

Waardplantstatus en tolerantie lelie – wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*)

Eerste stappen in de ontwikkeling van een betaalbare toetsmethode

Auteurs: Ivonne Elberse en Astrid de Boer (PPO-BBF), Thea van Beers en Leendert Molendijk (PPO-AGV), Corrie Schomaker en Thomas Been (PRI)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit
PPO nr. 32 361532 00/PT nr. 14747
april 2013

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

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

Projectnummer: PT-nummer: 14747; PPO- nummer: 32 361532 00

De bloembollensector investeert in dit project via het  **Productschap Tuinbouw**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Postbus 85, 2160 AB Lisse
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW, Lisse
Tel. : +31 252 46 21 21
Fax : +31 252 46 21 00
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Samenvatting

Wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*) veroorzaken veel schade in de lelieteelt. Bovendien blijft er na de teelt van lelie meestal een hoge besmetting achter, waardoor een gevoelig volggewas er ook veel schade van kan ondervinden. Daardoor wordt er meestal vanuit gegaan dat lelie een goede waardplant is. In een gedetailleerde kasproef in 2010 gedroeg lelie 'Siberia' zich echter als een slechte waardplant (bij lage aaltjesaantallen een lage vermeerdering). Dit bijzondere resultaat riep de behoefte op om een reeks leliecultivars te toetsen op hun waardplantgeschiktheid en gevoeligheid voor schade door dit aaltje. Telers zouden die kennis kunnen gebruiken bij het maken van hun bouwplan. Het telen van cultivars die meer resistent en minder gevoelig voor schade zijn, kan een mogelijk alternatief of aanvulling bieden voor de bestrijding met Monam.

Daarom werden in 2012 vijf verschillende cultivars (Siberia, Sorbonne, Mona Lisa, Robina en Conca d'Or) getoetst op hun waardplantgeschiktheid en hun gevoeligheid voor schade. Deze zijn gekozen omdat we na rondvragen bij adviseurs verwachtten dat deze cultivars verschillen in gevoeligheid en mogelijk ook in waardplantgeschiktheid. Bovendien is er op gelet dat er zowel fijnwortelige als grofwortelige cultivars werden getoetst. Misschien heeft die eigenschap invloed op de waardplantgeschiktheid en/of gevoeligheid. Verder was het ook de bedoeling om met de resultaten van deze uitgebreide proef de eerste stappen te kunnen zetten naar een goedkope, maar wel betrouwbare toetsmethode, om in de toekomst gemakkelijk een grote reeks aan cultivars te kunnen testen.

De proef werd uitgevoerd in de kas in potten met ziektevrrije grond waaraan wortellesieaaltjes waren toegevoegd. Er werd uitgegaan van een reeks van tien verschillende begindichtheden aan aaltjes (variërend van 0 tot 140 wortellesieaaltjes/ g droge grond).

In de resultaten van de proef was een grote variatie aanwezig en op het moment van oogst waren de verschillende cultivars waarschijnlijk in verschillende ontwikkelingsstadia. Daarom kan er op basis van deze proef nog geen uitspraak gedaan worden over waardplantstatus en gevoeligheid van de geteste cultivars en het effect van grofheid van de wortels hierop. De resultaten van 'Siberia' van 2010 werden niet bevestigd. Ook konden de eerste stappen in de toetsontwikkeling nog niet gezet worden. Enkele andere zaken zijn wel duidelijk geworden, namelijk: verschillen in plantlengte en ziftmaat bij de oogst lijken vooral bepaald te worden door de cultivar en werden niet of nauwelijks beïnvloed door het aantal aaltjes dat was toegediend. Verder waren er wel verschillen in waardplantstatus tussen de cultivars aanwezig, maar het is onduidelijk of deze consistent zijn of alleen te wijten aan verschillen in ontwikkeling. Daarvoor is een groeimodel van lelie nodig.

Dit project heeft geleerd dat er meer basiskennis nodig is voordat er zinvolle toetsen ontwikkeld kunnen worden en er een reeks leliecultivars getoetst kan worden. Het is eerst nodig om het systeem aaltjes, lilies, wortelrot veroorzakende organismen beter te gaan begrijpen en er is een rekenkundig groeimodel voor de belangrijkste leliecultivars nodig. Vooral de ontwikkeling van stengel- en bolwortels en hun betekenis voor de aaltjesontwikkeling is van groot belang.

Inhoudsopgave

pagina

Contents

1	INLEIDING	7
1.1	Probleemstelling.....	7
1.2	Doel.....	7
1.3	Bestaande kennis bij start project	8
1.4	Aanpak	8
2	MATERIAAL EN METHODE	9
2.1	Opzet	9
2.2	Plantmateriaal	9
2.3	Aaltjes	9
2.4	Kunstgrond	10
2.5	Inzet proef	10
2.6	Gewasverzorging.....	12
2.7	Oogst	12
2.8	Gegevensverwerking.....	14
3	RESULTATEN	17
4	DISCUSSIE EN CONCLUSIES	27
5	LITERATUURLIJST	33

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Wortellessieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*) veroorzaken in de lelieteelt een grote schadepost. De afhankelijkheid van chemische grondontsmetting is groot. Voorafgaand aan een lelieteelt wordt vaak gekozen voor een natte grondontsmetting om aaltjesproblemen tijdens de teelt te voorkomen. De toelating van metam-natrium is echter voor de toekomst onzeker en het middel is schadelijk voor het milieu. Er zijn dus andere methoden nodig om de schade door wortellessieaaltjes in de lelieteelt te beperken.

Een methode die in de akkerbouw een belangrijk onderdeel uitmaakt van de aaltjesbeheersingsstrategie is het telen van cultivars die geen of een slechte waardplant zijn voor bijvoorbeeld aardappelmoeheid. Op een slechte waardplant vermeerderen de aaltjes zich slecht. In de lelieteelt zou het telen van cultivars, die geen of een slechte waardplant zijn voor wortellessieaaltjes, ook een goede bijdrage kunnen leveren aan het beheersen van de problemen met deze aaltjes. Er werd tot voor kort van uitgegaan dat alle lelies goede waardplanten zijn voor wortellessieaaltjes. In 2010 gaf het LNV project ("Een BOS lelies met aaltjes", BO-12.03-003.01-001.18) echter een verrassend resultaat: 'Siberia' was in die proef een slechte waardplant voor wortellessieaaltjes (slechte vermeerdering van wortellessieaaltjes bij lage dichtheden). Dit is een belangrijk resultaat, want wellicht zijn er nog meer cultivars een slechte waardplant en kunnen ze ingezet worden in de strijd tegen wortellessieaaltjes.

Om te bepalen of ook in de lelieteelt een slimme cultivarkeuze een goed instrument is bij het beheersen van wortellessieaaltjes, is het van belang om van meer cultivars de waardplantgeschiktheid te bepalen. Van groot belang is ook het bepalen van de tolerantie voor schade (bijvoorbeeld wortelrot, groeiremming) aan de cultivars. Het meest ideaal is een leliecultivar die weinig last heeft van de aanwezige wortellessieaaltjes en waarop deze aaltjes zich ook slecht ontwikkelen.

Bij de huidige onderzoeksmethoden (veldproeven en kasproeven bij een reeks populatiedichtheden) zijn de kosten voor een uitgebreide cultivarscreening te hoog. Er is dus behoefte aan een goedkope, maar wetenschappelijk onderbouwde, waardplantgeschiktheidstoets.

1.2 Doel

De doelstelling is tweeledig:

1. Van vijf belangrijke leliecultivars (waaronder 'Siberia') worden de volgende eigenschappen bepaald:

- a. De waardplantstatus
- b. De tolerantie voor schade
- c. Een mogelijk verband tussen waardplantgeschiktheid en de grofheid van de wortels
- d. Een mogelijk verband tussen tolerantie en grofheid van de wortels

2. Onderzoeken of het mogelijk is om een goedkope toets te ontwikkelen voor het vaststellen van de waardplantgeschiktheid van leliecultivars voor wortellessieaaltjes. Dit doen we door stap a en b van de toetsontwikkeling uit te voeren. De rest van de toetsontwikkeling is pas zinnig als stap a en b succesvol blijken te zijn en maakt geen onderdeel uit van dit project.

De stappen voor de toetsontwikkeling:

- a. Het beperken van het aantal dichtheden van de aaltjespopulatie waarbij getoetst dient te worden
- b. Het vaststellen van referentiecultivars (een cultivar waarop de aaltjes zich zeer goed vermeerderen en een niet-waardplant)
- c. Het beperken van de potgrootte
- d. Optimalisatie van teeltduur, watergift, meetmethoden
- e. Overdracht van de toetsmethode naar praktijktoetscentra

1.3 Bestaande kennis bij start project

In 2010 is binnen een LNV project ("Een BOS lelies met aaltjes", BO-12.03-003.01-001.18) een gedegen waardplantgeschiktheidstoets uitgevoerd voor de cultivar Siberia, in vergelijking met twee aardappelrassen: Festien en Seresta. De lelies en de aardappelen werden geteeld bij een reeks van twaalf verschillende startdichtheden (Pi) van wortellesieaaltjes. Dit was nodig omdat de mate van vermeerdering van de aaltjes afhankelijk is van de begindichtheid. Het verrassende resultaat was dat Siberia in die proef een slechte waardplant bleek voor wortellesieaaltjes. Met dien verstande dat de aaltjes zich bij lage Pi-waarden op deze cultivar slecht vermeerderden. De maximale aaltjesdichtheden bij hogere Pi-waarden waren echter vergelijkbaar met die op de beide aardappelrassen. Omdat dit de eerste keer is dat dit resultaat werd gevonden, is het belangrijk om dit resultaat nog een keer bevestigd te zien in een proef.

PPO-AGV en PRI hebben eerder op een succesvolle manier een goedkope resistentietoets voor aardappelcysteaaltjes en aardappelrassen ontwikkeld voor aardappelveredelaars. Deze is inmiddels internationaal als officiële EPPO toets overgenomen. Dezelfde groep is op dit moment bezig om een goedkopere resistentietoets te ontwikkelen voor het maïswortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne chitwoodi*).

