

Biologische beheersing van wortelknobbelaaltjes in de biologische teelt van groenten en bloemen onder glas



bioKennis →



WAGENINGENUR
For quality of life



Biologische beheersing van wortelknobbelaaltjes in de biologische teelt van groenten en bloemen onder glas

Stand van kennis

Verslag van onderzoek over de periode 2005 tot 2010

A.W.G. van der Wurff¹, C.J. Kok², F.C. Zoon²

- 1 Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk
- 2 Plant Research International, Wageningen

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw

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

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van LNV in het kader van de programma's Systeminnovatie Biologische Bedekte Teelten BO-04-005 en BO-04-012 en BO-06-003 Innovatie en Verbeteren Management van Gesloten Teelten.



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het innovatienetwerk voor biologische agroketens (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website www.biokennis.nl. Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl. Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op www.bioconnect.nl of een mail naar info@bioconnect.nl.

Projectnummer: 3242004809

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Samenvatting	3
Summary	5
1 Aaltjes	7
1.1 Wat zijn aaltjes?	7
1.2 Wortelknobbelaaltjes	9
1.3 Levenscyclus van wortelknobbelaaltjes	10
1.4 Identificatie van wortelknobbelaaltjes	12
1.4.1 Identificatie op soort	13
1.4.2 Identificatie op biotype	14
1.5 Grondsoort, water en bemesting	14
2 Problematiek	15
2.1 Biologische teelt van groenten	16
2.1.1 Kosten en productieverlies	16
2.1.2 Drie bedrijfstypen en grondstomen	17
2.2 Biologische teelt van bloemen	19
2.3 Leeswijzer	20
3 Huidige beheersmogelijkheden	21
3.1 Grondstomen	21
3.2 Onderstammen	22
3.2.1 Komkommer	22
3.2.2 Paprika	23
3.2.3 Tomaat	23
4 Nieuwe Beheersmogelijkheden?	25
4.1 Bodemverbeteraars, plantversterkers en GNO's	25
4.1.1 Effecten op wortelknobbelaaltjes <i>sensu lato</i>	25
4.1.2 DNA detectie: Soortspecifieke effecten	30
4.2 Fytochemicaliën	31
4.3 Vang- en antagonistische gewassen	32
4.4 Natuurlijke vijanden	34
4.5 Composten	36
4.6 Ziektewering	37
4.6.1 Definitie en oorsprong	38
4.6.2 Onderzoek naar ziektevering	39
4.7 Alternatieve grondontsmetting	40
4.7.1 Biofumigatie	41
4.7.2 Anaerobe grondontsmetting	43
4.8 Wisselteelt met grondontsmetting tegen aaltjes	46

5	Discussie en conclusie	51
5.1	Nieuwe Teeltsystemen	51
5.2	Bodemverbeteraars, plantversterkers en GNO's	51
5.3	Fytochemicaliën	52
5.4	Alternatieve grondontsmetting	52
5.5	Composten	52
5.6	Conclusie	52
6	Referenties	53
	Bijlage I. Wortelknobbelindex	1 p.
	Bijlage II. Overzicht van effectiviteit tegen aaltjes	2 pp.
	Bijlage III. Lijst met Figuren	2 pp.
	Bijlage IV. Lijst met Tabellen	1 p.
	Bijlage V. Overzicht waardplantstatus bloemen	12 pp.

Voorwoord

Het aaltjes onderzoek biologische groenten en bloemen werd gehonoreerd door LNV in het kader van de programma's Systeeminnovatie Biologische Bedekte Teelten BO-04-005 en BO-04-012 en BO-06-003 Innovatie en Verbeteren Management van Gesloten Teelten.

Onderzoek vond plaats in samenwerking met in het bijzonder kwekers van biologische groenten Gebroeders Verbeek, Fam. Baijens, F. de Koning, R. van Dijk, R. van Paassen en R. van Schie, A. Jonkers en kwekers van biologische bloemen telers H. Cuppen, R. de Witt en F. van der Helm. De (al lopende) hier beschreven projecten zijn overgenomen in september 2006 van F. Zoon en C.J. Kok (PRI). In 2009 zijn de projecten afgerond.

