83	0.57
in a t.o.v. GT1			0.58*
in M t.o.v. GT1			0.59
in Ymax t.o.v. GT1			0.82

3.3 Opbrengst

De Pi-waarden waren voor alle behandelingen dusdanig laag, dat op de meeste veldjes nauwelijks opbrengstreductie door aaltjes te verwachten was. Toch waren er kleine verschillen in minima en maxima van de behandelingen die van belang kunnen zijn. Voor GT1 varieerde de Pi tussen 0.035 en 2.1 e/g grond; voor GT2 tussen 0.021 en 3.8 e/g grond; voor GT3 tussen 0.065 en 2.2 e/g grond en voor OT2 tussen 0.035 en 4.1 e/g grond. Op grond van eerder geanalyseerd opbrengstproeven verwacht men nagenoeg geen schade door aaltjes bij dichtheden beneden de tolerantiegrens T, kleiner dan ongeveer 2 e/g grond, maar – afhankelijk van de tolerantie van het aardappelras – wel boven deze dichtheid. Deze opbrengst, bij $P \leq T$ noemen we de Ymax. Dat gaat op voor de behandelingen GT1 en GT3, maar niet voor de behandelingen GT2 en OT2, aangezien voor deze objecten de hoogste populatiedichtheid enigszins boven de gangbare tolerantiegrens T ligt. Als we alle opbrengsten per behandeling zouden middelen, zouden de behandelingen GT2 en OT2 in het nadeel zijn tov GT1 en GT3 alleen maar omdat de proeven zijn uitgevoerd op (qua Pi) iets ongunstiger veldjes. Regressieanalyse voor de schatting van opbrengstparameters was niet mogelijk vanwege de korte reeks Pi-waarden. Daarom zijn de opbrengsten met elkaar vergeleken door dichtheden boven de 2 e/g grond uit te sluiten. Als men bovendien de veldjes uitsluit die mogelijk te lijden hadden aan “brand” door het herbicide “Titus” dan zijn de verschillen in gemiddelde opbrengsten per behandeling alleen toe te schrijven aan het toeval. De gemiddelde (maximale) opbrengsten (Ymax) van de behandelingen lagen dichtbij elkaar: GT1 27.2 ton/ha; GT2 28.1 ton/ha; OT2 27.5 ton/ha.

3.4 Populatiodynamica

Maximale vermeerdering a en maximale populatiedichtheid M: Onder het hoofdje “parameters” staan de verwachtingswaarden en daarachter tussen haakjes de standaardfout. De met sterretjes aangeduide “kleinste significante verschillen” zijn kleiner dan de actuele verschillen en dus “significant”. Na verwijdering van de per abuis met herbicide bespoten “randveldjes” is de “goodness of fit”, uitgedrukt in een aangepaste R² voor het aantal vrijheidsgraden, van vergelijking (1) voor de behandelingen GT1 en OT2 heel goed, maar voor GT2 wat minder. Dat werd ook bevestigd door de onevenredige verdeling van de

onverklaarde variantie. De oorzaak is het geringe aantal waarnemingen bij lage dichtheden waarbij juist de grootste relatieve variantie optreedt en waaruit de vermenigvuldigingsfactor a moet worden geschat. Deze dichtheden waren juist bij GT2 in de verwijderde “randveldjes” gelegen.

Voor de behandelingen GT1 en GT2 is het maximale vermenigvuldigingsgetal respectievelijk 44% en 21% van de onbehandelde. Voor de maximale populatiedichtheid M zijn deze verhoudingen geringer, namelijk 68% en 61% van de onbehandelde. Deze verschillen zijn ook statistisch aantoonbaar, wat blijkt uit het “kleinste significante verschil”. Uit de “kleinste significante verschillen” is af te leiden dat het maximale vermeerderingsgetal (a) op veldjes die zijn behandeld volgens GT2 met meer dan 50% zijn gereduceerd t.o.v. van de GT1-veldjes. In verband met de kwaliteit van de data, juist bij lage dichtheden waaruit dit vermeerderingsgetal moet worden geschat, mag aan dit verschil niet veel waarde worden gehecht, evenals het relatieve maximale vermenigvuldigingsgetal van 21%.

