



actieplan
aaltjesbeheersing

Waardplantgeschiktheid nieuwe groenbemesters voor plant parasitaire aaltjes

J.H.M. Visser & L.P.G. Molendijk



Waardplantgeschiktheid nieuwe groenbemesters voor plant parasitaire aaltjes

J.H.M. Visser & L.P.G. Molendijk

Onderzoek naar waardplantengesiktheid van nieuwe groenbemesters (rassen) voor het maïswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*, het bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje *M. fallax* en het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans*

© 2015 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 Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

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



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW



Projectnummer: 3250213400

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH, Lelystad
Tel. : +31 320 291 111
Fax : +31 320 230 479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
1.1	Doelstelling	5
2	OPZET EN UITVOERING	7
2.1	Selectie groenbemers	7
2.2	Potproeven	9
2.3	Veldproef	10
2.3.1	Opzet veldproef	10
2.3.2	Uitvoering veldproef	11
2.4	Aaltjesbemonstering veldproef	14
2.5	Statistische analyse	14
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE	15
3.1	Potproeven	15
3.1.1	Wortelsteelt (<i>Pratylenchus penetrans</i>)	15
3.1.2	Maïswortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne chitwoodi</i>)	16
3.1.3	Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne fallax</i>)	17
3.2	Veldproef	19
3.2.1	Effect op <i>M. chitwoodi</i> besmetting	19
3.2.2	Opbrengst en kwaliteit volggewas aardappel	21
4	CONCLUSIES	25
	BIJLAGE 1 SAMENVATTING DESKSTUDIE CROTALARIA	27
	BIJLAGE 2 ALGEMEEN BODEMVRUCHTBAARHEIDSANALYSE	29

1 Inleiding

Veel problemen met aaltjes kunnen beperkt of zelfs voorkomen worden door een goed gekozen vruchtwisseling die is afgestemd op de aanwezige aaltjes besmetting. Ook groenbemesters spelen daarbij een belangrijke rol. Groenbemesters zijn onmisbaar om de bodem in goede conditie te houden. Een groenbemester levert organische stof aan de bodem, verbetert de bodemvruchtbaarheid en bevordert een goede structuur. Door de teelt van een groenbemester worden nutriënten vastgelegd, die weer beschikbaar komen voor een volggewas en wordt uitspoeling van deze nutriënten voorkomen. Maar een groenbemester kan ook schadelijke aaltjessoorten vermeerderen waardoor de teelt van een volggewas met een (veel) hogere, en mogelijk schadelijke, besmetting begint.

De vraag naar (nieuwe) groenbemesters wordt vanuit de sector steeds groter. Het is van groot belang om de waardplantstatus van groenbemesters (rassen) voor de verschillende plantparasitaire aaltjessoorten te kennen, zodat telers op basis van de aanwezige aaltjesbesmetting de beste groenbemester kunnen kiezen. De waardplantstatus geeft aan hoe sterk een aaltjessoort zich op een bepaald gewas kan vermeerderen. De laatste jaren komen er wel nieuwe groenbemesters (bijv. bladkool, zwaardherik, Japanse haver) maar ook nieuwe rassen binnen de bestaande gewassen, zoals nieuwe bladrammenasrassen en gele mosterdrassen, op de markt. Betrouwbare gegevens over de waardplantgeschiktheid van deze nieuwe groenbemesters ontbreekt vaak. Dit bemoeilijkt de advisering en de keuze van de teler zeer.

Het productschap akkerbouw heeft vlak voor de opheffing in haar laatste onderzoeksrunde daarom opdracht gegeven voor een aantal van deze nieuwe gewassen/rassen helderheid te scheppen over de waardplantstatus.

1.1 Doelstelling

Doel van het project is om voor een set van nieuwe groenbemestersgewassen c.q. rassen de waardplantgeschiktheid voor een aantal belangrijke plantparasitaire aaltjessoorten vast te stellen. Gekozen is om het onderzoek te starten met drie voor de akkerbouw belangrijke aaltjessoorten; het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*) het bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje (*M. fallax*) en het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*).

Als de waardplantstatus van nieuwe groenbemesters bekend is, kan op een besmet perceel een betere gewaskeuze worden gemaakt en kan het bouwplan zodanig worden samengesteld dat de schade door aaltjes wordt voorkomen of sterk wordt beperkt.

2 Opzet en uitvoering

Het project is in drie stukken op te splitsen;

- Zomer 2011: Selecteren van interessante nieuwe groenbemestersgewassen en – rassen waarvan betrouwbare informatie over de waardplantgeschiktheid voor belangrijke plant parasitaire ontbreekt.
- Najaar 2011: In kasproeven de waardplantgeschiktheid van deze groenbemesters toetsen. Degelijke potproeven geven een goede eerste indruk van de waardplantstatus.
- De meest perspectiefvolle gewassen vervolgens in een veldproef onderzoeken waarbij:
 - 2012) het effect van de teelt van de groenbemesters op het aantal doel-aaltjes in de grond wordt bepaald
 - 2013 het effect op een gevoelig volgewas wordt gemeten.

2.1 Selectie groenbemesters

In juli 2011 zijn (veredelings)bedrijven benaderd met het verzoek om interessante nieuwe groenbemestersgewassen en/of -rassen voor dit waardplantgeschiktheidsonderzoek aan te melden. Nieuwe (al beschikbare) gewassen/rassen waarvan de waardplantgeschiktheid voor belangrijke aaltjessoorten niet bekend is, of gewassen/rassen waarvan de verwachting was dat ze binnen enkele jaren op de markt zouden komen, konden worden aangemeld.

PPO agv heeft alle aanmeldingen verzameld en vervolgens, in overleg met de bedrijven, een eindlijst samengesteld met de meest interessante groenbemesters voor dit waardplantgeschiktheidsonderzoek. In tabel 1 staat een overzicht van de objecten die in de verschillende potproeven zijn getoetst. In overleg met de begeleidingscommissie van het AaltjesActieplan is besloten om de potproeven uit te voeren met de aaltjessoorten *M. chitwoodi* (maïswortelknobbelaaltje), *M. fallax* (bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje en *P. penetrans* (het Wortellesieaaltje). Niet elke groenbemester is tegen alle drie de aaltjessoorten getoetst. De waardplantgeschiktheid van de bladrammenasrassen RSAS 499 en Black Jack voor *P. penetrans* is getoetst omdat deze rassen, volgens het veredelingsbedrijf, mogelijk een minder goede waard voor *P. penetrans* zijn dan de gangbare bladrammenasrassen.

Het resistentieniveau van bladrammenasrassen voor *M. chitwoodi* wordt via een officiële toetsing vastgesteld en als één van de ras-eigenschappen vermeld in de rassenlijst. Het ras Radical is één van de referentie rassen in deze toetsing. De rassen Doublet en Melotop bezitten een hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi*. De mate van resistentie tegen *M. fallax* is onduidelijk. Om hierover een eerste indruk te verkrijgen zijn deze rassen opgenomen in de *M. fallax*-potproef en is het ras Radical als referentieras meegenomen.

Japane haver (*Avena strigosa*) staat bekend als een niet waard voor *P. penetrans*. Of er rasverschillen bestaan is niet duidelijk. Ook de waardplantgeschiktheid voor *M. fallax* is niet bekend. De waardplantstatus van Japanse haver voor *M. chitwoodi* is niet onderzocht omdat uit eerder uitgevoerde proeven onderzoek, met meerdere rassen, al is gebleken dat dit gewas een zeer goede waard is voor *M. chitwoodi*.

Op basis van de conclusies van een deskstudie naar de mogelijkheden van Bengaalse hennep (*Crotalaria juncea*) als groenbemester is de waardplantstatus van Borago en een aantal *Crotalaria* soorten in deze potproeven onderzocht. De samenvatting van het rapport dat geschreven is naar aanleiding van deze deskstudie is opgenomen als bijlage 1: T. Thoden & G. Korthals, 2011. Effecten van *Crotalaria juncea* (Bengaalse hennep) op wortelknobbelaaltjes.