Onderzoekers R. Berkelmans (Gebr. Verbeek) en T. Vink (Van Schie, Greenshields) willen wij bedanken voor de intensieve samenwerking. Ook dank aan Wageningen UR Glastuinbouw en in het bijzonder Marc van Slooten, Wim van Wensveen, Laxmi Kok, Jan Janse, en medewerkers van Plant Research International (PRI) Peter Bonants voor moleculaire detectie van *Pasteuria penetrans*, Leo Poleij en Chula Hok-A-Lin voor aaltjes- en *Pasteuria* analyse, en PPO-BBF Gera van Os en Marjan de Boer voor gebruik van Topsoil gronden en Astrid de Boer en Yvonne Elberse voor gebruik van mistkamers en Frank van der Helm voor hulp bij biobloemen. Daarnaast willen we alle kwekers van biologische groenten en bloemen bedanken voor hun inzet en enthousiasme. Het was een prettige samenwerking en we hopen dat in de toekomst voort te kunnen zetten.

Wij hebben geprobeerd een overzicht te geven van alle mogelijkheden ten aanzien van een duurzame oplossing voor de problematiek van de wortelknobbelaaltjes in de grondgebonden teelten. Daarnaast trachten wij om zo zorgvuldig mogelijk om te gaan met informatie over betrokken kwekers en bedrijfsinformatie. Gekozen is voor een boekvorm in plaats van een technisch verslag van alle proeven omdat het beter leesbaar is voor de praktijk. En hiervoor is het per slot van rekening ook bedoeld. Details, zoals proefontwerp en toetsmethodiek worden achterwege gelaten om de leesbaarheid te bevorderen. Vragen over de opzet en details van de proeven kunnen gesteld worden aan de auteurs.

Op dit moment is het kennisveld met betrekking tot bodemproblematiek van de (biologische) glastuinbouw nog volop in beweging en we verwachten de komende jaren met nieuwe en/of verbeterde opties te komen voor biologische bestrijding van wortelknobbelaaltjes. In het bijzonder de onderzoeksactiviteiten binnen de LNV projecten Bio-vitaalkas (BO-04), Bodemadviesstelsel (BO-06) en Bio-wisselkas (BO-04) bieden perspectief. Deze projecten richten zich op respectievelijk de rol van bodemweerbaarheid in de biologische glastuinbouw en in de gangbare teelt van chrysant en mogelijkheden voor management van de weerbaarheid. Het project Bio-wisselkas richt zich op het verder ontwikkelen van diverse (wissel-) teeltsystemen. Het Baijens wisselteeltsysteem zoals in dit rapport weergegeven was een eerste aanzet hiertoe. Daarnaast wordt vervolgd studie gedaan naar de reactie van de verschillende onderstammen op de verschillende wortelknobbelaaltjessoorten (project Onderstammen BO-04) en naar optimalisatie van biologische grondontsmetting (BGO; project binnen LNV BO-04).

De auteurs,

André van der Wurff¹, Hans Kok en Frans Zoon.

Bleiswijk, januari 2010

¹ Voor vragen en opmerkingen betreffende dit rapport kunt u een e-mail sturen naar hoofdauteur Andre.vanderWurff@wur.nl

Samenvatting

Gedurende de periode 2005 – 2009 is er onderzoek gedaan naar duurzame oplossing voor gewasschade veroorzaakt door het wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) in de biologische teelt van bloemen en groenten. Op dit moment wordt grondstomen gezien als belangrijkste middel tegen wortelknobbelaaltjes. Grondstomen is effectief tegen wortelknobbelaaltjes maar kost veel energie en doodt nuttige bodemleven. Het onderzoek was daarom gericht op het ontwikkelen van alternatieve beheersingssystemen voor wortelknobbelaaltjes waardoor schade wordt geminimaliseerd en stomen overbodig wordt.