De populatiedynamische data worden gevisualiseerd in Fig 2, waar in de grafiek van GT2 (Fig. 2c) het geringe aantal waarnemingen bij lage dichtheden en de geringere “goodness of fit”, vooral de verdeling van de datapunten over de lijn, opvallend zijn. De overzichtsfiguur (Fig. 2d) geeft goed de verschillen weer tussen de lijnen die bij lage dichtheden voornamelijk worden bepaald door het maximale vermenigvuldigingsgetal a en bij hogere dichtheden waar de maximale populatiedichtheid M domineert.

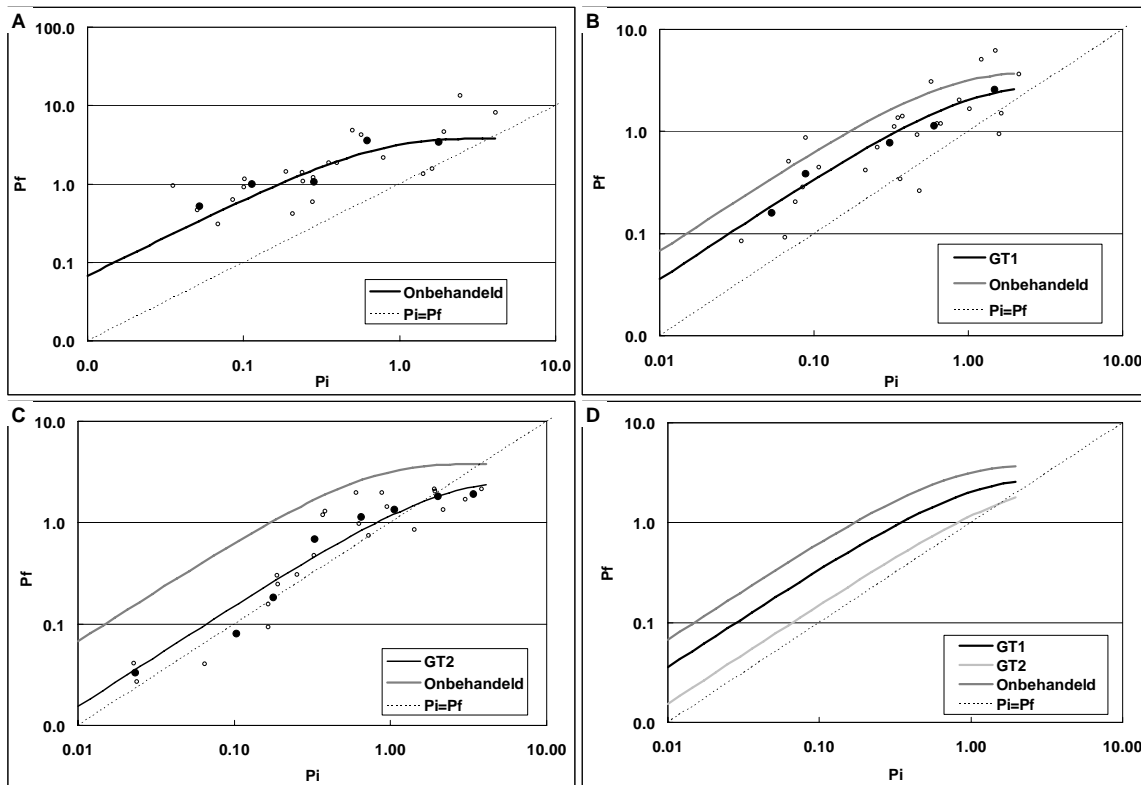


Fig. 2: De populatiedynamica van *G. pallida*

Cysten per ei in de Pi:

Op de behandelde veldjes werden per ei in de Pi ($P < 0.05$) minder cysten gevormd dan in de onbehandelde veldjes. De ratio's GT1/OT2, GT2/OT2 waren respectievelijk 0.75 en 0.56. Dat betekent dat er respectievelijk 25% en 44% minder cysten zijn gevormd. Het verschil tussen GT1 en GT2 was eveneens significant ($P < 0.05$), ondanks het geringere aantal vrijheidsgraden: 16 voor GT1; 11 voor GT2 en 13 voor OT2. Deze bepalingen zijn gedaan voor $P_i < 0.7$ e/g grond, omdat bij hogere dichtheden het aantal cysten per ei inoculum snel afneemt met de Pi in verband met concurrentie tussen de aaltjes om een voedselplaats. Dit effect wordt geïllustreerd in fig. 3. Het verband tussen cPt/ePi en Pi werd goed beschreven door de vergelijking

$$cPt/ePi = 0.75^{(Pi-T)/T} \quad (2)$$

De tolerantielimiet T voor de afname van het aantal cysten in de Pt per ei Pi was voor alle behandelingen gemiddeld 0.7e/g grond.

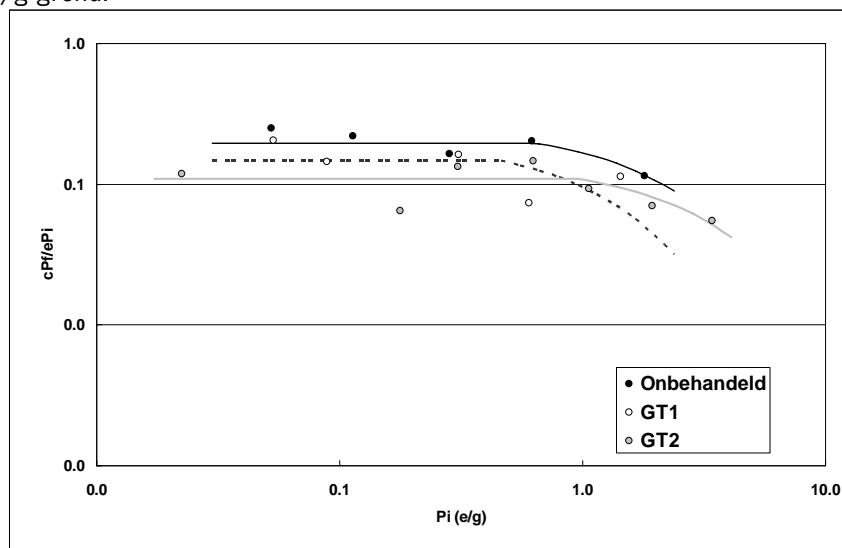


Fig. 3: Het aantal cysten in de Pt per ei inoculum als functie van de Pi

Eieren per cyste in de Pt

De granulaatbehandelingen met Temik verlaagden ook het aantal eieren per cyste in de Pt ($P < 0.05$). Op de veldjes OT2, GT1 en GT2 werden respectievelijk 31.5, 20.8 en 13.6 eieren per cyste aangetroffen. Dat betekent een vermindering van respectievelijk 34% en 57%. Hoewel er nauwelijks verschil was in eieren per cyste tussen de laagste en de hoogste Pi-waarden, zijn voor een goede vergelijkbaarheid ook deze schattingen gedaan bij een $P_i \leq 0.7$ e/g grond.

Populatiodynamica in de diepere bodemlagen (25-50 cm)

De vermeerdering van *G. pallida* bij vergelijkbare, zeer lage begindichtheden in de diepere bodemlagen was gemiddeld 2.05 op de met Temik behandelde veldjes. Vanwege het geringe aantal waarnemingen konden eventuele verschillen tussen veldjes met verschillende roodata niet worden aangetoond. Vanwege het geringe aantal geschikte veldjes (slechts een) konden op de onbehandelde veldjes deze vermeerderingsgetallen niet worden vastgesteld.