Tabel 1. **Overzicht groenbemesters gewassen/rassen, waardplantgeschiktheidsonderzoek voor *Meloidogyne chitwoodi* (Mc), *M. fallax* (Mf) en *Pratylenchus penetrans* (Pp).**

gewas	ras	aangemeld door:	Mc	Pp	Mf
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	RSAS 499	Joordens zaden		X	
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Black Jack	Lammers SeedOptions		X	
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Doublet	Joordens zaden			X
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Melotop	Petersen Saatsucht			X
<i>Brassica napus</i> (bladkool)	Sparta	Joordens zaden			X
<i>Raphanobrassica</i>	Yellowstone	Lammers SeedOptions	X	X	X
<i>Raphanobrassica</i>	Wintergreen	Lammers SeedOptions	X	X	X
<i>Eruca sativa</i> (zwaardherik)	Trio	Joordens zaden	X	X	X
<i>Eruca sativa</i> (zwaardherik)	Nemat	Alliance	X	X	X
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Exito	VandijkeSemo		X	X
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Luxurial	Innoseeds		X	
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Pratex	Petersen Saatsucht		X	X
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Silke	Limagrain		X	
<i>Tagetes patula</i> (afrikaantjes)	Ground control	PPO agv			X
<i>Vicia villosa</i> (winter wikke)	Hungvillosa	PPO agv	X	X	X
<i>Vicia faba</i> (winterboon)		VandijkeSemo	X	X	X
<i>Boraginaceae</i> (Borago)		(Crotalaria project)	X	X	X
<i>Crotalaria juncea</i> (bengaalse hennep)	IAC 1	(Crotalaria project)	X	X	
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Comum	(Crotalaria project)	X	X	
<i>Senecio inaequideus</i> (kruiskruid)	(wegberm)	(Crotalaria project)	X	X	
braak (referent)		referentie object	X	X	X
Tomaat (ref. Mc en Mf)	Moneymaker	referentie object	X		X
Bladrammenas (ref. Pp)	Colonel	referentie object		X	X
Bladrammenas (ref. Mf)	Radical	referentie object			X

2.2 Potproeven

In overleg met de begeleidingscommissie van het AaltjesActieplan is besloten om de waardplantgeschiktheidsproeven uit te voeren met *M. chitwoodi*, *M. fallax* en *P. penetrans*. Drie voor de akkerbouw belangrijke (schadelijke) aaltjessoorten. De potproeven met *M. chitwoodi* en *P. penetrans* zijn uitgevoerd in het najaar van 2011. Omdat de resultaten van de potproef-*P. penetrans* geen aanleiding gaven om ook gewassen in het veld te toetsen op waardplantgeschiktheid voor *P. penetrans* is in het najaar van 2013 een potproef met *M. fallax* uitgevoerd. De potproeven zijn uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden in klimatkassen van PPO-agv in Lelystad.

Eén a twee weken oude zaailingen, opgekweekt in zilverzand, zijn verspeend in 500 ml potjes gevuld met zilverzand. Per pot zijn vier zaailingen geplant (zie foto 1). Direct na het verplanten zijn de potjes geïnoculeerd met juveniele van *M. chitwoodi* (525 J2/100 ml grond), *P. penetrans* (315 J2/100 ml grond) of *M. fallax* (365 J2/100 ml grond).

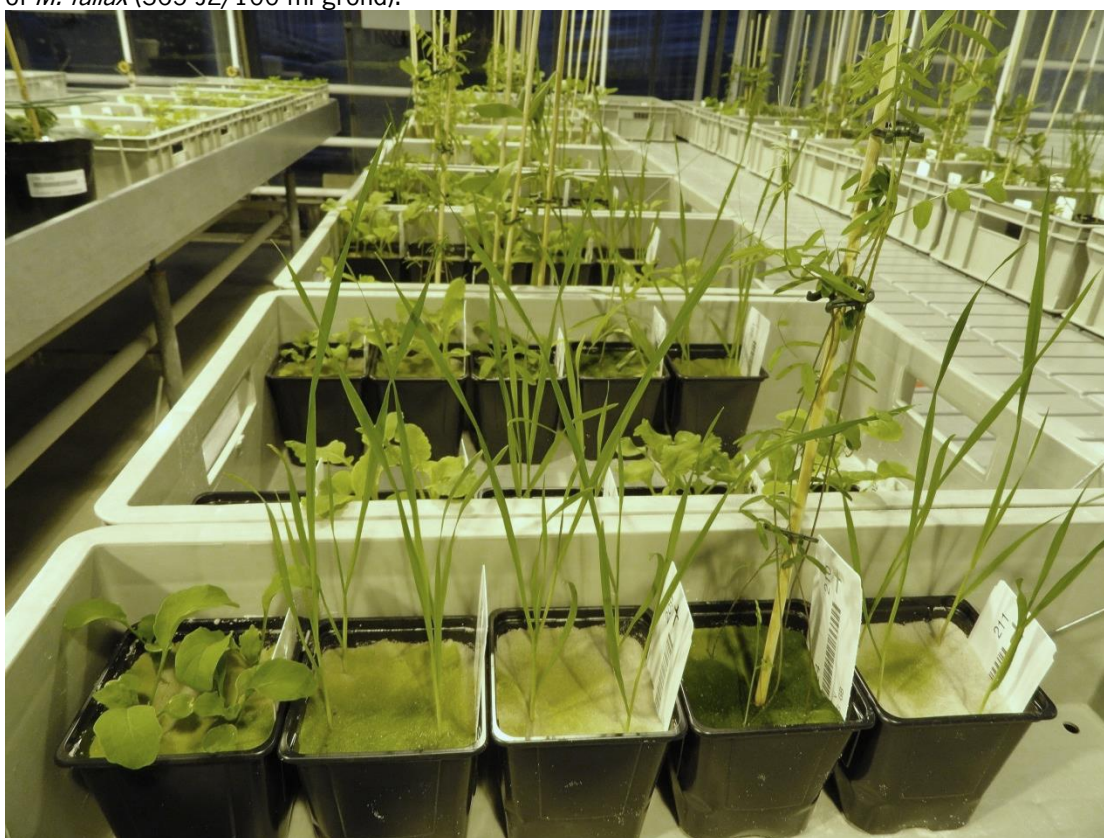


Foto 1. Potproef waardplantgeschiktheid groenbemers.

Zeven weken na inoculatie zijn de proeven afgebroken. Loof- en wortelgewicht en aaltjesbesmetting zijn bepaald. Het effect van de groenbemers op de aaltjesbesmetting wordt vergeleken met de referentie objecten braak en een positieve referent, een gewas dat een goede waard is voor de betreffende aaltjessoort. In de *M. chitwoodi*- en *M. fallax* potproeven is tomaat cv. Moneymaker als goede waard opgenomen. In de *P. penetrans*-proef is bladrammenas cv. Colonel de positieve referent. Bij het referentie object braak is een aaltjesanalyse aan een submonster van 200 ml grond uitgevoerd. Bij de gewassen is de aaltjesbesmetting in het wortelstelsel bepaald en is er geen analyse van de grond uitgevoerd. Ervaring is dat zes a zeven weken na inoculatie 95% van de besmetting in het wortelstelsel aanwezig is. De proeven zijn uitgevoerd volgens PPO agv protocol 23.4.1, als gewarde blokkenproeven in acht herhalingen. Details van de proeven zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. **Detail potproeven waardplantgeschiktheidsonderzoek groenbemers, PPO agv Lelystad 2011-2013.**

Kasomstandigheden	
Temperatuur	24°C (tussen 6:00 en 20:00 uur) 18 °C (tussen 20:00 en 6:00 uur)
licht	10.000 lux (6:00 en 20:00 uur)
potvolume	500 ml
grondsoort	Zilverzand
bemesting	25 ml Kristalon-oplossing (2 g Kristalon/l), wekelijks
planten per pot	Vier zaailing/pot
teeltduur	Zeven weken (na verspenen/inoculatie)
Herkomst populatie	
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	Rips
<i>Meloidogyne fallax</i>	Baexem
<i>Pratylenchus penetrans</i>	Onbekend
Inoculumdichtheid	
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	525 J ₂ /100 ml grond
<i>Meloidogyne fallax</i>	365 J ₂ /100 ml grond
<i>Pratylenchus penetrans</i>	315 J ₂ /100 ml grond
Referentie objecten	
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	Tomaat cv Moneymaker
<i>Meloidogyne fallax</i>	Tomaat cv Moneymaker
<i>Pratylenchus penetrans</i>	Bladrammenas cv Colonel
Bepaling eindbesmetting	
Aaltjesanalyse grond	200 ml grond spoelen met Seinhorst-kan
Aaltjesanalyse wortelstelsels	Zes weken mistkast incubatie

2.3 Veldproef

Alleen in de *M. chitwoodi*-potproef kwamen gewassen naar voren die een hoog niveau van resistentie lijken te hebben en om die reden interessant waren om ook in een veldproef te toetsen.

De resultaten van de potproef *P. penetrans* waren minder perspectiefvol (geen gewassen met een lage vermeerdering). Aanvullend veldonderzoek voor *P. penetrans* was daarom niet zinvol. In plaats van de geplande veldproef *P. penetrans* is in 2013 een potproef met *M. fallax* uitgevoerd.