Er is gezocht naar zowel middelen als systemen, variërend van biologische middelen en grondontsmetting tot teeltsysteemoplossingen. Het onderzoek werd gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Er zijn veel middelen getoetst maar het overgrote merendeel liet niet of nauwelijks een werking zien. Alleen borium en enkele niet-toegelaten plantenextracten lieten wel effectiviteit zien maar geen volledige bestrijding. De werking van compost is veelbelovend, maar het maken van aaltjesveerbaar compost is vooralsnog niet in de praktijk gebracht. De bacteriële bestrijder *Pasteuria penetrans* uit Japan was zeer effectief tegen *M. javanica* en enkele populaties *M. incognita*. Maar ontbreken van wettelijke toelating en specificiteit van de stammen zijn redenen waarom deze bestrijder niet wordt gebruikt in de praktijk.

De effectiviteit van *Biofumigatie* (onderwerken van bv. *Brassicaceae*-soorten waardoor isothiocyanaatgas vrijkomt) als grondontsmetter blijkt vooralsnog onvoorspelbaar door de invloed van plantsoort, moment van oogst en snelheid van onderwerken. Ook blijkt serepta mosterd (*Brassica juncea*) een goede waardplant voor *Fusarium avenaceum*. Hierdoor worden problemen zoals met *F. avenaceum* in de teelt van biologische Freesia en Lisianthus versterkt.

Biologische grondontsmetting (BGO; o.a. zuurstof onttrekken aan de bodem door onderwerken organisch materiaal) is arbeidsintensief maar lijkt makkelijker te standaardiseren dan biofumigatie waardoor de voorspelbaarheid van de mate van effectiviteit toeneemt.

Ook het Bajjens teeltsysteem blijkt een effectieve methode om productieverliezen door aaltjes terug te dringen: Hierbij worden bedden afwisselend met komkommer beplant en over tussenliggende bedden heen geleid. In het tussenliggende bed is ruimte voor aaltjesbestrijding door inzet van aaltjesdodende planten of alternatieve grondontsmetting zoals braak, vanggewassen, biofumigatie of BGO.

Uit het onderzoek komt naar voren dat er op dit moment nog geen middel of methode voorhanden is dat alle problematiek oplost. Op dit moment bestaat de oplossing vooralsnog uit een pakket aan maatregelen waaruit gekozen kan worden afhankelijk van doelpathogeen, gewas, bedrijfstype en bodemsamenstelling. Het lopend LNV onderzoek naar bodemweerbaarheid biedt een raamwerk waarin de invloed van deze factoren op de effectiviteit van de genoemde technieken verder wordt uitgediept en met elkaar in verband kan worden gebracht.

Summary

From 2005 to 2009, research was directed towards obtaining a solution for the damage caused by the root knot nematode *Meloidogyne* spp. in organically cultured flowers and vegetables. Soil steaming is often used and an effective method of control, however, requires substantial amounts of energy and eliminates beneficial soil organisms. Therefore, the research aimed at the development of alternative means of control. The research focused on means as well as methods, varying from biological means and soil desinfection to system solutions such as use of crop rotation schemes. This project was financed by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV).

A large number of biological means was investigated, however, the majority showed no or almost no effect. Only borium and some (legally) not admitted plant extracts showed some level of control. The role of compost turned out to be promising, however, production of root knot nematode suppressive compost is not standardized and therefore not yet commercially available.

The bacterium *Pasteuria penetrans* from Japan was extremely effective against *M. javanica* and some populations of *M. incognita*. However, it is not yet used in practice since it requires a legal admittance as a crop protection agent and it is only effective against some root knot nematode species or populations.

Biofumigation (*the use of toxic isothiocyanate gas in soil by incorporating e.g. Brassicaceae*) as soil desinfection appears at this moment unpredictable in terms of effectivity. This may be caused by plant identity, time of harvest and speed of use. In addition, *Serepta musterd (Brassica juncea)* appears to be a good host for *Fusarium avenaceum*. Its use is therefore not recommended in e.g. freesia and *Eustoma* spp. cultures as it is a known pathogen of cut flowers.