4 Discussie

De behandelingen met Temik konden de vermeerdering van aardappelcysteaaltjes niet stoppen, maar wel reduceren. Dat uitte zich in een vermindering van de beide populatiedynamische parameters. De vermindering in de vermeerdering (beperking van de vermeerdering) was groter bij lage dichtheden dan bij hogere dichtheden. De gereduceerde vermeerdering kwam op twee manieren tot stand: enerzijds door een vermindering van het aantal gevormde cysten, anderzijds door een vermindering van het aantal eieren per cyste in de Pt. Ook in dieper gelegen bodemlagen (25-50 cm) vond vermeerdering van aaltjes plaats. Deze vermeerdering verschilde bij lage dichtheden niet van het maximale vermeerderingsgetal a in de bodemlagen <25cm.

Het verschil tussen de met granulaat behandelde veldjes op de beide oogstdata uitte zich in een verminderde (gereduceerde) vermeerdering bij lage dichtheden en in een grotere vermindering in gevormde cysten in de Pt, per ei in de Pi, en het aantal eieren per cyste in de Pt. Met slechts twee meetpunten in een tijdsreeks is dit fenomeen niet gemakkelijk te verklaren.

Er zijn twee mogelijke verklaringen:

- Het is bekend dat het aantal nieuw gevormde cysten nauw samenhangt met de omvang van de voedselbron voor aaltjes: het wortelstelsel. De kwaliteit van deze voedselbron zou langer intact kunnen blijven wanneer onmiddellijk na het doodspuiten wortels en bovengrondse delen van elkaar worden gescheiden (een behandeling die equivalent is met het zgn. groenrooien), dan wanneer tussen deze twee handelingen enige tijd verloopt. Hoeveel tijd moet verlopen tussen doodspuiten en rooien om een dergelijk effect te verkrijgen en of het effect consistent is, kan uit de resultaten van deze proef niet worden voorspeld.
- Uit proeven met *Pratylenchus* is bekend, dat de populatiedichtheid al ver voor de oogst daalt, omdat de kwaliteit van het wortelstelsel afneemt. Wanneer dit verschijnsel zich ook zou voordoen in de proef met Premiere, is de grotere vermeerdering op oogsttijdstip 1 een logisch gevolg hiervan. De proeven met *Pratylenchus* zijn echter gedaan bij overwegend late gewassen en kunnen niet zonder meer worden doorvertaald naar vroege gewassen of naar een andere aaltjessoort. Daarom kan een verklaring voor dit fenomeen alleen gevonden worden door de gewasgroei te volgen gedurende het groeiseizoen, inclusief de ontwikkeling van het wortelstelsel en populatiedynamica te koppelen aan gewasgroei.

In NemaDecide zijn nog weinig gegevens beschikbaar over de populatiedynamische parameters op pootgoed. Seinhorst en Den Ouden vonden in 1968 relatieve waarden voor het maximale vermenigvuldigingsgetal a op een vroeg en laat oogsttijdstip van 66% op zavel en 73% op zandgrond. De oogsttijdstippen waren 25 juli en 31 augustus. De aardappelen op het eerste oogsttijdstip zijn doodgespoten op 19 juli. De pootdatum was aanzienlijk vroeger dan in de Firdgumproef, namelijk 31 maart. Seinhorst en Den Ouden bevestigden hun bevindingen in een kasproef. Met deze gegevens en met de uitkomsten van de Firdgum proef kunnen in NemaDecide voorlopige kentallen worden opgenomen over de populatiedynamica van pootgoed, met en zonder granulaat. Ter illustratie worden met NemaDecide in fig. 4 na vijf aardappelgewassen de detectiekansen van een besmettingshaard berekend voor de volgende vier scenario's in een 1:3 rotatie:

1. Vatbaar consumptieras zonder Temik, met normale rooidatum
2. Vatbaar pootgoedras, zonder Temik en enige tijd na doodspuiten (met glufosinaatammonium) geroid.
3. Vatbaar pootgoedras, behandeld met Temik en onmiddellijk na doodspuiten groengeroid
4. Vatbaar pootgoedras, behandeld met Temik en enige tijd na doodspuiten geroid.