De pilot NemaDecide Lelie heeft laten zien dat het inpassen van resistente lelierassen in dit beslissingsondersteunende systeem mogelijkheden biedt om wortellesieaaltjes systematisch te beheersen.

1.4 Aanpak

1. De benodigde wortellesieaaltjes werden geïsoleerd uit een bestaande kweek.
2. Er werd "schoon" bolmateriaal verzameld van vier cultivars + 'Siberia' als beoogde referentiecultivar
3. Er werd een kasproef uitgevoerd, met vijf cultivars, in vier herhalingen en met tien aaltjesdichtheden in potten van 3 liter.
4. De proef duurde 19 weken.
5. Bij de oogst werden aantallen adulte en juveniele aaltjes in wortels en de grond apart bepaald en werden opbrengsten en schadekenmerken gemeten.

2 Materiaal en methode

2.1 Opzet

Er werd een pottenproef uitgevoerd in de kas bij PPO-BBF in Lisse. Het was een gewarde blokkenproef met vier blokken (bij start proef was binnen blokken alles geward en bovendien werden binnen blokken wekelijks alle potten verplaatst) en vijf cultivars. Per leliecultivar zijn er tien begindichtheden (Pi's) aan *Pratylenchus penetrans* aangebracht.

De resultaten werden gemodelleerd, met als doel een keuze te kunnen maken van de benodigde Pi('s) en referentiecultivars.

2.2 Plantmateriaal

De vijf geteste cultivars (tabel 1) zijn gekozen in overleg met adviseurs, handelaren en telers (Bijlage 1). Dit waren: 'Siberia', 'Sorbonne', 'Mona Lisa', 'Robina' en 'Conca d'Or'. 'Siberia' werd verkregen van MAK Breeding en de andere cultivars van diverse telers. Er werd verondersteld dat grofwortelige cultivars minder gevoelig zijn voor wortellesieaaltjes dan fijnwortelige cultivars. De bollen waren niet behandeld met Admire. Warmwaterbehandeling is in januari uitgevoerd door de leveranciers. Formaline is daarbij niet meer toegestaan. Op 18 april zijn de uitgangsbollen bij PPO gedurende 10 minuten gedompeld in 1.5% Securo + 0.3% Procloraz (tegen schimmels). Daarna zijn de bollen weer gedroogd en bij 0.5 °C bewaard tot aan de start van de proef.

Tabel 1 Geteste cultivars

cultivar	type	grofheid wortels
Conca d'Or	OT hybride	grof
Mona Lisa	oriëntal	grof
Robina	OT hybride	grof
Siberia	oriëntal	fijn
Sorbonne	oriëntal	fijn

Om zo min mogelijk verschil in uitgangssituatie van de bollen te verkrijgen, zijn voor de proef alleen bollen geselecteerd van 12 g en ziftmaat 9.

Op 26 april werd een monster genomen van de bolwortels van alle cultivars en onderzocht op de aanwezigheid van aaltjes. Het plantenmateriaal bleek schoon.

2.3 Aaltjes

Bij PRI was een kweek van *Pratylenchus penetrans* op maïs aanwezig. Op 10 en 11 april werden de maïswortels schoongespoeld en in de koelcel bewaard. Op 12 april werden ze in stukjes geknipt en bij PPO-BBF in de mistkamer gezet. Tussen 13 en 25 april werden aaltjes hieruit afgetapt. Deze werden in een bekersglas met water bewaard in de koelkast, met beluchting om de kwaliteit van de aaltjes goed te houden. Op donderdag 19 april werden deze monsters nog eens op een wattenfilter gedaan (afgetapt op 23 april), zodat alleen actieve aaltjes gebruikt werden als inoculum.

De gebruikte Pi-reeks was: 0; 0.12; 0.25; 1.1; 1.89; 8.35; 15.25; 33.7; 79.9 en 140.4 *Pratylenchus penetrans* (juvenielen en adulten) per gram droge grond. De hoogste dichtheid van de reeks was lager dan oorspronkelijk werd voorzien (planning was een hoogste dichtheid van 250 *P. penetrans* / g droge grond) door een tegenvallende hoeveelheid inoculum. Op 25 april werd de verdunningsreeks aangemaakt met kraanwater van ongeveer 16°C. Daarna werd deze reeks bewaard in een stoof bij 10°C, met doorborreling om de aaltjes vitaal te houden. Op 26 april werd deze reeks gebruikt voor inoculatie.

2.4 Kunstgrond

Voor het experiment werd dezelfde kunstgrond gebruikt, als in het vergelijkbare experiment met lelie en aardappels werd gebruikt in 2010 (LNV project ("Een BOS lelies met aaltjes", BO-12.03-003.01-001.18). Deze pathogeen vrije grond bestaat uit zilverzand, kleipoeder (kaolin) en hydrocultuurkorrels in de verhouding 4 : 0.7 : 1 (gebaseerd op drooggewicht). Per 1000 kg kunstgrond werd 1 kg meststof toegevoegd (N:P:K = 12:10:18) en voor sporenelementen werd 20 l Steiner Voedingsoplossing toegevoegd. De bodemvochtigheid was 11.9%.

Voor oriëntals ligt de optimale pH bij 5.5 à 6; voor andere lelie cultivars maakt de pH niet zoveel uit. De pH van deze batch kunstgrond bleek 5.52 te zijn en viel dus binnen de gestelde marge.

Op 23 april werden 3 l potten (langwerpige potten, (19.2 cm hoog en doorsnede van 17 cm) gevuld met 3380 g kunstgrond per pot. Dit komt overeen met exact 3000 g droge grond per pot. Hiervoor werd eerst onderin de potten filtreerpapier gelegd, om te voorkomen dat de grond door de gaten zakt. Daarna werden de potten schepje voor schepje gevuld. Daarna lieten we de gevulde potten een paar keer van 5 cm hoogte op de tafel vallen. De bovenkant van de grond werd vlak gemaakt en zacht aangedrukt met een stampertje.

2.5 Inzet proef

Het experiment werd uitgevoerd van 26 april tot en met 5 september 2013. Daarmee liep de proef ongeveer een maand achter op het gangbare teeltseizoen van lelie.

Pratylenchus penetrans werd op meerdere punten in de potten toegevoegd in een grid met lange veterinaire injectienaalden van 2 mm dik (figuur 1). De injectienaalden werden tot op 1 cm van de bodem in de grond geduwd en tijdens het injecteren van de aaltjessuspensie werden de naalden langzaam omhoog gehaald. De onbehandelde controles werden geïnoculeerd met kraanwater. De volgorde van inoculeren was van de laagste naar de hoogste Pi.



Figuur 1 links: inoculatie P. penetrans met veterinaire injectienaalden; rechts: proef net na inzet in de kas

Na het inoculeren werd per pot één leliebol geplant op 8 cm diepte, m.b.v. een metalen buis met een diameter van 3 cm.

De proef werd uitgevoerd in een kas (figuur2), die was ingesteld op 20°C/16°C (dag/nacht) en een daglengte van 14 uur, lichtintensiteit 85 mmol (= 6000lux). In de voorjaars- en zomermaanden was de dag langer, door natuurlijk daglicht. De daadwerkelijk gemeten temperatuur in juni t/m september was ongeveer 23°C/20°C (dag/nacht). Deze temperatuur was behoorlijk constant.



Figuur 2 De kasproef

Er werden vijf potten geïnoculeerd met 4.04 *P. penetrans* per gram droge grond om de sterfte van de aaltjes door de inoculatie te bepalen. In deze potten werd geen leliebol geplant. Ze werden bij de rest van de potten in de kas gezet. Op 1 mei werden deze vijf potten in de koelcel gezet (5°C) en op 7 mei werden de aaltjes hieruit geëxtraheerd met behulp van een Oostenbrink trechter.

Tijdens de proef is waargenomen:

- Moment van opkomst (dagnummer vanaf 1 januari 2012)
- Plantlengte op 14 juni 2012

2.6 Gewasverzorging

Twee maal per week kregen de lelies voedingsoplossing (Bijlage 2) toegediend. Eén maal per week werden hiervoor alle potten gewogen en werd per pot precies zoveel voedingsoplossing toegediend als er nodig was om de vochtigheid van de kunstgrond op peil te houden (12% net na het planten en vanaf de tweede week 16%). De tweede keer in de week werden vijf potten per cultivar gewogen en het gemiddeld vochtverlies per cultivar bepaald. Op grond hiervan werd aan alle planten van een cultivar dezelfde hoeveelheid water gegeven.

2.7 Oogst

De proef werd op 4 en 5 september geoogst (figuur 3). De potten in blok 1 en 2 zijn op 3 september met voedingsoplossing op begingewicht gebracht en op 4 september geoogst. Op 4 september werden de potten van blok 3 en 4 op begingewicht gebracht en deze werden op 5 september geoogst.



Figuur 3 Oogst van de proef op 4 en 5 september 2012

Op 4 en 5 september werd in de kas de lengte van het bovengrondse deel van de planten gemeten en werd het percentage groen geschat. Daarna werd het loof afgesneden. Elke pot werd geleegd in een zeef (niet gevlochten) boven een bak. De onderdelen van de plant werden gescheiden in loof (= bovengronds deel + ondergrondse stengel + blad van de stengelbolletjes), bol, stengelbolletjes, wortels (stengel- + bolwortels) (figuur 4). Alle worteltjes werden heel secuur uit het zand gezocht. De wortels werden niet schoongespoeld, omdat dat er voor zou kunnen zorgen dat de aaltjes door het vocht uit de wortel kruipen en gemist worden bij de telling. Versgewicht van het loof, de bol en de stengelbolletjes werd bepaald en aantal stengelbolletjes en ziftmaat van de bol werd genoteerd. Het was de bedoeling om een score voor mate van wortelrot te geven, maar er werd geen wortelrot waargenomen. Per pot werd een grondmonster genomen van 200 g (blok 3 en 4) en van 500 g (blok 1 en 2).