2.3.1 Opzet veldproef

De *M. chitwoodi* veldproef is uitgevoerd op een perceel in Vredepeel (Noord-Limburg), met een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting. Algemene informatie over het proefveld is opgenomen in tabel 3. De volledige resultaten van de bodemvruchtbaarheidsanalyse zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 3. **Algemene informatie *M. chitwoodi* proefveld, Vredepeel.**

Locatie	Vredepeel (Noord Limburg), perceel "vd Heuvel"
Grondsoort	zand
Organisch stofgehalte (%)	4,4
pH-KCl	5,6
N-leverend vermogen (kg N/ha)	38
PW (mg P ₂ O ₅ /L)	95
K-getal	22
Voorvrucht	Aardappel + japanse haver(Pratex)

Het resistentieniveau wordt onderzocht door: 1) het effect van de teelt van de groenbemesters op het aantal *M. chitwoodi* aaltjes in de grond te bepalen en 2) het effect op het gevoelige volggewas aardappel te meten. De teelt van een vatbaar aardappelras na groenbemesters is een gevoelige toets methode om kleine verschillen in *M. chitwoodi*-besmettingen, die te verwachten zijn na de teelt van hoog resistente gewassen, te meten.

Op basis van de potproef *M. chitwoodi* zijn vijf gewassen geselecteerd voor toetsing in de veldproef (zie tabel 4). De groenbemesters zijn in een zomerteelt geteeld.

Voorafgaand aan het zaaien van de groenbemesters (eind mei 2012), na beëindiging van de teelt in het najaar en in het daarop volgende voorjaar (april 2013) voorafgaand aan het poten van de aardappelen is de dichtheid van de *M. chitwoodi* populatie bepaald. De toe- of afname van de populatie bij de teelt van de groenbemesters wordt gerelateerd aan de referenten; zwarte braak en Japanse haver cv. Pratex. Zwarte braak is in de proef opgenomen om de natuurlijke sterfte van de *M. chitwoodi* populatie, in een periode zonder waardgewas, te bepalen. Positieve referent is Japanse haver, een gewas dat een goede waardplant is voor *M. chitwoodi*. Daarnaast is bladrammenasras Radical als referentie-gewas aan de veldproef toegevoegd. Radical wordt als referentie-ras gebruikt in de officiële *M. chitwoodi*-bladrammenasras resistentietoets.

Het jaar na de teelt van de groenbemesters is in 2013 het voor *M. chitwoodi* gevoelige aardappelras Asterix als toetsgewas geteeld. In oktober zijn de aardappelen geoogst en zijn opbrengst en mate van knolaantasting door *M. chitwoodi* bepaald.

De proef is uitgevoerd als een blokken proef met vijf herhalingen, waar binnen elk blok de objecten geward zijn aangelegd.

2.3.2 Uitvoering veldproef

2.3.2.1 Teelt groenbemesters

In 2011, het jaar voorafgaand aan het waardplantgeschiktheidsonderzoek zijn op het proefveld aardappelen gevolgd door Japanse haver als groenbemester geteeld. Zowel aardappel als Japanse haver zijn goede waard voor *M. chitwoodi*.

In het voorjaar van 2012 zijn de gewasresten van de groenbemester japanse haver ingewerkt. Enkele dagen voor het zaaien van de groenbemesters is het proefveld circa 25 cm diep gespuit.

De groenbemesters zijn eind mei, met een Thilot handzaaimachine gezaaid (zie tabel 4). Direct voorafgaand aan het zaaien is in alle plots een aaltjesmonster gestoken. Enkele dagen na het zaaien is het proefveld bemest met 370 kg/ha KAS (100 kg stikstof). Onkruid is waar mogelijk chemisch en handmatig bestreden. Begin september begonnen de gewassen Borago, Zwaardherik en Japanse haver af te sterven. Eind september zijn deze gewassen geklepeld, gewasresten van de veldjes verwijderd en is de stoppel licht ingefreesd. Direct hierna is de nabemonstering in deze objecten en in de braak-veldjes uitgevoerd. Eind oktober is de teelt van de overgebleven groenbemesters (bladrammenas en Raphanobrassica) afgebroken. Gewassen zijn geklepeld, gewasresten verwijderd, stoppel ingewerkt en nabemonstering uitgevoerd. Ook in de braak-veldjes is weer een nabemonstering uitgevoerd.

Tabel 4. **Proefveldgegevens waardplantgeschiktheidsonderzoek groenbemesters voor *M. chitwoodi*, Vredepeel 2012.**

Objecten	ras	Zaaidichtheid
Japane haver (<i>Avena strigosa</i>)	Pratex	90 kg/ha
Bladrammenas (<i>Raphanus sativus</i>)	Radical	30 kg/ha
Raphanobrassica	Yellowstone	28 kg/ha
Raphanobrassica	Wintergreen	17 kg/ha
Zwaardherik (<i>Eruca sativa</i>)	Nemat	8 kg/ha
Zwaardherik (<i>Eruca sativa</i>)	Trio	8 kg/ha
Borago	Borago	50 kg/ha
Zwarte braak	—	—

Bruto veldje	6 x 6 m
Netto veldje; aaltjesbemonstering	1,5 x 2,7 m
Pi bemonstering	21 mei 2012
Pf-1 bemonstering	25 sept, 30 okt 2012
Pf-2 bemonstering	23 april 2013
Zaaidatum	22 mei 2012
Teelt beëindiging	25 sept, 29 okt 2012

2.3.2.2 Teelt toets-gewas aardappel

In 2013, het jaar na de teelt van de groenbemesters, is het toetsgewas aardappel geteeld.

Begin april is het proefveld bemest met 500 kg/ha K-60 en 55 kg/ha KAS.

Eind april is het proefveld 25 cm diep gespit en is de aaltjesbemonstering uitgevoerd. Vervolgens zijn de aardappelen cv. Asterix op een plantafstand van 0,75 x 0,38 cm gepoot (zie tabel 5).

Bij het poten is een Moncereen behandeling uitgevoerd.

De aardappelen zijn zoals gangbaar is voor de regio Zuidoost-Nederland geteeld. Gewasbehandelingen zoals bemesting, beregening en gewasbescherming zijn volgens gangbare praktijkadviezen uitgevoerd. Eind juni is bijbemest met 200 kg/ha KAS. Het proefveld is begin en eind juli beregend (20 mm).

Gedurende de teelt zijn gewaswaarnemingen uitgevoerd. Opkomst, percentage bodembedekking en afsterven van het gewas zijn beoordeeld.

Eind oktober zijn de aardappelen mechanisch geoogst en is de bruto opbrengst per netto veldje (4 rijen x 4,5m) bepaald. De aardappelen zijn vervolgens gesorteerd op diameter; < 30mm, 30-50 mm en >50mm en per sortering is het gewicht bepaald. Een representatief monster van 5 kg is genomen voor het vaststellen van het onderwatergewicht, wat een maat is voor het zetmeelgehalte.

Tabel 5. **Proefveldgegevens teelt toets gewas aardappel na groenbemesters, Vredepeel 2013.**

Ras	Asterix
Pootafstand	30 cm
Rij-afstand	75 cm
Pootdatum	24 april 2013
Oogstdatum	28 oktober 2013
Pf-2 bemonstering	23 april 2013
Bruto veldje	6 x 6 m
Netto opbrengstveldje	3 x 4,5 m
Opbrengst- en kwaliteitsbepalingen	veldgewicht (bruto opbrengst)
	gewicht sortering < 30 mm
	gewicht sortering 30 – 50 mm
	gewicht sortering > 50 mm
	knolaantasting (zie tabel 6)

De mate van knolaantasting door *M. chitwoodi* is bepaald door uit de totale opbrengst van een veldje aselekt dertig knollen te nemen en deze te beoordeeld op symptomen van *M. chitwoodi* – aantasting. De mate van aantasting is verdeeld in vijf klassen (zie tabel 6 en foto 2). De knollen zijn op basis van de mate van aantasting ingedeeld in deze klasse en het aantal knollen per klasse is geteld. Op basis van deze classificatie is volgens onderstaande formule de **KnolAantastingsIndex (KAI)** berekend.

$$KAI = \frac{((\# \text{ knollen klasse } 0 + 1) * 0) + (\# \text{ knollen klasse } 2 * 10) + (\# \text{ knollen klasse } 3 * 33) + (\# \text{ knollen klasse } 4 * 100)}{\text{totaal aantal beoordeelde knollen}}$$

Tabel 6. **Beoordelingsschaal voor knolaantasting van *Meloidogyne chitwoodi* bij aardappel.**

Klasse	symptomen (uitwendig)	ei-pakketten onder de schil
0	geen knobbels	nee
1	geen knobbels	ja
2	< 30 % knoloppervlakte aangetast	ja
3	30 – 100 % knoloppervlakte aangetast	ja
4	zwaar misvormd	ja

De index varieert van 0 (geen aantasting) tot 100 (zeer zwaar aangetast). Partijen consumptieaardappelen met een KnolAantastingsIndex tussen 0 en 10 worden over het algemeen goedgekeurd en kunnen zonder problemen worden verhandeld. Een index van 10 tot 20 kan problemen geven bij de tarrering en partijen met een index hoger dan 20 geven zeker problemen met de afzet, met name in jaren als er voldoende aardappelen op de markt zijn.