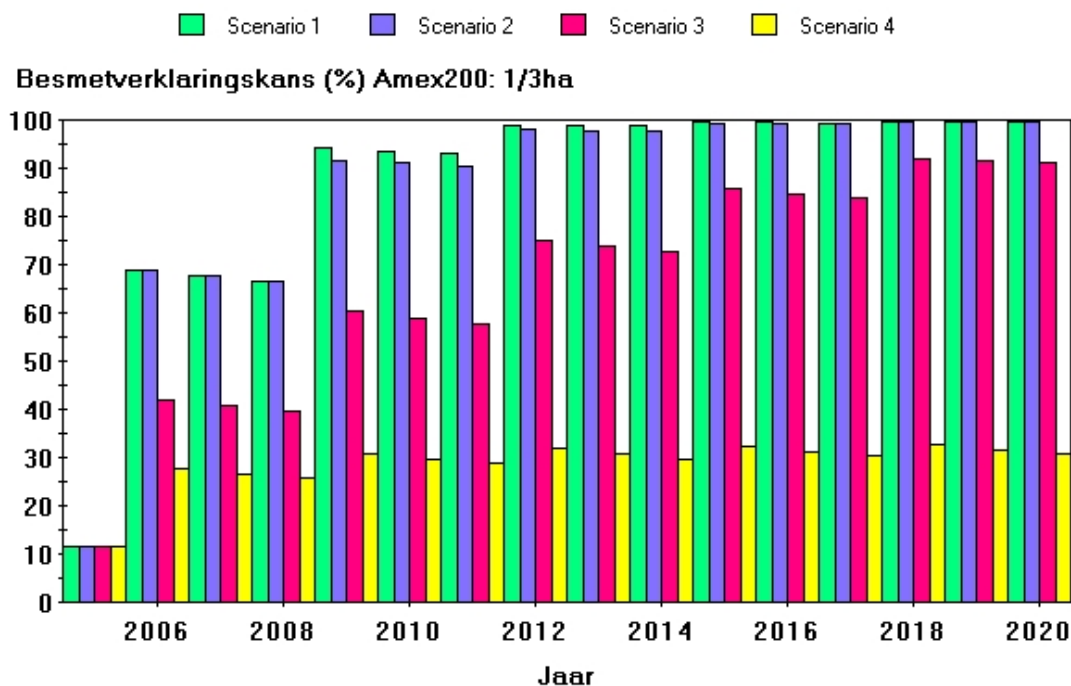


Fig. 4: Kans op besmetverklaring in procenten bij een 1:3 rotatie en vier teeltscenario's

In het startjaar 2005 is de hoogste dichtheid - in het centrum van de besmettingshaard - 10 e/g grond. Verder is aangenomen dat het gemiddelde van a voor een vatbare pootgoedcultivar 14 bedraagt in plaats van 20. De maximale populatiedichtheid M bedraagt 150. De simulatie laat zien dat de haard in de eerste drie scenario's uiteindelijk met hoge kans wordt opgespoord. De gemiddelde 90% kans limiet wordt voor scenario 1 t/m 3 bereikt na respectievelijk 4, 4 en 13 jaar; de gemiddelde 70% limiet na respectievelijk 1, 1 en 7 jaar en de 50% limiet na respectievelijk 1, 1 en 4 jaar. Wat opsporingskans betreft is er dus geen verschil tussen poot- en consumptieaardappelteelt. De behandeling met Temik in het derde scenario (pootgoed+Temik+doodspuiten met glufosinaatammonium en groenrooien) vertraagt het tijdstip van detectie, maar voorkomt de uiteindelijke opsporing van de haard niet. Alleen het vierde scenario, pootgoed+Temik+doodspuiten met glufosinaatammonium en rooien na enige tijd, kan de detectiekans laag (<30%) houden. Totdat er meer zekerheid is over de oorzaak en de voorspelbaarheid van de verlaagde populatiedynamica van aardappelpycysteaaltjes in dit scenario ervan is het niet verantwoord een dergelijke teeltwijze aan telers te adviseren. Verder onderzoek is wel wenselijk.