Figuur 4 Elke plant werd secuur gescheiden in de diverse onderdelen

De grond- en wortelmonsters (= gehele wortelstelsel van elke plant) werden dezelfde dag vervoerd naar het lab waar de telling zou plaatsvinden. Het waren te veel monsters voor één lab om tegelijkertijd te verwerken. Er werd ingeschat dat het beter was om de monsters tegelijkertijd te laten verwerken in drie laboratoria, dan ze na elkaar te verwerken in één lab. Om verschillen tussen laboratoria te ondervangen, heeft elk lab één of twee gehele blokken verwerkt. PRI heeft blok 1 en 2 geanalyseerd. De monsters van blok 3 werden verwerkt op het lab van PPO-AGV en blok 4 werd geanalyseerd bij PPO-BBF. De wortels werden schoongespoeld en het versgewicht werd bepaald. Daarna werden ze vier weken in de mistkast gelegd voor aaltjesextractie. Bij PRI werden de grondmonsters opgespoeld met de Seinhorst methode en bij PPO-AGV en PPO-BBF gebeurde dit met een Oostenbrinktrechter. Dit levert een minerale fractie op (de aaltjes die met opspoelen uit de grond gehaald worden) en een organische fractie (aaltjes die met incuberen uit de organische stof gehaald worden). Met uitzondering van de spoelfractie van de grondmonsters bij PPO-AGV werden in alle monsters de juvenielen en adulten van *P. penetrans* apart geteld.

2.8 Gegevensverwerking

Nadat gemiddelden zijn berekend – de P_f -waarden na logtransformatie – werd, waar mogelijk, niet lineaire regressie uitgevoerd. De toegepaste modellen worden uitgebreid beschreven in de hoofdstukken 11 en 12 in Plant Nematology (*Schomaker et al.*, 2006).

Voor de relatie tussen aaltjesdichtheden ($P_i > T$) en het gewicht van plantendelen (Y) (figuur 5) werd gebruikt:

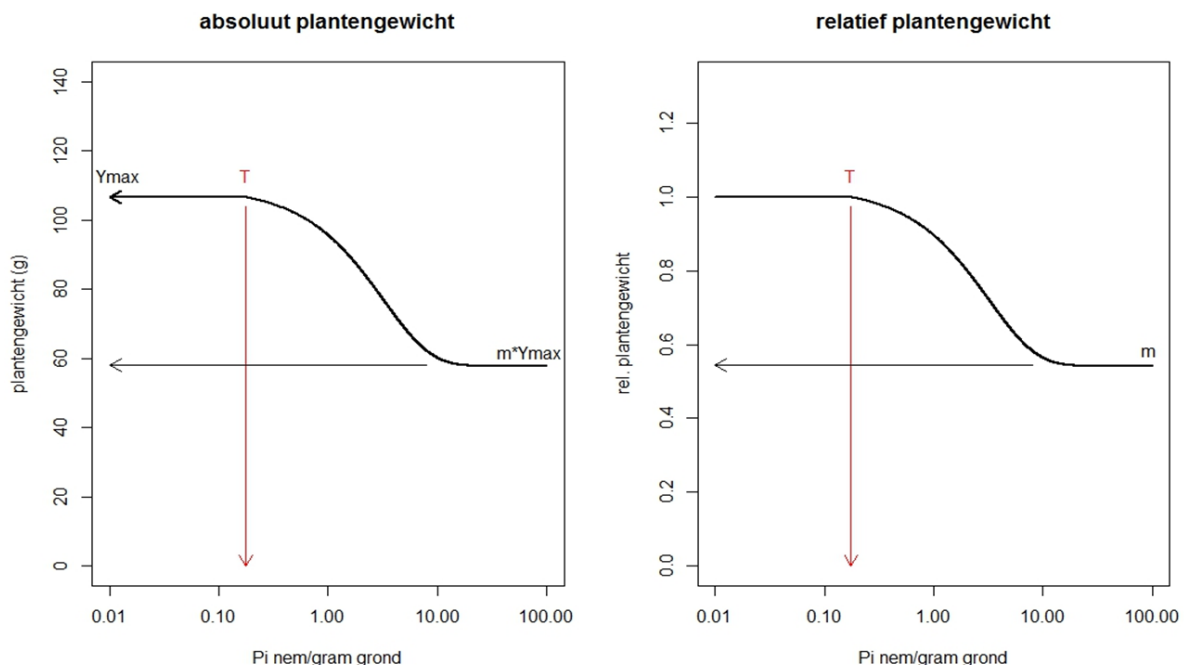
$$Y = Y_{\max} * (m + (1-m) * 0.95^{(P_i/T)/T}) \quad (1)$$

Waarbij:

$Y_{\max}$ = opbrengst bij $P_i \leq T$

m = relatieve minimum opbrengst als $P_i \rightarrow \infty$

T = tolerantiegrens; de hoogste P_i -waarde waarbij geen vermindering in plantengewicht optreedt.



Figuur 5 Grafische weergave van het schademodel. $Y_{\max}$ = opbrengst bij $P_i \leq T$; m = relatieve minimum opbrengst als $P_i \rightarrow \infty$; T = tolerantiegrens; de hoogste P_i -waarde waarbij geen vermindering in plantengewicht optreedt.

Voor de betrekkingen tussen P_i en aaltjesdichtheden aan het einde van de proef (P_f) werd gebruik gemaakt van het populatie dynamisch model voor migratoire (aaltjes die in alle stadia beweeglijk zijn) nematoden (figuur 6):

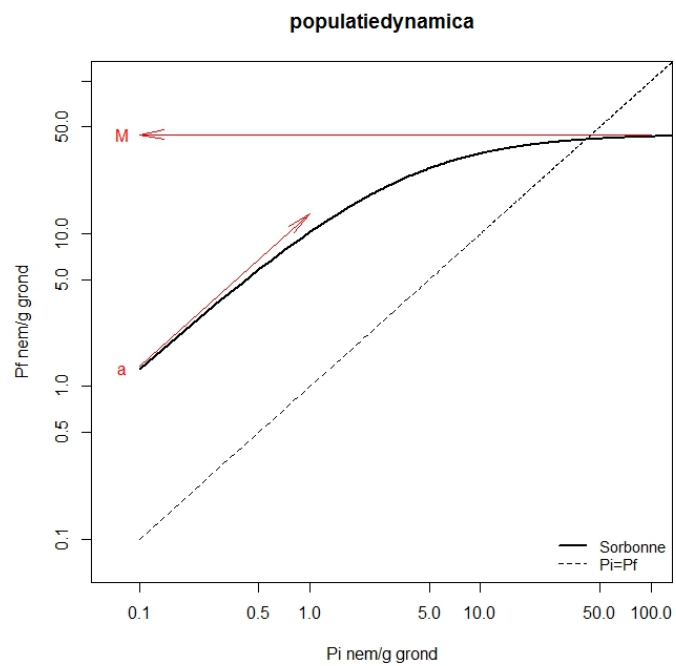
$$P_f = (M * P_i) / (P_i + (M/a)) \quad (2)$$

Waarbij:

M = maximale populatiedichtheid (P_f)

a = maximaal vermeerderingsgetal als $P_i \rightarrow 0$

Alle berekeningen, regressie analyses en grafische voorstellingen werden uitgevoerd in R, een open source programmeeromgeving voor data-analyse en grafieken (Anonymus, 2013).



*Figuur 6 Grafische weergave van het populatie dynamische model. M = maximale populatiedichtheid (Pf);
 a = maximaal vermeerderingsgetal als $Pi \rightarrow 0$*

3 Resultaten

De variantie van de data was ongebruikelijk groot (tabel 2) voor de combinatie *Pratylenchus penetrans*/lelie of *P. penetrans* met enig ander gewas. Een CV van maximaal 15% is gebruikelijk. De belangrijkste oorzaak was dat – door gebrek aan levenskrachtige nematoden - de gerealiseerde Pi-reeks noodzakelijkerwijze korter was dan oorspronkelijk geplande. Vooral in de Pf-data was de variatie zeer groot. De oorzaak is mogelijk dat de nematoden in de Pf geteld zijn door drie laboratoria. Deze omstandigheden bemoeilijkten de regressie analyse zeer.

Tabel 2: De medianen van de variatie coëfficiënten (CV) van de Pf, versgewicht bollen (FWBulbs) en versgewicht wortels (FWRroots)

Cultivar	CV.Pf	CV.FWBulbs	CV.FWRroots
Conca d'Or	0.41	0.23	0.25
Mona Lisa	0.57	0.33	0.38
Robina	0.84	0.25	0.37
Siberia	0.36	0.15	0.26
Sorbonne	0.71	0.20	0.26