Voor aardappelpootgoed geldt echter een nultolerantie. Pootgoed moet vrij zijn van *M. chitwoodi*.



Foto 2. **Uitwendige (knobbels) en inwendige (ei-pakketten) symptomen van *Meloidogyne chitwoodi* bij aardappel.**

2.4 Aaltjesbemonstering veldproef

Voorafgaand aan het zaaien (vóórbemonstering; Pi), na het beëindigen van de teelt van de groenbemesters (nabemonstering; Pf-1) en voorafgaand aan de teelt van het toetsgewas aardappel (Pf-2) zijn grondmonsters genomen om de aaltjesbesmetting te bepalen. Per netto veldje (1,5 x 2,7m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor circa 1 liter grond verzameld. Uit elk grondmonster is een submonster van 200 ml genomen voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesbesmetting. Het 200 ml grondmonster is over een 180 μm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 μm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter. De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (> 180 μm) is vier (voorjaarsmonsters) of zes (najaar monsters) weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te rijpen en uit te laten komen.

In één op de vijf monsters zijn de aaltjes tot op soort gedetermineerd.

2.5 Statistische analyse

De data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows 16th edition.

De gegevens van de aaltjesbemonsteringen zijn, na 10Log transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. Door de 10Log transformatie worden de gegevens bij benadering normaal verdeeld. De op deze manier verkregen gemiddelden per object zijn weer terug-getransformeerd. Deze, via transformatie en terug-transformatie verkregen, objectgemiddelden worden aangeduid met de term 'medianen'. De verkregen medianen worden minder sterk beïnvloed door extremen dan rekenkundige gemiddelden. Voorafgaand aan het zaaien van de groenbemesters zijn er, als gevolg van de natuurlijke variatie binnen het proefveld, kleine verschillen in populatiedichtheid van *M. chitwoodi* tussen de plots waargenomen. Uit de statistische analyse van de aaltjesbesmettingen na de teelt (Pf) met Pi als co-variabele blijkt dat de verschillen in beginbesmetting (Pi) geen significant effect hebben gehad op de (gemiddelde) Pf-waarde van de objecten. In de tabellen zijn de resultaten van de statistische analyse zonder Pi als co-variabele weergegeven.

De overige data zijn geanalyseerd met ANOVA. Met de student T-test (Genstat procedure ATTEST) zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Wanneer de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de gevonden verschillen tussen de objecten betrouwbaar. Significante verschillen tussen objecten worden in de tabellen weergegeven door verschillende letters. Objecten met gemeenschappelijke letters zijn, met 95 % zekerheid, niet verschillend van elkaar.

3 Resultaten en discussie

In 2011 zijn de potproeven waardplantgeschiktheid *M. chitwoodi* en *P. penetrans* uitgevoerd. De resultaten van deze potproeven geven een indicatie van het niveau van resistentie. Bij een aantal gewassen is geen of maar een zeer lage vermeerdering van *M. chitwoodi* waargenomen (zie 3.1.2). Deze gewassen zijn in 2012-2013 in een veldproef verder getoetst (zie 3.2). Uit de potproef *P. penetrans* kwamen geen gewassen naar voren die interessant genoeg waren om ook in een veldproef te onderzoeken (zie 3.1.1). In plaats van deze geplande veldproef is in 2013 een potproef waardplantgeschiktheid *M. fallax* uitgevoerd (zie 3.1.3).

3.1 Potproeven

In de potproeven zijn de referentie-objecten braak en een gewas dat een goede waard is voor de betreffende aaltjessoort opgenomen. De goede waard dient als controle voor de proefomstandigheden. Vindt er geen of een zeer slechte vermeerdering op dit gewas plaats dan betekent dit dat de proefomstandigheden niet goed zijn geweest en kan de proef als “mislukt” worden beschouwd. Een braak-object is in de proeven opgenomen om de natuurlijke sterfte te bepalen. Opgemerkt dient te worden dat de potproeven zijn uitgevoerd in zilverzand; zonder organische stof en actief bodemleven. De natuurlijke sterfte die in de potproeven is gemeten is daarom niet vergelijkbaar met de natuurlijke sterfte onder veldomstandigheden.

3.1.1 Wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*)

In tabel 7 zijn de resultaten van de potproef *P. penetrans* weergegeven. *P. penetrans* heeft zich op de goede waard bladrammenas sterk vermeerderd; vermeerderingsfactor (Pf/Pi) van bijna 3. Met uitzondering van de japanse haver rassen laten alle gewassen een vergelijkbare of nog sterkere vermeerdering zien dan op bladrammenas. De eindbesmetting van Raphanobrassica-Wintergreen, winterboon, *C. juncea* (bengaalse hennep) en winterwikke-Hungsvillosa is betrouwbaar hoger dan van bladrammenas. De overige gewassen, op de japanse haverrassen na, hebben een eindbesmetting die niet statistisch verschilt van bladrammenas.

De gewassen verschillen sterk in wortelontwikkeling. Winterboon en winterwikke hebben het hoogste wortelgewicht. De wortelontwikkeling is het laagst bij zwaardherik en de Crotalaria-soorten. Wanneer de vermeerdering wordt uitgedrukt in aantal aaltjes per gram wortel, dan is de vermeerdering het sterkst bij de zwaardherik-rassen en de Crotalaria-soorten.

Bij Japanse haver nam de besmetting met gemiddeld 35% af, echter minder sterk dan bij het braak object. Zoals al eerder genoemd is de afname, door natuurlijke sterfte, van *P. penetrans* bij de braak in deze potproef niet te vergelijken met een zwarte braak (natuurlijke sterfte) in het veld. In het veld kan een deel van de populatie enige tijd overleven in het organisch materiaal dat in de bodem aanwezig is. Resultaten van een aantal veldproeven en ervaringen vanuit de praktijk laten zien dat na een zomerteelt van japanse haver de afname van de *P. penetrans* besmetting vergelijkbaar/niet te onderscheiden is met/van de afname onder zwarte braak. Door de spreiding (variatie) in aaltjes-metingen van veldproeven is echter niet uit te sluiten dat mogelijk toch een zeer klein deel van de *P. penetrans* aaltjes kan vermeerderen (overleven) op japanse haver. Mogelijk dat in deze potproef een deel van de *Pratylenchus*-aaltjes, door de wortels binnen te dringen, de relatief korte teeltduur in deze potproef (6 weken) heeft kunnen overleven. Maar dat bij een langere teeltduur de afname wel vergelijkbaar is met de natuurlijke sterfte bij zwarte braak. In deze potproef is bij alle japanse haverrassen de afname van de besmetting circa 35%. De verschillen tussen de japanse haverrassen zijn relatief klein en statistisch niet betrouwbaar verschillend. De resultaten van deze potproef geven geen aanleiding om de waardplantstatus van japanse haver voor *P. penetrans* (niet-waard) te wijzigen.

Tabel 7. Resultaten potproef waardplantgeschiktheid *Pratylenchus penetrans*, 2011.