Biological soil desinfestation (*distract oxygen from soil by means of incorporating easy decomposable material*) is labour intensive, however, seems to be easier to standardize when compared to biofumigation and thereby increasing the chance of effectivity.

In addition, the Baijens system appears to be an effective method to diminish crop losses caused by the root knot nematode. This system represents a spatial rotation of cucumber and alternative means of soil desinfestation such as biofumigation, biological soil desinfestation, black fallow and intercropping of antagonistic plants, e.g. *Tagetes*. Rows are alternate planted with cucumber plantlets and in between an alternative soil desinfestation is used. Production loss is prevented by directing cucumber stems over intermediate rows thereby maximising production area.

It is concluded, that currently no satisfactory and sustainable *one-option-fits-all* is available to prevent crop loss by the root knot nematode. The answer lies in a combination of methods depending on *Meloidogyne* species identity, crop identity, growing system and soil. Ongoing projects, financed by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LNV) are focusing on soil suppressiveness in agricultural systems and offer a framework in which the interdependence of *Meloidogyne* species identity, crop identity, growing system, soil type and effectivity of treatments can be studied.

1 Aaltjes

1.1 Wat zijn aaltjes?

Aaltjes of nematoden (Griekse woord 'nema' = draad) vormen binnen het dierenrijk een van de grootste groepen en komen nagenoeg in alle milieus voor: niet alleen in grond en water, maar ook in plant, dier en mens. Wereldwijd zijn er ongeveer 20.000 aaltjessoorten bekend, waarvan de helft op het land en in zoet water voorkomt. In Nederland komen ongeveer 1200 soorten aaltjes voor. Hiervan zijn ca. 100 soorten plantenparasitair.

De meeste aaltjessoorten zijn echter nuttig. In het bodemvoedselweb spelen aaltjes een belangrijke rol bij o.a. de afbraak van organisch materiaal (decompositie; De Ruiter *et al.* 1998). Andere nuttige aaltjes zijn insectenparasieten, waarvan sommige te koop zijn als biologisch bestrijdingsmiddel. Voorbeelden hiervan zijn *Steinernema* en *Heterorhabditis* soorten. Naast entomopathogene aaltjes en saprofieten zijn er ook carnivoren (roof-) aaltjes zoals *Mononchus* sp. en *Mylonchus* sp. die onder andere jagen op plantparasitaire aaltjes zoals *Meloidogyne*. Schimmel-etende aaltjes zoals *Aphelenchus avenae* en *Aphelenchoides* spp. grazen op (plantparasitaire-) schimmels zoals *Fusarium* spp., *Botrytis cinerea*, *Pyrenochaeta lycopersici* (kurkwortel) en *Verticillium dahliae* (Hasna *et al.* 2007). Ze spelen een belangrijke rol in bodemweerbaarheid tegen plantparasitaire schimmels (zie §4.6).

Plantparasitaire aaltjes hebben levende planten nodig om zich te voeden en te vermeerderen. Afhankelijk van de plaats waar wortelaaltjes zich bevinden worden ze onderverdeeld in:

1. Ectoparasitair (buiten de plant levend)
2. Semi-endoparasitair (gedeeltelijk in de plant levend)
3. Endoparasitair (geheel in de plant levend)

Hiervan zijn de endoparasitaire aaltjes het belangrijkste in de biologische teelt van groenten onder glas. Wortelaaltjes gaan op zoek naar wortels en kunnen zich in de grond over een afstand van ongeveer een meter per jaar op actieve wijze verplaatsen. Naast de virusoverbrengende aaltjes (o.a. Trichodoriden), die ectoparasitair leven, zorgen de endoparasitaire aaltjes voor de grootste problemen. Deze aaltjes ruïneren het plantenweefsel in ernstige mate doordat ze zich tussen en door de cellen voortbewegen, of ze belemmeren de wortelfunctie door hormonale effecten en vorming van voedingscellen. De endoparasitaire aaltjes worden in twee groepen onderscheiden: migrerende aaltjes (o.a. blad-, stengel-, wortellesie- en wortelnecroseaaltjes) en sedentaire aaltjes (o.a. wortelknobbel- en cystenaaltjes).

Wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*), die een brede waardplantenreeks hebben waaronder Solanaceae, andijvie en sla, beperken zich vooral tot de lichte grondsoorten van zand tot zavel. Tot nu toe zijn er op de biologische groenteteeltbedrijven geen problemen bekend met cystenaaltjes en wortellesieaaltjes. Virusoverbrengende wortelaaltjes, die vooral in lichtere grondsoorten voorkomen, spelen, voor zover bekend, evenmin een rol in de biologische kasgroenteteelt.

Op basis van ervaringen uit het verleden kunnen we zeggen dat in de biologische kasgroenteteelt vooral wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) een rol van betekenis spelen (Tabel 1). Andere aaltjes zijn niet uitgesloten, maar wortelknobbelaaltjes voeren de boventoon. In de bloemeteelt zijn wortelknobbelaaltjes naast wortellesieaaltjes eveneens het meest voorkomend.

Tabel 1. Plantparasitaire aaltjes per 100 cc grond (mengmonster) op 20 biologische bedrijven glasgroenten (monsternamen augustus 2008). J=juveniel, m=mannetje, v=vrouwetje. Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) zijn vetgedrukt.

Bedrijf		L	G	B	AG	Q	AF	D	O	AE	C
<i>Paratylenchus</i> spp. [†]	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Paratylenchus projectus</i>	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchidae</i> *	j	38	14	81	100	214	105	48	8	65	111
<i>Tylenchidae</i>	m	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchidae</i>	v	-	-	-	17	-	-	105	-	-	-
<i>Criconematidae</i>	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
<i>Dolichodoridae</i>	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemicycliophora</i> spp.	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meloidogyne</i> spp.	j	-	596	1663	17	9394	105	355	25	52	886
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	j	-	41	-	-	-	35	-	-	-	-
<i>Meloidogyne fallax</i>	j	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meloidogyne hapla</i>	j	-	244	-	-	-	-	-	-	-	498
<i>Pratylenchus</i> spp.	j	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-
<i>Pratylenchus neglectus</i>	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pratylenchus penetrans</i>	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rotylenchus</i> spp.	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	j	-	14	-	17	-	-	10	-	-	37
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	v	-	-	-	-	-	-	19	-	-	18
<i>Longidorus</i> spp.	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		AH	N	E	Z	F	AA	AD	AI	H	R
<i>Paratylenchus</i> spp.	j	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-
<i>Paratylenchus projectus</i>	v	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchidae</i>	j	63	57	70	16	68	148	91	284	122	294
<i>Tylenchidae</i>	m	21	-	-	16	-	-	13	-	11	38
<i>Tylenchidae</i>	v	21	-	18	8	-	15	13	-	-	38
<i>Criconematidae</i>	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dolichodoridae</i>	j	-	-	-	-	-	-	143	-	-	13
<i>Hemicycliophora</i> spp.	j	-	-	-	-	-	89	-	-	-	-
<i>Meloidogyne</i> spp.	j	211	228	35	8	1902	44	13	-	44	-
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meloidogyne fallax</i>	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meloidogyne hapla</i>	j	63	-	-	8	476	30	-	-	-	-
<i>Pratylenchus</i> spp.	j	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pratylenchus neglectus</i>	v	-	-	-	24	-	-	13	-	-	-
<i>Pratylenchus penetrans</i>	v	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-
<i>Rotylenchus</i> spp.	j	-	-	-	-	-	30	13	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus</i> spp.	j	-	-	-	56	-	15	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	m	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	v	-	-	-	8	-	-	13	-	-	-
<i>Longidorus</i> spp.	j	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-

[†] spp. betekent dat er meerdere soorten mogelijk zijn.

* *Tylenchidae* juveniele zijn moeilijk te determineren en daardoor worden ze vaak ondergebracht onder de familie naam.