3.1 Opkomst

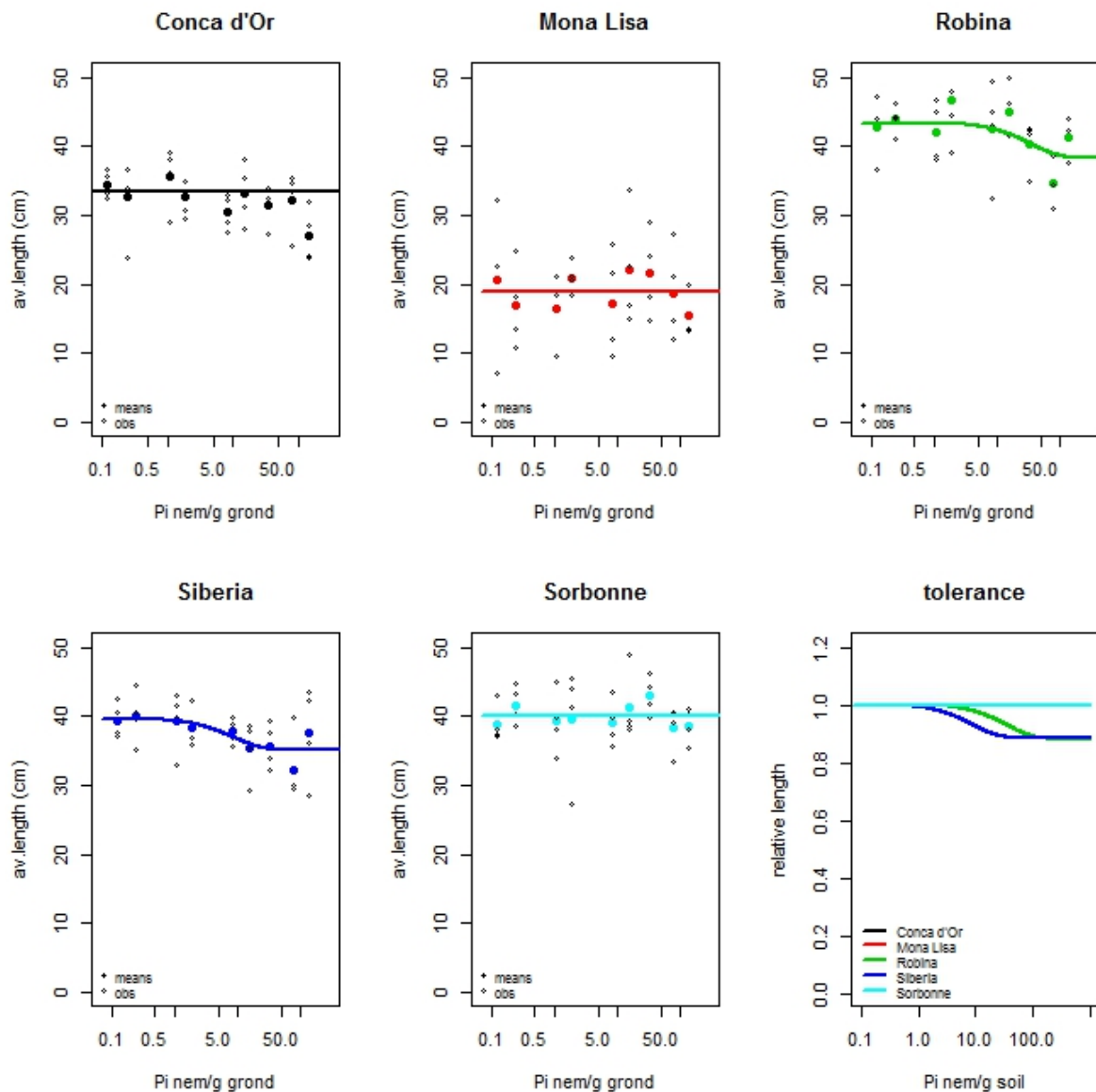
De eerste planten kwamen op dag 131 (geteld vanaf 1 januari) op. Op dag 145 waren de meeste planten opgekomen. Drie planten kwamen uiteindelijk helemaal niet op en deze zijn buiten de data analyse gehouden.

3.2 Percentage groen loof

Bij de oogst was er weinig variatie in percentage groen loof: bijna alle planten waren nog voor 95-100% groen.

3.3 Plantlengte

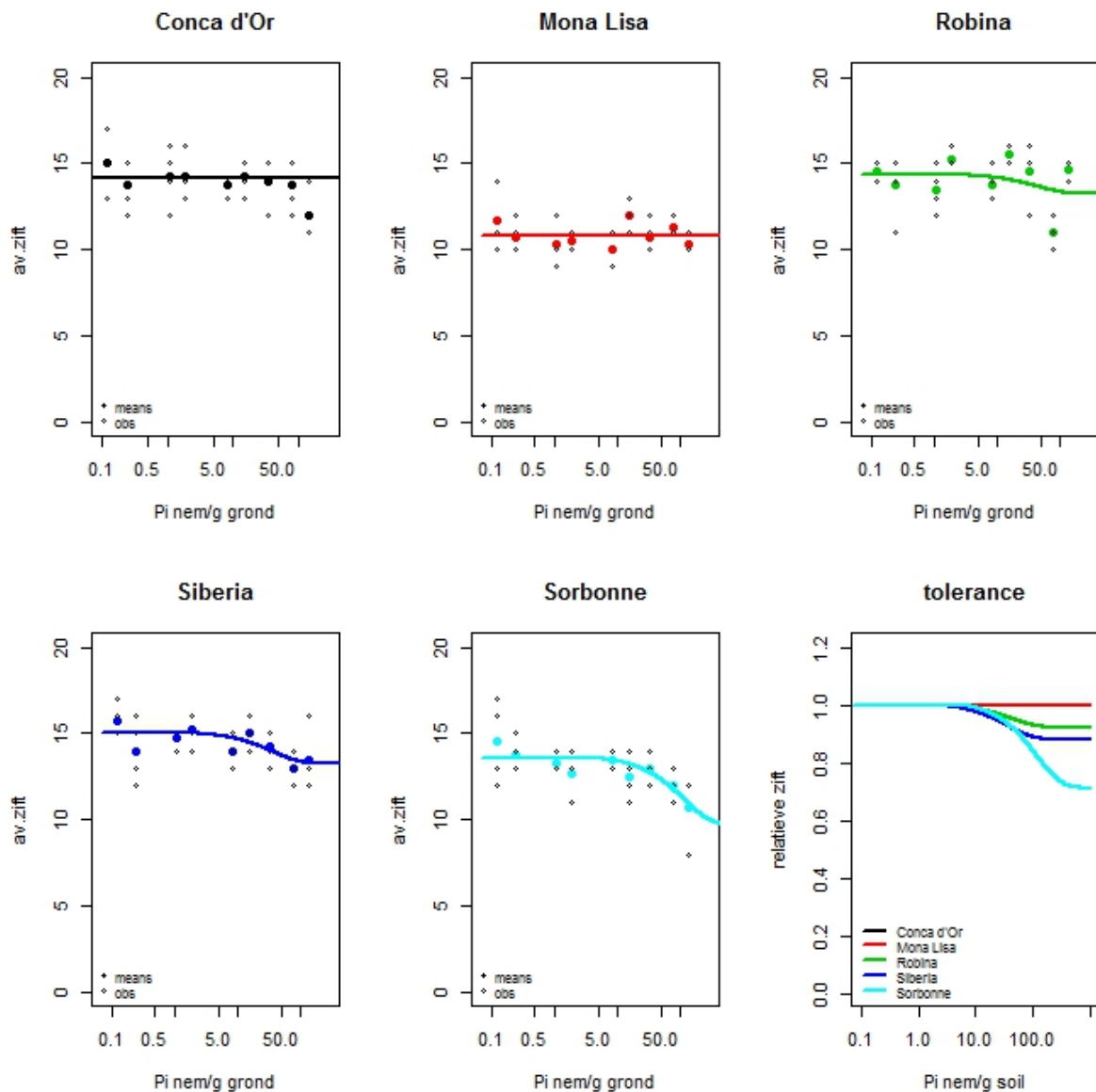
De resultaten van de regressie analyse van plantlengte zijn in beeld gebracht in figuur 7. Mona Lisa bereikte in september slechts ongeveer de helft van de hoogte (18 cm) van de andere cultivars. De hoogte werd nauwelijks beïnvloed door de Pi. Voor alle rassen was de relatieve minimale lengte $m > 0.9$



Figuur 7 De relatie tussen Pi en plantlengte (length) op het moment van oogst, per cultivar. In grafiekje "tolerance" wordt relatieve plantlengte van de cultivars vergeleken (maximale plantlengte is per cultivar op 1 gesteld).

3.4 Ziftmaat

De ziftmaat (bolomtrek) aan begin van de proef was 9 cm. Alle cultivars hadden in september een bolomtrek van ongeveer 15 cm bij $Pi=0$, behalve Mona Lisa, die sinds het moment van poten nauwelijks is toegenomen in bolomtrek (11 cm (Figuur 8)). Bij Conca d'Or, Mona Lisa, Robina en Siberia had de aaltjesdichtheid nauwelijks effect op de ziftmaat bij oogst. Voor Sorbonne werd de kleinste relatieve minimale ziftmaat geschat (0.7).



Figuur 8 De relatie tussen Pi en de bolomtrek (ziftmaat) op het moment van oogst, per cultivar. In grafiekje "tolerance" wordt relatieve bolomtrek van de cultivars vergeleken (maximale plantlengte is per cultivar op 1 gesteld)

3.5 Wortelrot

In tegenstelling met de proef uit 2010 werd er in dit experiment geen wortelrot geconstateerd.