Gewas-ras	Wortelgewicht		Eindbesmetting <i>P. penetrans</i> *	
	(gr/pot)		(n/gr. Wortel)	(n/100 ml grond)
braak				29 a
japanse haver-Pratex	9.4	. . . d e . . .	118	a 185 . b
japanse haver_Luxurial	9.8	. . . . e . . .	126	a 201 . b
japanse haver_Silke	9.6	. . . d e . . .	131	a 209 . b
japanse haver-Exito	9.2	. . . d e . . .	156	a b 243 . b
C. spectabilis	2.3	a	2345	. . . . . h i 734 . . c
bladrammenas-Blackjack	6.1	. b c	763	. . . . . f . . . 739 . . c
blardammenas-RSAS499	6.7	. . c d	736	. . . . . e f . . . 746 . . c
borago	19.4	. . . . . f . .	250	. . c 779 . . c d . . .
zwaardherik-Nemat	3.5	a b	1513	. . . . . g . . 856 . . c d . . .
bladrammenas-Colonel	5.9	. b c	969	. . . . . f . . . 904 . . c d . . .
raphanobrassica_Yellowstone	8.3	. . c d e . . .	708	. . . . . e f . . . 911 . . c d . . .
zwaardherik-Trio	3.4	a b	1684	. . . . . g h 968 . . c d e . .
kruiskruid	11.1	. . . . e . . .	530	. . . d e . . . 1019 . . d e . .
raphanobrassica-Wintergreen	10.1	. . . . e . . .	745	. . . . e f . . . 1288 e f .
winterboon	52.6	. . . . . h	194	. b c 1613 f .
C. juncea	5.8	. b c	2742	. . . . . i 2540 g
winterwikke_Hungsvillosa	35.1	. . . . . g .	475	. . . d 2616 g
<i>F prob (0.05)</i>		<0.001		<0.001
<i>LSD (0.05)</i>		2.87		<0.001

* beginbesmetting Pi = 315 J²/100 ml grond

3.1.2 Maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*)

In vergelijking tot de potproef *P. penetrans* zijn er in de *M. chitwoodi* potproef minder gewassen/rassen getoetst. Van japanse haver is inmiddels bekend dat het een goede waard is voor *M. chitwoodi*. Het resistentieniveau van bladrammenasrassen wordt via een officiële toetsing vastgesteld (zie rassenlijst). Deze gewassen/rassen zijn om deze redenen niet in de proef opgenomen.

In tabel 8 zijn de resultaten van de potproef *M. chitwoodi* weergegeven. Op de goede waard tomaat heeft een zeer sterke vermeerdering plaatsgevonden. Vermeerderingsfactor (Pf/Pi) van bijna 10. Op winterboon en winterwikke is eveneens een sterke vermeerdering van *M. chitwoodi* waargenomen. De eindbesmetting van deze twee vlinderbloemige verschilt niet van de eindbesmetting van tomaat. Het aantal aaltjes per gram wortel is bij winterboon en winterwikke, gewassen met het hoogste wortelgewicht, wel lager dan bij tomaat. Maar veel hoger in vergelijking met de andere gewassen.

Kruiskruid, borago en de Crotalaria-soorten laten een zeer lage eindbesmetting na en Raphanobrassica-Wintergreen en de zwaardherikrassen Nemat en Trio een lage eindbesmetting. Al deze gewassen/rassen lijken zeer slechte tot niet-waard gewassen voor *M. chitwoodi* te zijn en zijn daarmee perspectiefvol voor de praktijk. Om de waardplantstatus van deze gewassen voor *M. chitwoodi* met een grotere betrouwbaarheid vast te kunnen stellen zijn deze gewassen in een veldproef verder onderzocht. Dit met uitzondering van de Crotalaria-soorten. De verwachting is dat deze Crotalaria-soorten niet op korte termijn al, als groenbemesters in Nederland geteeld gaan worden. Onder andere omdat deze vlinderbloemige gewassen een bacterie nodig hebben om rhizobien te vormen die zo ver bekend niet in de Nederlandse bodems voorkomt. Raphanobrassica-Yellowstone is ook in de veldproef onderzocht. Dit gewas heeft in de potproeven een iets hogere eindbesmetting dan de zwaardherik-rassen maar veel lager dan de positieve referent tomaat.

Tabel 8. Resultaten potproef waardplantgeschiktheid *Meloidogyne chitwoodi*, 2011.

Gewas-ras	Wortelgewicht (gr/pot)	Eindbesmetting <i>M. chitwoodi</i> * (n/gr. Wortel)	(n/100 ml grond)
braak			0.0 a
kruiskruid	12.6 . . . d . .	0.1 a	0.2 a b
borago	17.7 e .	0.2 a b	0.4 a b c
<i>Crotalaria spectabilis</i>	3.6 a	1.0 a b	0.4 . b c
<i>Crotalaria juncea</i>	8.6 . b c . . .	1.3 a b	0.9 . . c d . . .
zwaardherik-Nemat	3.8 a	6.1 . . c	2.9 . . . d . . .
raphanobrassica-Wintergreen	10.9 . . c d . .	1.9 . b	3.1 . . . d . . .
zwaardherik-Trio	4.2 a	43 . . . d . . .	29 e . .
raphanobrassica_Yellowstone	8.6 . b c . . .	106 e . .	151 f .
winterboon	57.9 g	327 f .	3336 g
winterwikke_Hungsvillosa	27.1 f .	716 f .	3446 g
tomaat	7.2 . b	4010 g	4971 g
<i>F prob (0.05)</i>	<0.001	<0.001	<0.001
<i>LSD (0.05)</i>	2.31		

* beginbesmetting $P_i = 525 J^2/100$ ml grond

3.1.3 Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne fallax*)

In tabel 9 zijn de resultaten van de potproef *M. fallax* weergegeven. *M. fallax* heeft zich op de goede waard tomaat zeer sterk vermeerderd. Zwaardherik-Trio, *T. patula* Groundcontrol en borago laten een zeer lage besmetting na, die lager is (lijkt) dan bij het braak object. Bij de gewassen is alleen de besmetting in het wortelstelsel bepaald en niet de eventueel in de grond nog aanwezige aaltjes. Geblekenes a zeven weken na inoculatie 95% van de besmetting in het wortelstelsel aanwezig is. De eindbesmetting van Raphanobrassica-Wintergreen, bladkool-Sparta en bladrammenas-Doublet is eveneens zeer laag, maar wel betrouwbaar hoger dan bij zwaardherik-Trio, *T. patula* en borago. Bij alle andere gewassen is de eindbesmetting hoger dan de beginbesmetting en heeft er dus een duidelijke vermeerdering van *M. fallax* plaatsgevonden. De eindbesmetting bij zwaardherik-Nemat en bladrammenas-Melotop ligt iets boven de beginbesmetting. De zwaardherik-rassen Trio en Nemat verschillen sterk in vermeerdering van *M. fallax*. Trio lijkt een niet of zeer slechte waard tegenover een duidelijke vermeerdering van *M. fallax* op Nemat. Ook de bladrammenasrassen verschillen in vermeerdering van *M. fallax*. Doublet lijkt een hoog niveau van resistentie tegen *M. fallax* te bezitten. Radical en Colonel laten een duidelijke vermeerdering zien en ook bij Melotop, een ras met een hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* (Rassenlijst), neemt de besmetting met *M. fallax* toe. Een hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* betekent dus niet dat het bladrammenasras ook *M. fallax* niet of hooguit zeer slecht zal vermeerderen. De sterkste vermeerdering is waargenomen bij japanse haver. Beide japanse haverrassen lijken zeer goede waardgewassen te zijn voor *M. fallax*.

Tabel 9. Resultaten potproef waardplantgeschiktheid *Meloidogyne fallax*, 2013.

Gewas-ras	Wortelgewicht		Eindbesmetting <i>M. fallax</i> *	
	(gr/pot)	(n/gr. Wortel)	(n/100 ml grond)	
Braak	0.0	a		13 . b
zwaardherik-Trio	7.4	. b	2	a b
<i>Tagetes patula</i> -Groundcontrol	30.5	. . . . . g . .	1	a
borago	26.6	. . . . . f . . .	1	a
raphanobrassica-Wintergreen	18.8	. . . . . e	5	. b
bladkool-Sparta	18.4	. . . . . e	14	. . c
bladrammenas-Doublet	18.4	. . . . . e	18	. . c
zwaardherik-Nemat	8.5	. b	312	. . . d e
bladrammenas-Melotop	19.0	. . . . . e	202	. . . d
bladrammenas-Radical	17.5	. . . d e	465	. . . . e f
winterboon	65.7	. . . . . . . . . . i	218	. . . d
bladrammenas-Colonel	9.1	. b	2554	. . . . . h
raphanobrassica_Yellowstone	18.7	. . . . . e	1488	. . . . . g h
winterwikke_Hungsvillosa	37.0	. . . . . . . . . . h .	831	. . . . . f g
japanse haver-Pratex	16.2	. . . d e	11892	. . . . . . . . . . i .
japanse haver-Exito	15.4	. . c d	15332	. . . . . . . . . . i .
Tomaat	12.5	. . c	44577	. . . . . . . . . . j
<i>F prob (0.05)</i>		<0.001	<0.001	<0.001
<i>LSD (0.05)</i>		2.96		

* beginbesmetting Pi = 365 J²/100 ml grond

3.2 Veldproef

3.2.1 Effect op *M. chitwoodi* besmetting

De verschillende groenbemesters zijn op 22 mei 2012 gezaaid. Opkomst, begin juni, was bij alle gewassen goed (zie foto 3). Rond 20 juni is de bodembedekking bij alle groenbemesters bijna volledig (100%), met uitzondering van zwaardherik ras Trio. Dit gewas/ras is wat trager en heeft een bodembedekking van circa 50%. Begin juli is de bodembedekking bij dit object ook 100%.