Omdat de proef bij zeer lage dichtheden is uitgevoerd, kan geen uitspraak worden gedaan over het effect van Temik op de tolerantie van Premiere. Premiere ondervond bij de aangetroffen populatiedichtheden nauwelijks enige opbrengstreductie van *G. pallida*. Wel is vastgesteld dat de maximale opbrengst Y_{max} , die optreedt bij zeer lage dichtheden aaltjes, niet is verhoogd door Temik.

Implicaties voor de praktijk.

De gevonden parameterwaarden (a , M en Y_{max}) voor scenario 1 t/m 3 zullen worden ingebouwd in NemaDecide, evenals de door Den Ouden en Seinhorst gevonden reducties van vermeerderingsgetallen van aardappelcysteeltjes op pootgoed. Uit deze waarden kan ook de vermeerdering van aardappelcysteeltjes op rassen met een beperkte resistentie worden afgeleid. Simulatiestudies met NemaDecide kunnen vervolgens aangeven bij welke resistentieniveau's toepassing van Temik (of Vydate) zinvol is en bij welke niet.

Toepassing van Temik in vatbaar pootgoed kan de vermeerdering van aardappelcysteeltjes niet voorkomen, maar kan de opsporing van haarden wel vertragen. Nader onderzoek moet uitwijzen of Temik in combinatie met doodspuiten en na enige tijd rooien de meerderheid van de besmettingshaarden beneden de detectiegrens kan houden. De populatiedynamica van *G. pallida* op met Temik behandelde velden is waarschijnlijk gelijk in diepe (25-50 cm) en ondiepe bodemlagen (0-25 cm).

Bijlage 1: proefveldschema Firdgum 2005

16 OT2	32 OT2	48 GT2	sput spoor	64 GT1	80 OT2	96 GT3
15 GT1	31 GT2	47 OT2		63 GT3	79 OT2	95 GT1
14 GT1	30 GT2	46 GT1		62 GT1	78 GT1	94 GT1
13 GT2	29 OT2	45 OT2		61 GT2	77 GT3	93 GT1
12 OT2	28 GT2	44 GT1		60 GT1	76 GT1	92 GT1
11 GT2	27 GT2	43 OT2		59 GT1	75 GT2	91 OT2
10 GT2	26 GT1	42 GT1		58 OT2	74 GT2	90 OT2
9 GT3	25 GT2	41 OT2		57 OT2	73 GT3	89 OT2
8 OT2	24 OT2	40 GT2		56 GT2	72 OT2	88 GT2
7 GT1	23 GT1	39 GT2		55 GT2	71 OT2	87 OT2
6 GT2	22 GT2	38 GT1		54 GT1	70 OT2	86 OT2
5 GT2	21 OT2	37 OT2		53 GT2	69 GT2	85 GT2
4 GT2	20 GT1	36 GT1		52 GT1	68 GT2	84 GT1
3 GT1	19 OT2	35 OT2		51 GT1	67 GT1	83 OT2
2 GT2	18 GT1	34 GT2		50 OT2	66 GT2	82 GT2
1 GT2	17 GT1	33 OT2		49 GT3	65 OT2	81 GT1
				sput spoor		

Objecten:

GT1 = granulaat (Temik), oogsttijd 1

GT2 = granulaat (Temik), oogsttijd 2

OT2 = geen granulaat, oogsttijd 2

GT3 = granulaat (Temik), oogsttijd 3

Bijlage 2: Weersomstandigheden tijdens de teelt

In tabel 5 zijn de gegevens opgenomen van het KNMI weerstation in Leeuwarden (het meest nabij de proef gelegen weerstation). Deze cijfers geven een redelijk beeld van de weersomstandigheden gedurende de teelt.