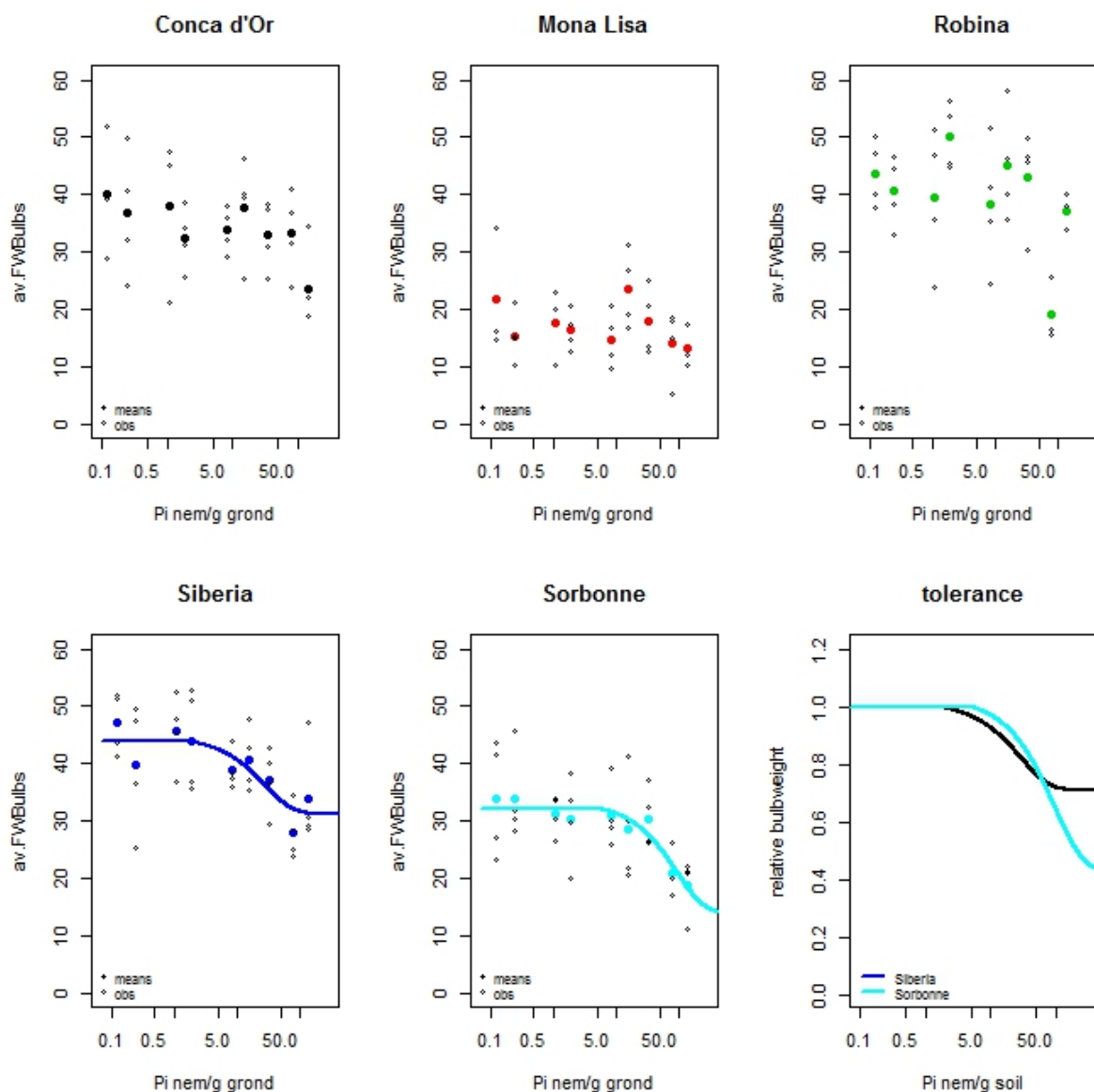
3.6 Vers bolgewicht

De resultaten van de regressie analyse van vers bolgewicht staan in tabel 3. Vanwege de grote variantie en de korte Pi-reeks kon het model alleen voor Siberia en Sorbonne aan de data worden aangepast. De vergelijking tussen model en data is in beeld gebracht in figuur 9.

Tabel 3 De parameter waarden, Y_{max} , T en m van het gefitte model voor Siberia en Sorbonne (vergelijking (1) in paragraaf 2.8) voor de versgewichten van de bollen (FWBulbs). Voor de betekenis van de parameters, zie paragraaf 2.8. * = niet te bepalen a.h.v. deze gegevens

Cultivar	Y_{max}	T	m	R^2
Conca d'Or	37	*	*	*
Mona Lisa	18	*	*	*
Robina	43	*	*	*
Siberia	44	2	0.7	0.71
Sorbonne	32	5	0.4	0.87

Er was een flinke toename van het bolgewicht tijdens de proef, behalve bij Mona Lisa



Figuur 9 De relatie tussen Pi en versgewicht bollen (FWbulbs) per cultivar. In het grafiekje 'Tolerance' wordt het relatieve versgewicht van de bollen van Siberia en Sorbonne vergeleken (het maximale verse bolgewicht is op 1 gesteld)

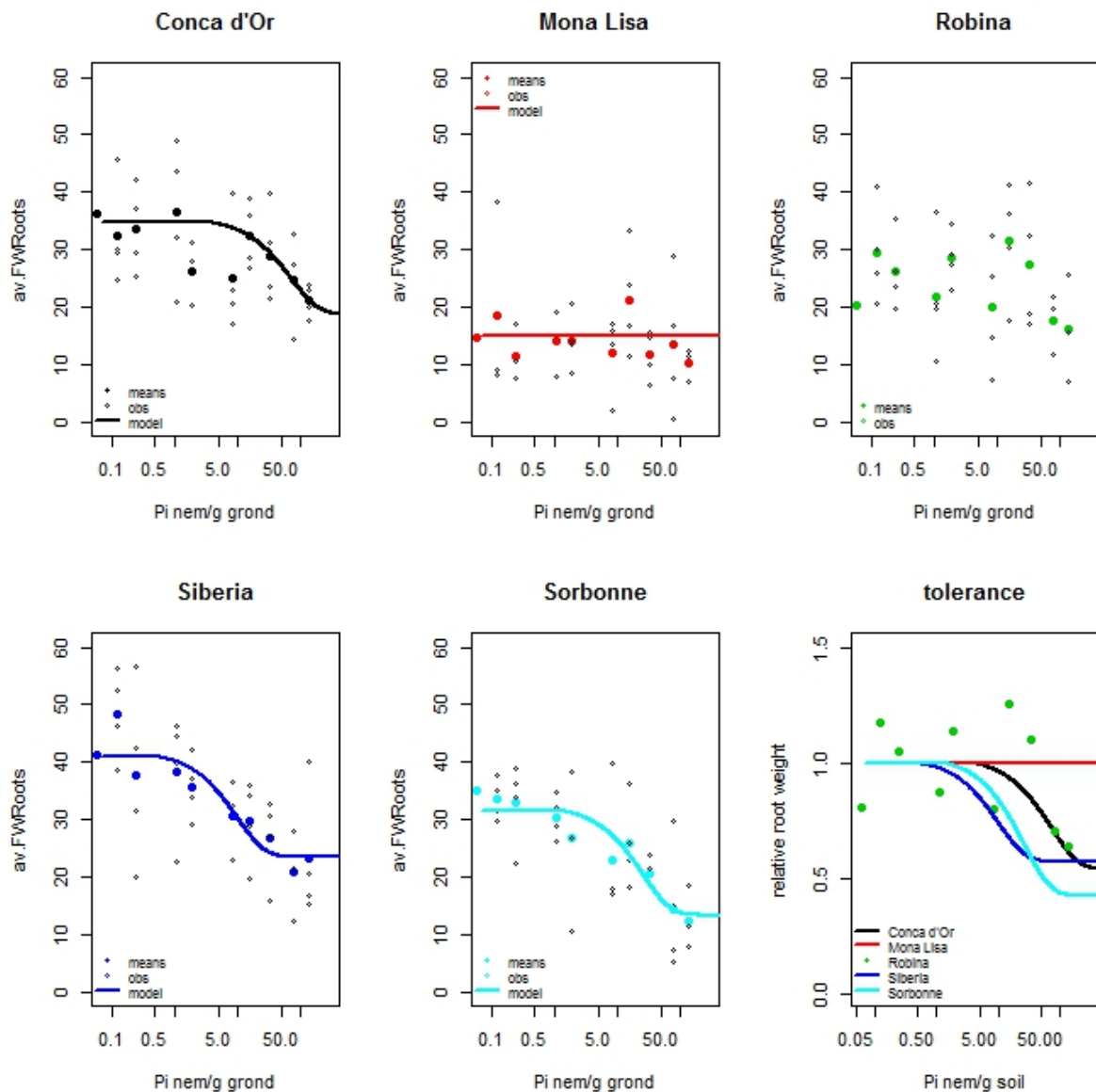
3.7 Vers wortelgewicht

3.7.1 Totaal wortelgewicht

Het totale wortelgewicht kan worden onderverdeeld in grammen stengelwortels en bolwortels. Het totale wortelgewicht is bepaald zonder aanhangende grond; het stengel- en bolwortelgewicht om proeftechnische redenen, met aanhangende grond. Deze data zijn daarom niet vergelijkbaar.

Op het moment van oogst verschilden de gewichten van stengel- en bolwortels en hun verhoudingen voor de verschillende cultivars.

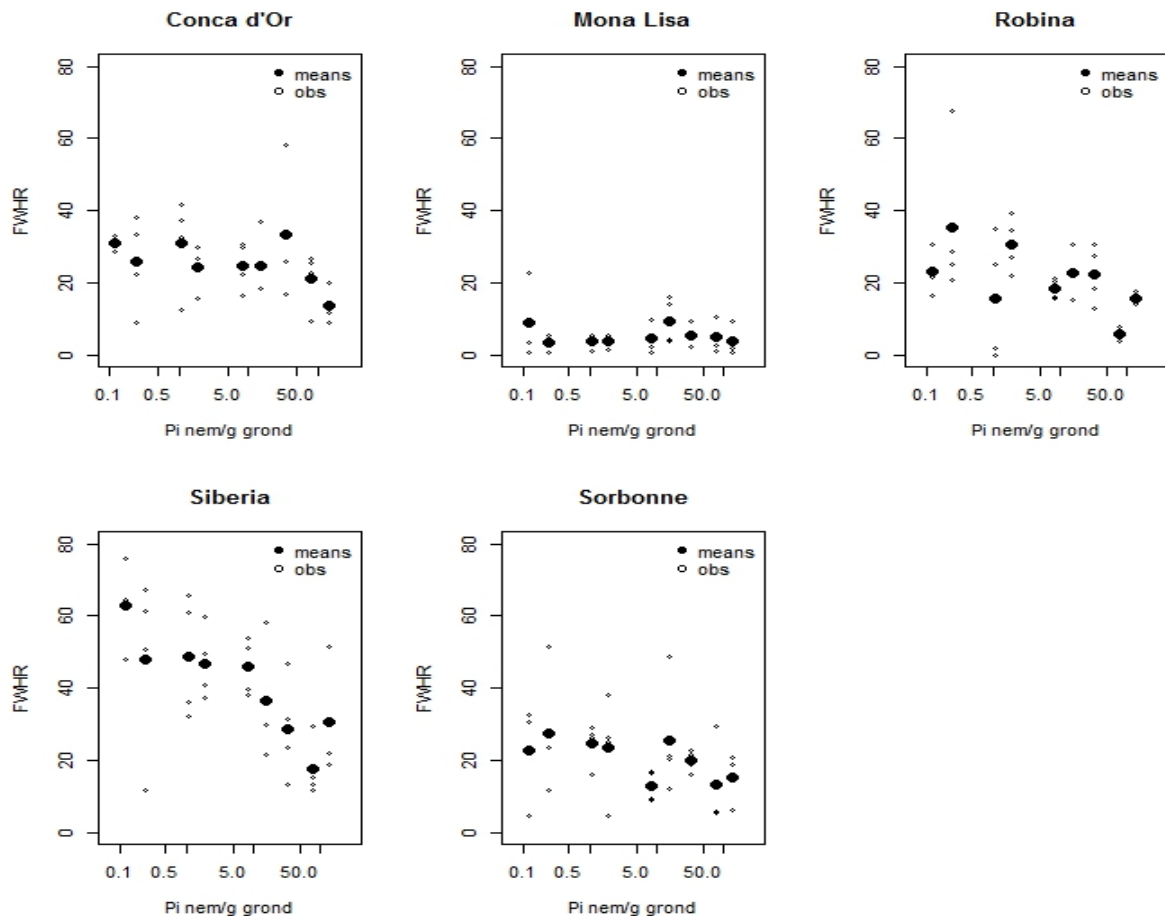
Het verband tussen Pi en totaal vers wortelgewicht (FWR) is weergegeven in figuur 10. Daarin wordt ook het model vergeleken met de waarnemingen. Vanwege de grote variantie kon het model niet worden aangepast aan de waarnemingen voor Robina. Het relatieve minimum wortelgewicht van de cultivars is ongeveer 0.4, behalve voor Mona Lisa, waar het minimale wortelgewicht gelijk is aan de Ymax (bij $Pi=0$).