Foto 3a. Proefveld waardplantgeschiktheidsonderzoek groenbemesters, 12 juni 2012, Vredepeel.



Foto 3b. Zwaardherik (*Eruca sativa*)



Foto 3c. Borago

Direct voorafgaand aan het zaaien van de groenbemesters zijn alle plots bemonsterd om de beginbesmetting van de aaltjespopulatie vast te stellen. De beginbesmetting *M. chitwoodi* (Pi) was gemiddeld 125 aaltjes/100 ml grond en varieerde van 25 tot 395 aaltjes/100 ml grond. De verschillen tussen de objectgemiddelden zijn klein en niet significant (tabel 10). Van het geslacht Meloidogyne is in de determinatie-monsters alleen de soort *M. chitwoodi* waargenomen. Andere plant parasitaire aaltjessoorten zijn niet of alleen in zeer lage aantallen aanwezig. Met uitzondering van de soort *Pratylenchus crenatus* die in hogere dichtheden, van gemiddeld 585 aaltjes/100 ml grond, zijn geteld.

Tabel 10. *M. chitwoodi* besmetting voorafgaand aan de teelt van groenbemesters (Pi), direct na de teelt (Pf-1) en in het daarop volgende voorjaar (Pf-2), Vredepeel 2012/13.

Gewas-ras	Besmetting <i>M. chitwoodi</i> (n/100 ml grond)					
	Pi, mei 2012		Pf-1, okt/nov 2012		Pf-2, april 2013	
<i>braak</i>	139	a	0.1	a . . .	0.1	a . .
<i>Japane haver Pratex</i>	144	a	967	. . . d	229	. . c
Borago	86	a	0.6	a b . .	0.2	a . .
raphanobrassica-Wintergreen	129	a	0.8	a b . .	0.3	a . .
zwaardherik-Nemat	131	a	33.2	. . c .	4.7	. b .
zwaardherik-Trio	112	a	0.5	a b . .	4.9	. b .
raphanobrassica_Yellowstone	122	a	3.4	. b . .	6.0	. b .
bladrammenas Radical	149	a	37.0	. . c .	8.9	. b .
<i>F prob (0.05)</i>	<i>0.843</i>		<i><0.001</i>		<i><0.001</i>	

Begin september begonnen de gewassen borago, zwaardherik en japane haver af te sterven. Bij zwaardherik ras Nemat verliep de afsterving het snelst en werd de gewasstand al snel vrij open. Hierdoor trad veronkruiding op in deze veldjes, met voornamelijk knopkruid. Eind september is de teelt van deze groenbemesters afgebroken en is de nabemonstering (Pf-1) in deze objecten en in de braak-veldjes uitgevoerd. Eind oktober is de teelt van de overgebleven groenbemesters (bladrammenas en raphanobrassica) afgebroken en is in deze objecten (incl. de braakveldjes) de nabemonstering uitgevoerd.

In de braak-veldjes is in de periode mei tot oktober, door natuurlijke sterfte, de *M. chitwoodi* besmetting sterk afgenomen van gemiddeld 139 naar 0,1 aaltjes/100 ml grond. Er is geen verschil tussen de september en oktober bemonstering van dit object waargenomen.

Door de teelt van de voor *M. chitwoodi* goede waard Japane haver is de besmetting vrij sterk toegenomen tot gemiddeld 967 aaltjes/100 ml grond. De goede vermeerdering op deze positieve referent geeft aan dat de proefomstandigheden geschikt waren voor vermeerdering van *M. chitwoodi*.

Bij borago, raphanobrassica wintergreen en zwaardherik ras Trio is de besmetting zeer sterk afgenomen. De besmetting na de teelt verschilt niet significant van de besmetting na zwarte braak. Raphanobrassica laat eveneens een zeer lage besmetting na maar deze is iets hoger dan bij zwarte braak. Ook door de teelt van bladrammenas ras Radical en zwaardherik ras Nemat is de *M. chitwoodi* besmetting afgenomen maar minder sterk dan bij zwarte braak en de andere groenbemesters. Van bladrammenas ras Radical is bekend dat dit een (slechte) waard is voor *M. chitwoodi* en wordt daarom ook als positieve referent gebruikt in de officiële *M. chitwoodi*-bladrammenas resistentie toetsing. Op basis van de resultaten van de *M. chitwoodi* potproef werd voor zwaardherik ras Nemat een vergelijkbaar of mogelijk nog iets beter resultaat (lagere besmetting) als zwaardherik Trio verwacht. De *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van "Nemat" is duidelijk hoger dan na "Trio". Mogelijk is de veronkruiding met o.a. knopkruid, van de Nemat-veldjes de oorzaak van de hogere *M. chitwoodi* besmetting. Knopkruid staat bekend als een goede waard voor *M. chitwoodi*.

In het voorjaar van 2013 zijn alle veldjes opnieuw bemonsterd. Door natuurlijke sterfte is de *M. chitwoodi* besmetting bij de meeste objecten (nog verder) afgenomen. De wintersterfte in de japane haverveldjes is

met circa 75% gedaald. Bij de objecten zwaardherik Nemat en bladrammenas Radical is de besmettingen eveneens duidelijk afgenomen als gevolg van de wintersterfte, met respectievelijk 85 en 75%. Ook bij borago en raphanobrassica Wintergreen is de besmetting na de winter lager dan direct na de teelt. Maar door de al zeer lage besmetting na de teelt, is het verschil tussen beide meetmomenten erg klein en statistisch niet betrouwbaar. Bij zwaardherik Trio en raphanobrassica Yellowstone is/likt de besmetting in het voorjaar wat hoger dan direct na de teelt. Maar ook bij deze objecten was de besmetting na de teelt al zeer laag en is het verschil met de voorjaarsmeting erg klein. Het verschil tussen beide meetmomenten wordt veroorzaakt door de spreiding tussen de metingen (meetfout). Bij zwaardherik ras Trio is het verschil tussen de najaars- en voorjaarsmeting echter wel statistisch betrouwbaar. De *M. chitwoodi* besmetting in het voorjaar is bij borago en raphanobrassica Wintergreen het laagst en verschilt niet van de besmetting na zwarte braak. Ook de andere groenbemesters (m u v japanse haver) laten eveneens een zeer lage *M. chitwoodi* besmetting na maar deze is hoger dan na zwarte braak.

3.2.2 Opbrengst en kwaliteit volggewas aardappel

Na de teelt van de groenbemesters (2012) is in 2013 op alle de groenbemesters-veldjes het toetsgewas aardappel geteeld (foto 4). De aardappel ras Asterix zijn op 24 april gepoot. Opkomst en gewasontwikkeling was goed en er waren geen verschillen tussen objecten zichtbaar. Rond half juni was de bodembedekking in alle veldjes circa 60% en begin juli was de grond in alle veldjes volledig bedekt. Eind oktober zijn de aardappelen geoogst en is per veldje de opbrengst en kwaliteit, mate van knolaantasting door *M. chitwoodi*, bepaald.



Foto 4. **Overzicht proefveld, nateelt aardappelen, juni 2013.**

De gemiddelde netto opbrengst is 69 ton/ha (zie tabel 11). De netto opbrengst na zwarte braak (71,6 ton/ha) ligt iets boven het gemiddelde. De opbrengst is het laagst bij de positieve referent japanse haver (62,9 ton/ha). De aardappelopbrengst is het hoogst na de groenbemester borago (75,2 ton/ha) Deze opbrengst verschilt echter niet betrouwbaar van zwarte braak maar is wel betrouwbaar hoger dan bij een

aantal van de andere groenbemesters. Bij de objecten zwaardherik (Nemat, Trio), raphanobrassica (Wintergreen, Yellowstone) en bladrammenas (Radical) varieert de netto aardappelopbrengst van 67 tot ruim 69 ton/ha. Deze opbrengsten zijn wat lager dan bij het braak-object maar dit verschil is niet significant. Er is geen betrouwbare relatie gevonden tussen opbrengst en besmetting van plant parasitaire aaltjessoorten (Meloidogyne, Pratylenchus, Trichodoriden)

Het percentage tarra is vrij laag en loopt uiteen van 2,0% bij bladrammenasras Radical tot 2,5% bij japanse haver, borago en zwaardherik Nemat. De verschillen tussen de objecten zijn klein en niet statistisch betrouwbaar. Het gemiddeld OnderWaterGewicht (OWG) is 377. De verschillen in OWG tussen de objecten zijn relatief klein en met uitzondering van borago ten opzichten van zwarte braak en japanse haver, niet significant. Borago is het object met het laagste OWG (368) en zwarte braak (387) en japanse haver (381) de objecten met het hoogste OWG.