1.2 Wortelknobbelaaltjes

In een gemiddeld bioglastuinbouwbedrijf kan de hoeveelheid wortelknobbelaaltjes oplopen tot duizenden per 100 gram grond. In de biologische groenteteelt onder glas is het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne incognita* het grootste probleem. Dit aaltje is warmteminnend, legt eieren in de wortels van alle belangrijke vruchtgroentegewassen, en is vooral in komkommer en tomaat een probleem. Als aaltjes in de wortels eieren hebben gelegd, dan ontstaan knobbeltjes en is de opname van nutriënten verstoord met als gevolg een slechte gewasontwikkeling.

De eieren in de wortels vormen het grootste probleem. Aaltjes kunnen op die manier lang overleven en ze zijn moeilijk te bestrijden. Behalve het *incognita*aaltje zijn ook andere wortelknobbelaaltjes in de meeste bodems aanwezig, zoals *Meloidogyne hapla*, *M. javanica* en *M. hispanica* (zie ook Tabel 4). Ook deze aaltjes kunnen schade aan het gewas geven en zijn moeilijk te bestrijden.

Aantasting door wortelknobbelaaltjes laat zich over het algemeen gemakkelijk verraden door de aanwezigheid van wortelknobbels (foto 1). Afhankelijk van het gewas, soort wortelknobbelaaltje en ouderdom van de aantasting kunnen kleine of grote wortelknobbels worden aangetroffen. Zo zijn de knobbels die *M. hapla* induceert over het algemeen vertakt en slechts enkele millimeters dik, terwijl bij een aantasting door *M. incognita* knobbels tot 2 cm eerder regel dan uitzondering zijn.

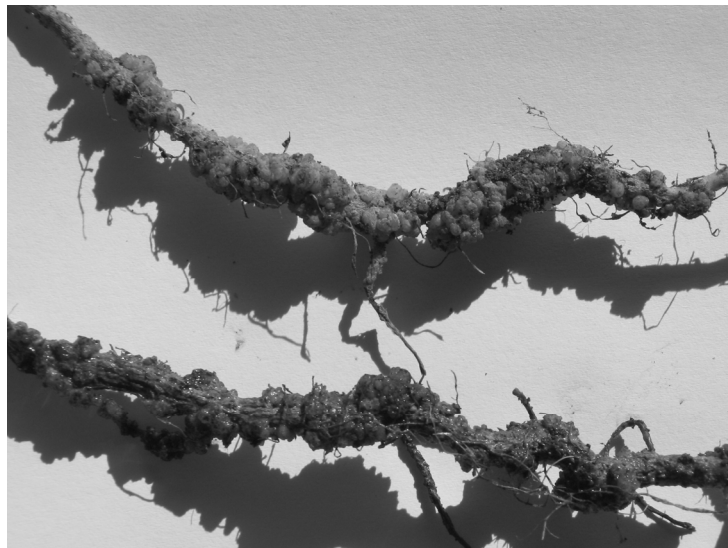


Foto 1. Wortelknobbels veroorzaakt door het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne* spp.

Wortelknobbelaaltjes (familie der Meloidoginidae) vormen een duidelijke eenheid binnen de Tylenchina - Tylenchomorpha. De groep van de Tylenchomorpha bevat de grootste en belangrijkste groepen van plantparasitaire nematoden, zoals wortelknobbelaaltjes (Meloidogynidae), wortellesie aaltjes (Pratylenchidae), tylenchide aaltjes (Tylenchidae), Hoplolaimidae en Heteroderidae (w.o. cystenaaltjes) (Holterman *et al.* 2007).

Wortelknobbelaaltjes komen overal ter wereld voor en hebben een zeer brede waardplantreeks. Voornamelijk vanwege deze zeer brede waardplantreeks zijn ze moeilijk te bestrijden.