Figuur 10 Het verband tussen Pi en het versgewicht van het totale wortelstelsel (FWR)

3.7.2 Stengelwortels

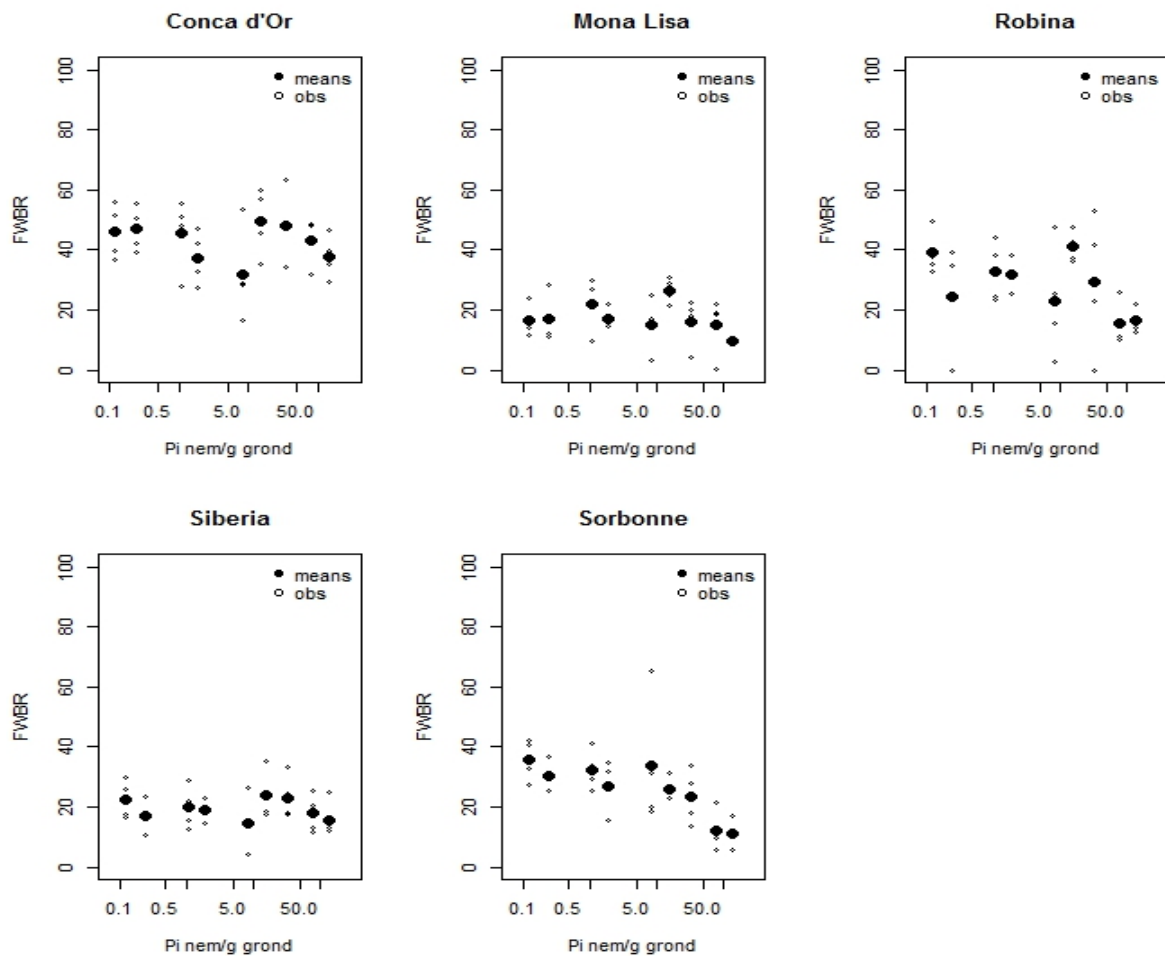
Het stengelwortelgewicht van Siberia was het grootst (55 gram bij $P_i \leq T$) (figuur 11) en ook de fractie stengelwortels t.o.v. het totale wortelgewicht was voor deze cultivar het grootst: 70% bij $P_i \leq T$. Het stengelwortelgewicht van Mona Lisa was het geringst (16 gram bij $P_i \leq T$) en ook de fractie stengelwortels t.o.v. het totale wortelgewicht was voor deze cultivar het geringst: 20%. De overige cultivars ontlieden elkaar niet veel: noch in grammen stengelwortel (gemiddeld 24 gram) noch in fractie stengelwortel t.o.v. totaal wortelgewicht: gemiddeld 40%. De afname van het stengelwortelgewicht met de P_i was het grootst in Siberia. Het schade model kon niet worden gefit vanwege de grote variantie in de data en de korte P_i -reeks.



Figuur 11 De relatie tussen P_i en versgewicht stengelwortels (FWHR) per cultivar.

3.7.3 Bolwortels

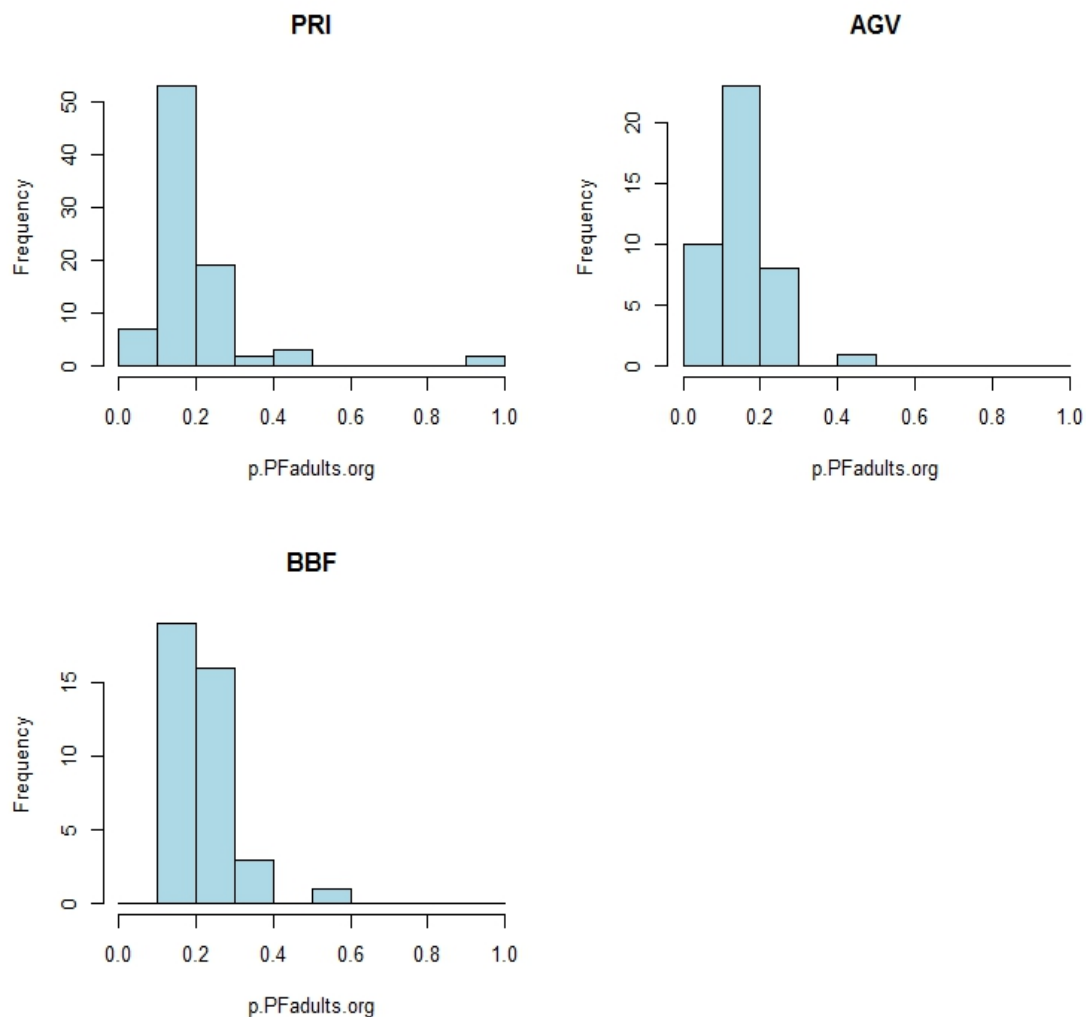
Het bolwortelgewicht van Conca d'Or was het grootst: ruim 40 gram bij $P_i \leq T$, terwijl het bolwortelgewicht van Mona Lisa en Siberia het geringst waren: gemiddeld 20 gram bij $P_i \leq T$ (figuur 12). Dat van de overige cultivars was gemiddeld 30 gram bij $P_i \leq T$. De afname van het bolwortelgewicht met de P_i was het grootst in Sorbonne en Robina. Het schade model kon niet worden gefit vanwege de grote variantie in de data en de korte P_i -reeks.