Tabel 11. **Opbrengst en kwaliteit aardappelen ras Asterix geteeld na groenbemesters op een *M. chitwoodi* besmet perceel, Vredepeel 2013.**

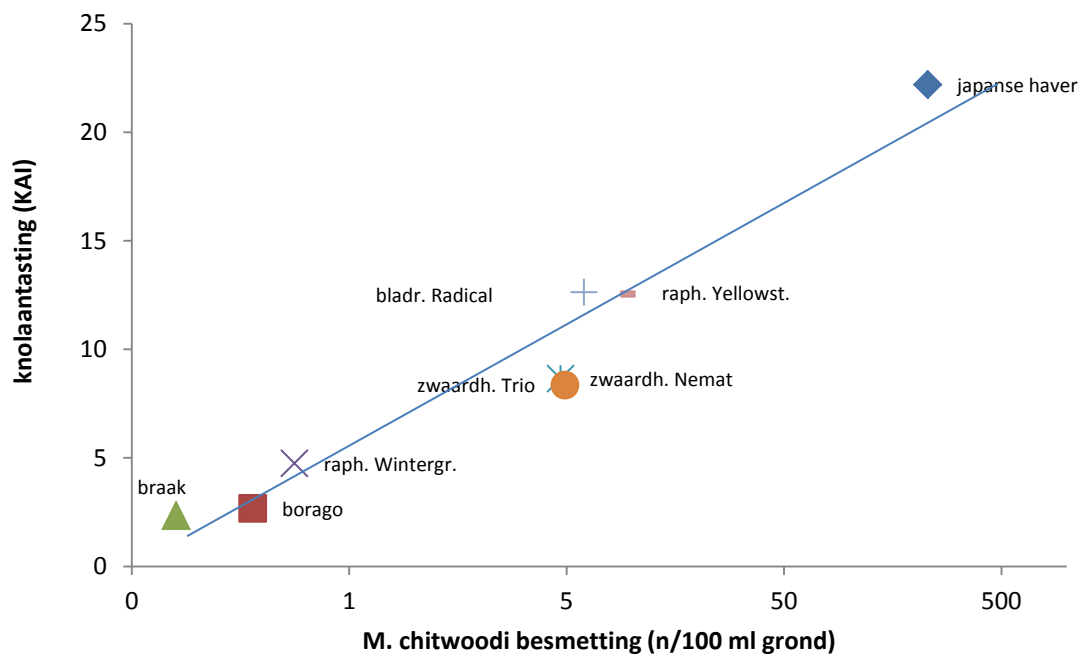
Gewas - ras	bruto (ton/ha)	tarra ¹ (%)	netto (ton/ha)	onderwater-gewicht	Knol-aantasting (KAI) ²
<i>Braak</i>	73.4 . b c	2.4 a	71.6 . b c	387 . . c	2.3 a . .
<i>Japanse haver Prutex</i>	64.4 a . .	2.5 a	62.9 a . .	381 . b c	22.2 . . d
<i>Borago</i>	77.1 . . c	2.5 a	75.2 . . c	368 a . .	2.7 a . .
<i>raphanobrassica-Wintergreen</i>	70.4 a b .	2.2 a	68.8 a b .	380 a b c	4.8 a b . .
<i>zwaardherik-Nemat</i>	70.7 . b .	2.5 a	69.0 a b c	376 a b c	8.7 . b c .
<i>zwaardherik-Trio</i>	69.7 a b .	2.4 a	68.0 a b .	379 a b c	8.4 . b . .
<i>raphanobrassica_Yellowstone</i>	68.6 a b .	2.2 a	67.1 a b .	374 a b .	12.6 . . c .
<i>bladrammenas Radical</i>	71.1 . b c	2.0 a	69.6 . b c	372 a b .	12.5 . . c .
<i>Gemiddeld</i>	70.7	2.3	69.0	377	9.30
<i>F prob (0.05)</i>	0.020	0.996	0.030	0.088	<.001
<i>LSD (5%)</i>	6.21	1.47	6.26	11.7	4.04

1) Gewicht te kleine (<30mm), groene en rotte knollen als percentage van de bruto opbrengst

2) Knolaantasting door *M. chitwoodi*. Index: 0 = geen knollen met symptomen, 100 = alle knollen zeer zwaar aangetast

Aan een sub-monster van 30 knollen per veldje is de mate van knolaantasting door *M. chitwoodi* bepaald en vervolgens de gemiddelde KnolaantastingsIndex (KAI) per object berekend. De index varieert van 0 (geen aantasting) tot 100 (zeer zwaar aangetast). Bij een KAI lager dan 10 zijn geen of hooguit enkele knobbels op de knollen zichtbaar. Een partij aardappelknollen met een KAI tussen 10 en 20 zijn licht aangetast; er zijn duidelijk knobbels op de knollen zichtbaar en er bestaat een reëel risico op declassering. Bij een KAI boven de 20 zijn de knollen duidelijk en al vrij zwaar aangetast.

De aardappelen geteeld na zwarte braak zijn zeer licht aangetast (KAI: 2,3). De aantasting in de aardappelen geteeld na de positieve referent japanse haver is vrij zwaar (KAI: 22,2). De knolaantasting door *M. chitwoodi* is bij alle groenbemesters (veel) lager dan bij japanse haver maar, met uitzondering van borago en raphanobrassica Wintergreen, wel wat hoger dan na zwarte braak. Borago, de groenbemester met de laagste eindbesmetting *M. chitwoodi*, heeft ook de laagste knolaantasting. De aantasting na borago is betrouwbaar lager dan bij de andere groenbemesters (m u v raphanobrassica Wintergreen). Ook bij de objecten raphanobrassica Yellowstone en bladrammenas Radical, groenbemesters met de zwaarste knolaantasting in de nateelt aardappel (KAI: ±12,5), blijft de schade nog beperkt tot een acceptabel niveau. Er is een duidelijk verband tussen niveau van de *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van de groenbemesters en de mate van knolaantasting in de nateelt aardappel. Hogere eindbesmettingen *M. chitwoodi* resulteerde in een zwaardere aantasting van de aardappelknollen (figuur 1).



Figuur 1. Relatie tussen de *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van groenbemesters (april 2013) en de mate van knolaantasting in de nateelt aardappel, Vredepeel 2013.

4 Conclusies

De potproeven waardplantgeschiktheid die zijn uitgevoerd geven een indicatie voor de waardplantgeschiktheid van de groenbemesters voor *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax* en *Pratylenchus penetrans*. In deze potproeven zijn, onder kunstmatige omstandigheden (klimaat, grondsoort), per gewas maar een beperkt aantal planten getoetst. Om de waardplantgeschiktheid betrouwbaar vast te kunnen stellen is aanvullend veldonderzoek noodzakelijk. Een (sterke) vermeerdering in de potproef is echter wel een vrij goede indicatie dat het gewas een matige tot goede waard zal zijn voor de betreffende aaltjessoort. In tabel 12 is op basis van de resultaten van de potproeven een indicatie voor de waardplantgeschiktheid van de verschillende groenbemesters weergegeven. De resultaten van deze potproeven zal als achtergrondinformatie worden opgenomen in www.aaltjesschema.nl.

Tabel 12. **Indicatie (op basis van resultaten van potproeven) van de waardplantgeschiktheid van groenbemester voor *Meloidogyne chitwoodi* (Mc), *M. fallax* (Mf) en *Pratylenchus penetrans* (Pp).**

gewas	ras	Mc	Pp	Mf
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	RSAS 499		▽▽▽	
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Black Jack		▽▽▽	
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Doublet			▽
<i>Raphanus sativus</i> (bladrammenas)	Melotop			▽ / ▽▽
<i>Brassica napus</i> (bladkool)	Sparta			▽
<i>Raphanobrassica</i>	Yellowstone	▽ / ▽▽	▽▽▽	▽▽ / ▽▽▽
<i>Raphanobrassica</i>	Wintergreen	▽	▽▽▽	▽
<i>Eruca sativa</i> (zwaardherik)	Trio	▽	▽▽▽	–
<i>Eruca sativa</i> (zwaardherik)	Nemat	▽	▽▽▽	▽ / ▽▽
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Exito		–	▽▽▽
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Luxurial		–	
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Pratex		–	▽▽▽
<i>Avena strigosa</i> (japanse haver)	Silke		–	
<i>Tagetes patula</i> (afrikaantjes)	Ground control			–
<i>Vicia villosa</i> (winterwikke)	Hungvillosa	▽▽▽	▽▽▽	▽▽ / ▽▽▽
<i>Vicia faba</i> (winterboon)		▽▽▽	▽▽▽	▽▽
<i>Boraginaceae</i> (Borago)		–	▽▽▽	–
<i>Crotalaria juncea</i> (bengaalse hennep)	IAC 1	–	▽▽▽	
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Comum	–	▽▽▽	
<i>Senecio inaequideus</i> (kruiskruid)	(wegberm)	–	▽▽▽	
Tomaat (ref. Mc en Mf)	Moneymaker	▽▽▽		▽▽▽
Bladrammenas (ref. Pp)	Colonel		▽▽▽	▽▽ / ▽▽▽
Bladrammenas (ref. Mf)	Radical			▽▽

➤ Worteltesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*)

Met uitzondering van de japanse haverrassen lijken alle getoetste groenbemesters goede tot zelf zeer goede waardgewassen te zijn voor *P. penetrans*. Het japanse haverras Pratex is in het verleden in diverse veldproeven getoetst en bleek een niet waard te zijn voor *P. penetrans*. De afname van de *P. penetrans* besmetting was in deze veldproeven niet te onderscheiden van de natuurlijke sterfte onder zwarte braak. De japanse haverrassen, Luxurial, Silke en Exito hebben in de potproeven een eindbesmetting die niet verschilt van Pratex en lijken dus ook een niet-waard voor *P. penetrans* te zijn.