Tabel 5. **Weergegevens per maand, KNMI weerstation Leeuwarden, 2005**

maand	temperatuur in gr C.		Neerslag in mm		zonneshijn in uur	
	2005	normaal	2005	normaal	2005	Normaal
Mei	11.7	11.6	57.6	51	232	213
Juni	15.0	14.3	78.5	69	229	195
Juli	16.9	16.4	67.1	64	132	202
Augustus	15.7	16.6	83.9	60	159	200

Onderstaand worden de weeromstandigheden tijdens de teeltperiode vanaf het poten in mei tot en met de laatste oogst in augustus) globaal omschreven. Deze beschrijvingen zijn overgenomen van het KNMI.

- Mei** was vrij zonnig, met een normale temperatuur en hoeveelheid neerslag. Het begin en eind van de maand waren zonnig en vrij warm, daartussen zat een periode met koeler en vochtiger weer. De gemiddelde maandtemperatuur in De Bilt was in mei met 12,6 °C vrijwel gelijk aan het langjarig gemiddelde van 12,7 °C. Gemiddeld over het land viel 56 mm neerslag tegen normaal 57 mm. In het westen van het land viel de minste neerslag, het oosten was het meest nat. Mei was aan de zonnige kant met gemiddeld over het land 226 zonuren tegen normaal 209 uren. Gezien natte weersomstandigheden in april en de eerste helft van mei, kon de proef pas 18 mei gepoot worden.
- Juni** was zeer warm, zonnig en gemiddeld over het land droog. De eerste helft van de maand was het op de meeste dagen koel voor de tijd van het jaar, daarna werd het zomers warm. Met gemiddeld over het land 250 zonuren tegen normaal 192, was juni zonnig. Gemiddeld over het land viel 56 mm neerslag, de normale maandhoeveelheid bedraagt 71 mm. Vooral in de zuidelijke provincies verliep een groot deel van de maand zeer droog. Tot en met de 27e viel hier lokaal minder dan 10 mm neerslag. Landelijk gezien was 3 juni een natte dag met gemiddeld over het land 12 mm neerslag. Op deze dag viel in het noordwesten over een uitgestrekt gebied 20 tot ruim 40 mm. Op 28, 29 en 30 juni kwamen zware buien voor. Op het proefveld is echter op 28, 29 en 30 juni geen neerslag gevallen. Over het algemeen was het op het proefveld in juni minder regen gevallen dan uit het voorgaand blijkt en was deze maand dus heel droog.
- Juli** was vrij warm, maar nat en somber. Vooral de laatste decade van juli was zeer nat en koel. In de laatste week van juli viel plaatselijk zeer veel neerslag in de vorm van buien (op 29 en 30 juli: 30 tot 60 mm). Tijdens de derde decade was er weinig zon, gemiddeld over het land maar 32 uren tegen normaal 69. In het midden van het land scheen de zon in dit tijdvak lokaal slechts 20 uren.
- Augustus** was koel, vrij nat met een normale hoeveelheid zon. Vooral de eerste decade was koel. Op het eind van de maand werd het warmer. Gemiddeld over het land viel 82 mm neerslag tegen 62 mm normaal. De meeste neerslag viel in delen van Zeeland en Noord-Holland, vooral door zware buien op 12 en 20 augustus. Gemiddeld over het land scheen de zon 193 uren tegen 198 normaal.