Figuur 12 De relatie tussen Pi en versgewicht van de bolwortels (FWBR) per cultivar

3.8 Populatie dynamica.

De adulte en juveniele aaltjes zijn apart geteld in de organische fractie. Uit de gegevens blijkt dat de verhouding tussen adult en juveniele aaltjes ongeveer 1 op 5 is (figuur 13). De spreiding is echter groot. Deze verhouding komt overeen met ongepubliceerde data (jaarverslagen WUR) uit de jaren 1960-1970.



Figuur 13 De frequentieverdelingen van de fractie volwassenen in de organische fractie van de Pf. Ofschoon de variatie groot is, ligt de mediaan in de buurt van eerdere waarnemingen bij WUR.

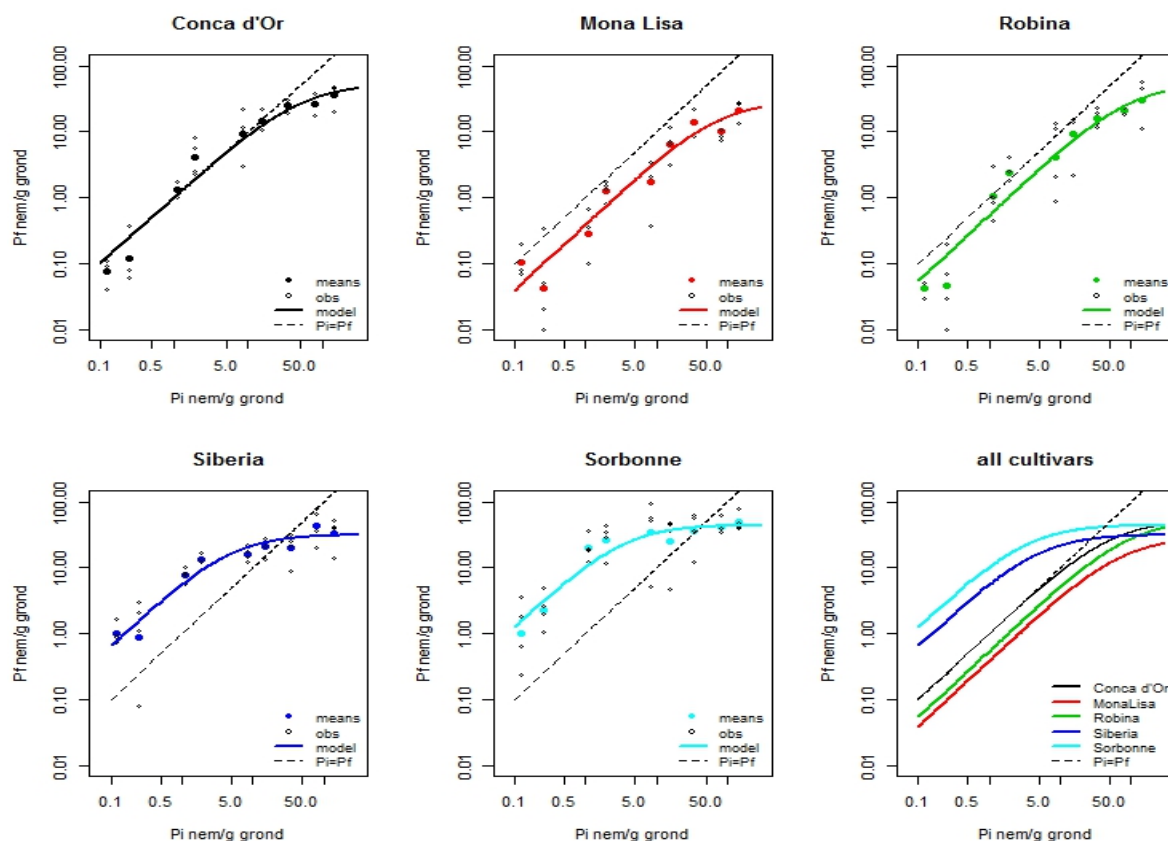
De variantie coëfficiënten van het maximale vermenigvuldigingsgetal a (cv a) zijn gelijk voor alle cultivars: 0.21-0.26 (tabel 4). Die voor M en cv M , zijn van dezelfde orde voor Siberia en Sorbonne. Voor de overige cultivars zijn ze echter zeer hoog. Dit wordt mede veroorzaakt door de te korte P_i -reeks.

Tabel 4 Samenvatting van de populatie dynamische parameters en hun variatiecoëfficiënten, voor het totaal van volwassenen + juvenielen).

Cultivar	a	M	cv a	cv M	R^2
Conca d'Or	1.04	53.23	0.21	0.47	0.96
Mona Lisa	0.39	29.01	0.26	0.71	0.93
Robina	0.55	50.11	0.26	0.78	0.94
Siberia	6.73	31.78	0.22	0.21	0.93
Sorbonne	13.30	44.62	0.23	0.20	0.92

De eerste drie cultivars in de tabel lijken op het moment van oogst een slechte waardplant te zijn vanwege de lage waarden van a .

Dit betekent een lage vermeerdering van de aaltjes bij lage P_i (dus wanneer er nog geen onderlinge concurrentie is). De waardplantstatus bij hogere P_i -waarden is van een andere orde. Alle cultivars hebben een maximale populatiedichtheid van 29 nematoden/g grond of hoger. Significantietsen hebben weinig zin hier vanwege de grote variantie in de populatiedynamische data. Figuur 14 geeft een grafische representatie van de afzonderlijke observaties, de gemiddelden en het gefitte model. Siberia en Sorbonne gedroegen zich in deze proef als een waardplant.



Figuur 14 De relatie tussen P_i en P_f in nematoden (adulten + juvenielen) per gram grond. De open rondjes zijn de observaties, de gesloten rondjes de gemiddelden per aaltjesdichtheid en de lijnen het gefitte model (model (2) in paragraaf 2.8). De grafieken laten zien dat voor Conca d' Or, Mona Lisa en Robina bij de hoogste P_i -waarde de maximale populatiedichtheid M nog niet was bereikt.

4 Discussie

4.1 Tolerantie voor schade en relatie met mate grofheid wortels

Waar mogelijk zijn schadeparameters bepaald. Voor alle cultivars veranderden plantlengte en ziftmaat niet of nauwelijks met toenemende Pi. Gevoeligheid voor *P. penetrans* heeft zich in deze proef niet geuit in deze eigenschappen.

Voor de relatie van Pi met het versgewicht van de afzonderlijke gewichten van de stengel- en bolwortels (met aanhangende grond) was het niet mogelijk om het schademodel te fitten. Dat kon wel voor de relatie Pi en het versgewicht van het totale wortelstelsel. Daaruit bleek dat *P. penetrans* het wortelstelsel, de voedingsbron van de aaltjes, maximaal 60% reduceert in deze proef.

Wat betreft het bolgewicht konden alleen de parameters van Siberia en Sorbonne worden geschat. *P. penetrans* reduceerde het bolgewicht naar schatting met maximaal 60% vanaf een Pi-waarde van 2 nematoden per gram grond. Dat komt goed overeen met het wortelgewicht. Deze fijnwortelige cultivars zijn daarom niet tolerant te noemen. De tolerantie van de grofwortelige cultivars kon niet worden geschat.

4.2 Waardplantstatus

De cultivars Conca d'Or, Mona Lisa en Robina hadden bij de oogst populatie-dichtheden die gelijk of kleiner waren dan de geïnoculeerde populatiedichtheden. Deze drie cultivars hebben op dat moment een slechte waardplant status, die zich onder andere uit in de lage waarden van a (= lage vermeerdering bij lage aaltjesdichtheden) (Tabel 4). Siberia, in de proef van 2010 ook als slechte waard benoemd, lijkt hier een betere waard met een hogere a dan de eerder genoemde rassen. Dit verschil met de proef van 2010 kan op de volgende manieren worden verklaard:

- Vanwege de zeer grote variantie in de Pf tussen de herhalingen in 2012
- Vanwege de langere groeiperiode in dit experiment (19 weken in proef 2012, t.o.v. 15 weken in proef van 2010), waardoor vooral voor Siberia het stengelwortelgewicht relatief hoog was. Dit stengelwortelgewicht is echter niet allesbepalend voor de eind Pf.
- De stochastische van de parameterbepalingen; door toeval worden tussen twee experimenten altijd verschillende waarden gevonden.
- Waarschijnlijk bevonden de planten van de verschillende cultivars zich in verschillende ontwikkelingsstadia.

De waardplantstatus bij hogere Pi-waarden is van een andere orde. Alle cultivars hebben een maximale populatiedichtheid M van 29 nematoden/g grond of hoger bij hoge Pi-waarden. Omdat er verschillende leliecultivars met verschillende eigenschappen zijn gebruikt, waren de cultivars op het moment van de oogst waarschijnlijk in verschillende fasen van ontwikkeling. Daarom kan aan de waarden van a en M in tabel 4 geen doorslaggevende betekenis worden gehecht voor een vergelijking van de waardplantstatus van deze cultivars. Vooral de ontwikkeling van de wortels – stengelwortels en bolwortels – is betekenisvol voor de populatiedynamica van *P. penetrans* gedurende en na de teelt van lilies. Daarom is het jammer dat weinig kwantitatieve informatie beschikbaar is over de groei en ontwikkeling van deze beide plantendelen. Met andere woorden uit deze proef blijkt dat er momenteel een duidelijk gebrek is aan een groeimodel dat de ontwikkeling van verschillende plantendelen van de verschillende cultivars duidelijk beschrijft zodat de interpretatie van de metingen kan worden verbeterd.

Uit veldproeven met aardappel, schorseneer, peen en mais is bekend dat onmiddellijk nadat de omvang van het wortelstelsel zijn maximum heeft bereikt, de aaltjespopulatie van *P. penetrans*, nog voor de oogst, exponentieel gaat dalen totdat een bepaald, constant niveau is bereikt (Pudasaini, 2006).