➤ Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne fallax*)

De in de potproef getoetste groenbemesters verschillen sterk in de vermeerdering van *M. fallax*. zwaardherik-Trio, *Tagetes patula* Groundcontrol en borago lijken geen waard te zijn voor *M. fallax* en raphanobrassica-Wintergreen, bladkool-Sparta en bladrammenas-Doublet een zeer slechte tot slechte waard. Of het niveau van resistentie in deze gewassen/rassen echt zo hoog is zal verder in veldproeven onderzocht moeten worden. Zwaardherik_Nemat en bladrammenas-Melotop lijken een slechte tot matige waard voor *M. fallax* te zijn. De overige groenbemesters laten in de potproef een duidelijke vermeerdering zien en zijn (waarschijnlijk) goede tot zeer goede waardgewassen voor *M. fallax*. Voor zowel bladrammenas als zwaardherik zijn er dus rasverschillen waargenomen. Zwaardherik-Trio lijkt een niet waard en het ras Nemat een slechte tot matige waard. De verschillen tussen de bladrammenasrassen is nog groter en varieert van zeer slechte waard (Doublet) tot vrij goede waard (Colonel). Het resultaat van het bladrammenasras Melotop geeft aan dat een hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* niet betekent dat het ras ook een hoog niveau van resistentie tegen *M. fallax* bezit. Bij japanse haver zijn er geen rasverschillen waargenomen. Beide rassen, Pratex en Exito, vermeerderde *M. fallax* sterk en lijken een zeer goede waard voor deze aaltjessoort te zijn.

➤ Maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*)

Winterboon en winterwikke laten in de potproef een zeer sterke vermeerdering van *M. chitwoodi* zien. Deze twee vlinderbloemige gewassen lijken zeer goede waardgewassen voor deze aaltjessoort te zijn. Borago lijkt geen waard te zijn voor *M. chitwoodi* en raphanobrassica -Wintergreen en de zwaardherikrassen Nemat en Trio zeer slechte tot slechte waardgewassen. Raphanobrassica Yellowstone lijkt een slechte tot matige waard te zijn voor *M. chitwoodi*. In de aanvullende veldproef die met deze groenbemesters is uitgevoerd worden de resultaten van de potproef bevestigd. De teelt van Borago en raphanobrassica Wintergreen laten zeer lage besmettingsniveaus van *M. chitwoodi* na. Dichtheden die vergelijkbaar zijn met een zelfde periode zwarte braak. Deze gewassen lijken een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* te bezitten (niet-waard gewassen). Ook de zwaardherik rassen bezitten een hoog niveau van resistentie maar in zowel de pot- als veldproef was de eindbesmetting bij deze gewassen iets hoog dan bij borago. Een hogere *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van de groenbemesters resulteerde in een hogere knolaantasting in de nateelt aardappel. Met uitzondering van japanse haver bleef bij alle groenbemesters de aantasting beperkt tot een acceptabel niveau. Waarbij de aantasting na borago en raphanobrassica Wintergreen het laagst waren en niet verschilden van de zeer lage aantasting in de aardappelen geteeld na zwarte braak. Naast het positieve effect op de *M. chitwoodi* besmetting had borago ook een positief effect op de aardappelopbrengst in vergelijking met de andere groenbemesters.

Samenvattend:

- Alle getoetste groenbemesters, met uitzondering van japanse haver, lijken goede waardgewassen voor *P. penetrans*.
- Borago lijkt het hoogste niveau van resistentie te bezitten tegen *M. chitwoodi* en *M. fallax*, gevolgd door raphanobrassica Wintergreen. De resultaten van borago zijn vergelijkbaar met zwarte braak; borago lijkt een niet-waard.
- Zwaardherik lijkt een zeer slechte waard voor *M. chitwoodi* te zijn. De resultaten van de potproef geven aan dat er mogelijk rasverschillen zijn voor resistentie tegen *M. fallax*. Nemat lijkt een minder hoog niveau van resistentie tegen *M. fallax* te bezitten dan Trio.
- Japanse haver lijkt (potproef) een zeer goede waard voor *M. fallax*. Uit de resultaten van de veldproef en eerder uitgevoerd (veld) onderzoek blijkt dat japanse haver een zeer goede waard is voor *M. chitwoodi*.

Bijlage 1 Samenvatting deskstudie Crotalaria

SAMENVATTING

Bengaalse hennep (*Crotalaria juncea*) is een vlinderbloemachtige “multipurpose” plant die in de tropen en subtropen vaak gebruikt wordt om wortelknobbelaaltjes te bestrijden. Naast Bengaalse hennep zijn er ook andere soorten *Crotalaria* die in de genoemde regio's o.a. als groenbemesters geteeld worden.

Deze deskstudie laat zien dat er veel onderzoek is gedaan waaruit blijkt, dat de juveniele van wortelknobbelaaltjes en andere sedentaire aaltjes vaak het wortelstelsel van desbetreffende planten infecteren, maar zich vervolgens niet tot volwassenen kunnen doorontwikkelen. Dit leidde vaak tot een directe afname van aaltjes die sterker was dan de afname bij een zwarte braak.

Daarnaast werd gevonden dat dit soort onderzoek tot nu toe alleen met tropische soorten van wortelknobbelaaltjes is uitgevoerd zoals *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* of *M. javanica* en dat er geen systematisch onderzoek naar de effecten van Bengaalse hennep op het Noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) of het maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) is uitgevoerd.

Verder zijn er tot nu toe geen proeven te vinden waarin Bengaalse hennep onder het Midden-Europees klimaat geteeld is. Qua temperatuur zal dit wel mogelijk zijn omdat er een gemiddelde temperatuur van 8,4 graden Celsius nodig is om dit gewas te kunnen laten groeien. Daarnaast heeft Bengaalse hennep een bijzonder bodembacterie nodig om rhizobien te kunnen vormen. De desbetreffende bacterie is, zo ver bekend, niet in de Nederlandse bodem te vinden, maar kan eventueel in de vorm van bv. een zaadcoating toegevoegd worden.

Omdat de nematicide werking van *Crotalaria* soorten vermoedelijk met een soort plantinhoudstof (pyrrolizidine alkaloiden, PA) te maken heeft zal ook de mogelijkheid bestaan om andere planten, die dezelfde stof bevatten, voor de bestrijding van wortelknobbelaaltjes in te zetten. Dit kan verschillende voordelen opleveren. Zo zijn een heleboel PA-bevattende planten bekend die qua oorsprong uit Midden Europa komen. Deze zullen qua klimaat en bodem makkelijker ingezet kunnen worden als *Crotalaria* soorten.

De conclusies uit dit onderzoek

- **Crotalaria soorten laten nematicide effecten op wortelknobbelaaltjes zien!**
- **Er zijn geen studies te vinden met de voor Nederland belangrijke aaltjes soorten (*M. hapla*, *M. chitwoodi*, *M. fallax*) en Bengaalse hennep.**
- **Bengaalse hennep zou in principe onder Nederlandse klimaatomstandigheden geteeld kunnen worden.**
- **Er zijn andere planten (bv. *Senecio* of *Ageratum*) die mogelijk hetzelfde effect hebben maar makkelijker hier geteeld zouden kunnen worden.**
- **Een aanvullende screening in potproeven en in een later stadium ook veldproeven lijkt wenselijk.**

T. Thoden & G. Korthals, 2011. Effecten van Crotalaria juncea (Bengaalse hennep) op wortelknobbelaaltjes.