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) behoren tot de endoparasitaire aaltjes en dringen door in de wortels van de plant waar ze plantweefsel aantasten en de wortelfunctie belemmeren. Dit resulteert in een verminderde sapstroom naar bovengrondse delen met als gevolg 'slap gaar' van de plant. Wortelknobbelaaltjes zijn er in vele soorten en maten (Tabel 2.). Voornamelijk het Warmteminnende wortelknobbelaaltje (*M. incognita*) is een probleem in de kas-teelten van biologische groenten, zoals komkommer, tomaat en paprika. Daarnaast worden in deze kassen aange-

troffen het Noordelijk wortelknobbelkaaltje (*M. hapla*), het Perzikwortelaaltje (*M. hispanica*), het Warmteminnende wortelknobbelaaltje (*M. javanica*) en het Maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*). Het laatste aaltje veroorzaakt in Nederland grote economische schade in diverse gewassen, waaronder aardappelen, erwten, peen en schorseneer. Hierdoor heeft het Maïswortelknobbelaaltje sinds mei 1998 de quarantainestatus (*Q*-status). Dit betekent voor de praktijk dat al het uitgangsmateriaal, zoals pootgoed, plantgoed, knollen en bollen, vrij moet zijn van dit aaltje.

Tabel 2. *Wortelknobbelaaltjes soorten: Nederlandse- en wetenschappelijke naamgeving (Uit: Karssen et al. 2001).*

Wortelknobbelaaltjes	
Bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje	<i>Meloidogyne fallax</i>
Graswortelknobbelaaltje	<i>M. naasi</i>
Helmgraswortelknobbelaaltje	<i>M. maritima</i>
Houtwortelknobbelaaltje	<i>M. ardenensis</i>
Koffiewortelknobbelaaltje	<i>M. exigua</i>
Koolwortelknobbelaaltje	<i>M. artiellia</i>
Maïswortelknobbelaaltje	<i>M. chitwoodi</i>
Noordelijk wortelknobbelaaltje	<i>M. hapla</i>
Olijfwortelknobbelaaltje	<i>M. lusitanica</i>
Perzikwortelknobbelaaltje	<i>M. hispanica</i>
Rijstwortelknobbelaaltjes	<i>M. graminicola, M. oryzae</i>
Vals wortelknobbelaaltje	<i>Nacobbus aberrans, Meloidogyne arenaria</i>
Warmteminnende wortel- knobbelaaftjes	<i>M. incognita, M. javanica</i>
Zandhaverwortelknobbelaaltje	<i>M. duiytsi,</i>
Zeggewortelknobbelaaltje	<i>M. kralli</i>

De soort *Meloidogyne enterolobii* (syn. *M. mayaguensis*) is recent in Nederland gevonden in een importpartij rozen (PD, februari 2008). Van *M. enterolobii* is bekend dat het eenvoudig resistentie doorbreekt en een nog bredere waardplantreeks kent dan zijn soortgenoten. Hierdoor wordt het in de wandelgangen ook wel quarantaine soort 'Nummer 1' genoemd. Dit aaltje is voor het eerst beschreven in aubergine in Puerto Rico. In 2001 is dit aaltje voor het eerst waargenomen in Noord Amerika – Florida. Ook is het waargenomen in Cuba (1989), Zuid-Afrika (1997) en West Afrika (1994 – 2000), Guadalupe ard Martinique (2000), Malawi en Tobago-Trinidad (2000), Brazilië (2001) en Frankrijk (2002). Recent is het waargenomen in twee kassen in Zwitserland (febr. 2008). Of dit aaltjes in Nederlandse kassen voorkomt is nog niet bekend.

1.3 Levenscyclus van wortelknobbelaaltjes

De wortelknobbelaaltjes vermeerderen zich in de wortel. Ze kunnen door de plant te manipuleren voedingscellen ('*reuzencelleri*' of syncytia) aanmaken en zich vermeerderen. De vrouwtjes zetten de eitjes af buiten het lichaam in een gelatineuze massa, de zogenaamde eiprop (Foto 2). Deze eiprop kan tot 1000 eitjes bevatten. Dit veroorzaakt de karakteristieke wortelknobbels. De eitjes komen uit en de vrijlevende J2 aaltjes komen uit de wortel om weer opnieuw een plant binnen te dringen. Dit stadium is ongeveer een week actief afhankelijk van de bodemtemperatuur.