Dat niveau blijft gehandhaafd tot het volgende voorjaar. Het is aannemelijk dat dit ook geldt voor lelies. Wat de gevolgen zijn voor de populatiedynamica van *P. penetrans* op lelie als de stengelwortels voor de oogst in omvang afnemen en de aaltjes meer zijn aangewezen op de bolwortels is nu onduidelijk. Evenmin is bekend in welke mate de aaltjespopulatie afneemt wanneer de bolwortels eenmaal hun maximale omvang hebben bereikt en wat de functie van beide worteltypen is als voedingsbron voor de aaltjes. Ook ontbreekt kwantitatieve kennis over de variatie in omvang van beide worteltypen in verschillende lelie cultivars. Voordat een vereenvoudigde waardplantgeschiktheid toets van lelie voor *P. penetrans* kan worden ontwikkeld moeten deze aspecten van het groei-model van de verschillende leliecultivars duidelijk zijn en ook hun relatie met de populatiedynamica van *P. penetrans*.

4.3 Verband tussen waardplantstatus en mate van grofheid wortels

Op het eerste gezicht lijkt er een correlatie te zijn tussen Pf en fijnworteligheid (namelijk dat de fijnwortelige cultivars een hogere a hebben dan de grofwortelige). Er is echter een aantal kanttekeningen:

- De leliecultivars waren bij de oogst waarschijnlijk in verschillende fasen van ontwikkeling. Het is onduidelijk wat de populatiedynamische parameters zullen zijn als ze hun eindstadium van ontwikkeling hebben bereikt. Evenmin is duidelijk van welke groeifactoren dit afhangt.
- De populatiedynamische data in deze proef zijn aan zeer grote variantie onderhevig. Daarom moeten deze resultaten met de nodige reserve worden beschouwd.

4.4 Mona Lisa

Aan de resultaten van Mona Lisa kunnen geen conclusies worden verbonden, omdat deze planten zich niet goed hebben ontwikkeld. Het bolgewicht en de ziftmaat namen nauwelijks toe en het gewicht van de stengelwortel was nihil.

De geringe lengte van Mona Lisa ten opzichte van de andere cultivars komt wel overeen met de ervaringen in de praktijk. Mona Lisa is namelijk een potlelie die normaal maximaal 50 cm hoog wordt. In deze proef werd Mona Lisa bij $P_i=0$ slechts maximaal 18 cm hoog. Ook de andere cultivars werden minder hoog dan gebruikelijk in de praktijk. De groeiomstandigheden waren kennelijk niet optimaal.

5 Conclusies

- Door de grote variatie in de proef en omdat de cultivars in waarschijnlijk in verschillende ontwikkelingsstadia verkeerden, is er nu nog geen duidelijke uitspraak te doen over de waardplantstatus en tolerantie voor schade van de vijf geteste cultivars.
- Om dezelfde redenen is het nog niet duidelijk of er een verband bestaat tussen mate van grofheid van de wortels en waardplantstatus en/of tolerantie voor schade. Duidelijk was wel dat de fijnwortelige cultivars niet tolerant waren voor afname van bolgewicht. Aan de hand van deze proef konden de eerste stappen van de toetsontwikkeling (keuze beperkt aantal Pi's en referentiecultivars) niet gezet worden.
- In deze proef waren er wel verschillen in waardplantstatus tussen de cultivars aanwezig, tenminste wat de vermeerdering bij zeer lage aaltjesdichtheden betreft, maar het is onduidelijk of deze consistent zijn of alleen te wijten aan verschillen in ontwikkeling. Daarvoor is een groeimodel voor lelie nodig en vooral van de stengel- en bolwortels.
- Verschillen in plantlengte en ziftmaat bij oogst lijken vooral bepaald te worden door cultivar en werden niet of nauwelijks beïnvloed door de Pi.

6 Aanbevelingen

Voordat verder gewerkt kan worden aan de ontwikkeling van een goedkope toetsmethode, is het nodig om het systeem aaltjes, lelies, wortelrot veroorzakende organismen beter te begrijpen. Een kwantitatief groeimodel voor de belangrijkste leliecultivars is dringend noodzakelijk om zinvolle toetsen voor tolerantie en waardplantgeschiktheid te kunnen uitvoeren (*Schomaker et al., 2006*). Vooral de ontwikkeling van stengel- en bolwortels en hun betekenis voor de aaltjesontwikkeling is van groot belang. Siberia heeft veel stengelwortels in deze proef. Hoe goed kunnen de aaltjes zich op beide typen wortels vermeerderen? Als de stengelwortels afsterven, waar gaan die aaltjes dan heen? (want de bolwortels zijn op dat moment ook al oud).

Ook de rol van andere aaltjessoorten dan wortellesieaaltjes en schimmels op opbrengstverliezen in lelie moet dringend nader worden onderzocht.

Naast verbeterde potproeven zijn verificaties van parameter verschillen in het veld onontbeerlijk. Dit vergt een aanzienlijke inspanning om variantie binnen de perken te houden (*Been et al., 2006*).

De samenwerkende onderzoekslaboratoria moeten hun onderzoeksmethoden beter afstemmen om de variantie in gezamenlijke experimenten te beperken.

7 Literatuurlijst

| Anonymus 2013: An Introduction to R. A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 3.0.0 Patched

Pudasaini, M.P. 2006. Interaction between the root lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*, and field crops.

Seinhorst 1954-1981: Jaarverslagen Instituut voor Plantenziektenkundig onderzoek, Wageningen.

Schomaker, C.H. & Been, T.H. (2006). Plant Growth and Population Dynamics. In: Perry, R.N & Moens, M. (Eds). Plant Nematology CABI 2006, 568pp

Been, T.H. & Schomaker, C.H. (2006) Distribution Patterns and Sampling. In: Perry, R.N & Moens, M. (Eds). Plant Nematology CABI 2006, 568pp

Bijlage 1: Keuze van de te toetsen cultivars

Volgens projectvoorstel zouden we toetsen: 'Siberia' en de 4 belangrijkste leliecultivars (qua areaal). Volgens de BKD site is de top-5 qua areaal in 2011: Siberia, Sorbonne, Litouwen, Robina en Conca d'Or. SBO keurde het voorstel goed onder de voorwaarde dat: "voorafgaand aan het onderzoek praktijkkennis bij zowel teelt- als handelsbedrijven wordt verzameld. Deze kennis dient nadrukkelijk te worden meegenomen in het onderzoek. Ook dient aandacht te worden besteed aan het effect van het wortelstelsel (fijne versus grove wortels) op de gevoeligheid voor *P. penetrans*."

Informatie die Hans Kok (PPO) kreeg vanuit de praktijk (maart 2012) i.v.m. *P. penetrans*, aangevuld met info uit eigen proeven:

Cultivar / type	Informatie van	Gevoeligheid/waardplantstatus	wortelgestel	Areaal 2010 *	Areaal 2011 *
Sorbonne	VWS	gevoelig	?	156	167
Sorbonne	V. Gent v/d Meer Nuyens	gevoelig	?		
Sorbonne	?	Veel problemen	?		
OT hybriden	V. Gent v/d Meer Nuyens	Minst gevoelig	grof	Robina: 70 Conca d'Or: 62	Robina: 75 Conca d'Or: 73
OT hybriden	André Conijn	Niet minder vatbaar voor Pp, maar wel minder gevoelig			
Universe	V. Gent v/d Meer Nuyens	gevoelig	grof	14	17
Crystal Blanca	V. Gent v/d Meer Nuyens	gevoelig	grof	35	39
Activa	V. Gent v/d Meer Nuyens	gevoelig	fijn	16	18
Mona Lisa	V. Gent v/d Meer Nuyens	gevoelig	grof	6	6.5
	v/d Bos Flowerbulbs	Weet niet			
	Van Zanten	Weet niet			
Siberia	Proef PPO/PRI	Slechte waardplant	fijn	162	187
Stargazer	Proeven PPO	Goede waardplant	fijn	29	23

* volgens site BKD

Over waardplantstatus (= hoe goed het aaltje zich op een cultivar kan vermeerderen) werd weinig informatie verkregen, vooral over gevoeligheid voor schade, dus daarop vooral de keuze gebaseerd. Geprobeerd zoveel mogelijk verschillen mee te nemen in de proef: fijn/grof worteligheid en gevoelig/minder gevoelig voor schade en waar mogelijk waardplantstatus betrokken. Verder binnen die groepen gekozen voor cultivars met grootste areaal. Gekozen voor (in rood, de cultivars die uiteindelijk verkregen zijn):

1. fijnwortelig, slechte waardplant, gevoelig: **Siberia**
2. fijnwortelig, goede waardplant, gevoelig: Stargazer, indien niet verkrijgbaar: **Sorbonne** (hiervoor vermoeden we hetzelfde)
3. grofwortelig, vermoedelijk gevoelig: Universe, Chrystal Blanca, of **Mona Lisa**
4. grofwortelig, vermoedelijk weinig gevoelig: O-T: **Robina**
5. grofwortelig, vermoedelijk weinig gevoelig: O-T: **Conca d'Or**

Bijlage 2 Voedingsoplossing voor lelie

Startschema	Mmol/l
EC	1,0
NH ₄	0,99
K	6,11
Ca	2,66
Mg	1,18
NO ₃	11,44
H ₂ PO ₄	0,99
SO ₄	1,18
Fe	19,7
Mn	7,89
Zn	3,15
Cu	0,59
Mo	0,39

Hiervoor 2 stock oplossingen maken

A-bak (stock 1) 25 l demi

Kalksalpeter 934 g
 Calciumnitraat -
 Ammoniumnitraat 95 ml
 Kalisalpeter 135 g

Fe-EDDHA 3 % 116 g

B-bak (stock 2) 25 l demi

Monokalifosfaat 220 g
 Bitterzout 492 g
 Kalisalpeter 735 g

Mangaansulfaat 4,2 g

Borax 5,96 g
 Kopersulfaat 0,5 g
 Natriummolybdaat 0,3 g

Maken voedingsoplossing:

1 deel Stock 1 + 1 deel stock 2 + 100 delen water.

Bewaren voedingsoplossing kan heel seizoen, maar wel in donker (anders algengroei)