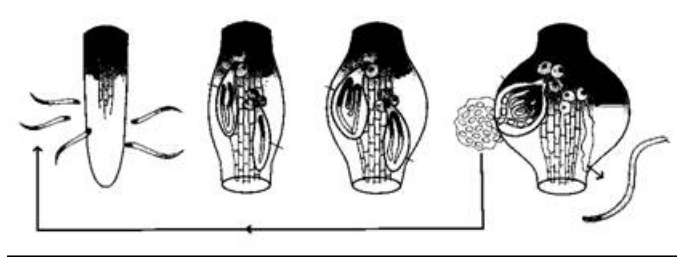


Foto 2. *Levenscyclus van het wortelknobbelaaltje (Meloidogyne spp.). De eerste afbeelding geeft een wortelpunt weer met de zgn. vrijlevende (J2) wortelknobbelaaltjes. De tweede afbeelding laat wortelknobbelaaltjes in de wortel zien die opzwellen (J3). In de derde afbeelding bevinden de aaltjes zich in het J4 stadium. De laatste afbeelding laat zien dat de aaltjes openbarsten en er een eiproop uit de wortel steekt. De pijl geeft vervolgens aan dat uit de eieren weer J2 larven tevoorschijn komen.*

De eiproppen, in vooral wortelresten, blijven langer vitaal. De latente aanwezigheid kan oplopen, ook weer afhankelijk van de bodemtemperatuur, tot jaren. Door de schade aan de wortels wordt er minder efficiënt water en voedingsstoffen naar de bovengrondse delen van de plant getransporteerd. Dit veroorzaakt groeiremming.

De generatieduur of levenscyclus van wortelknobbelaaltjes verschilt per soort en hangt af van de bodemtemperatuur en in mindere mate de voeding. Van wortelknobbelaaltjes die in kassen met biologisch geteelde groenten aanwezig kunnen zijn, is in Tabel 3 een overzicht opgenomen van het aantal dagen dat de levenscyclus duurt in relatie tot de bodemtemperatuur. Bij 18° bijvoorbeeld duurt de levenscyclus van *M. incognita* ruim zeven weken, terwijl deze bij 27°C en nog maar 3,5 week bedraagt. Uit deze gegevens kan per soort de *temperatuurdrempel* en de benodigde *temperatuursom* boven die drempel worden berekend. Hiermee kan het effect van elk willekeurig temperatuurverloop worden bepaald.

Tabel 3 *Levenscyclus van wortelknobbelaaltjes in relatie tot de bodemtemperatuur (afgeleid uit Ploeg & Maris, 1999). De gegeven temperatuursom boven de drempelwaarde is nodig voor het verschijnen van de eerste J2. Voor het bereiken van de maximale nakomelingschap moet deze temperatuursom ongeveer worden verdubbeld.*

	Levenscyclus (dagen)				Temperatuur- drempel (°C)	Temp.som boven drempel
	Bodemtemperatuur					
<i>Meloidogyne</i> sp.	18 °C	21 °C	24 °C	27 °C		
<i>M. arenaria</i>	54	36	27	21	12.1	318
<i>M. hapla</i>	56	43	35	29	8.3	545
<i>M. incognita</i>	51	37	29	24	10.1	404
<i>M. javanica</i>	69	43	32	25	12.8	357

Wortelknobbelaaltjes komen in het tweede-juvenile-stadium (J2) uit de eitjes en gaan via de grond op zoek naar wortels. Alleen dit stadium is tot aantasting in staat. Een J2 varieert in lengte van 380 tot 460 µm (ca. 0,4 mm) en heeft een diameter van ca. 14 µm. Een J2 dringt de wortel binnen in de strekkingszone juist achter het wortelmutsje en verplaatst zich, tussen de cellen door, naar de jonge vaatbundels. Hier induceert het een voedingsplek, bestaande uit reuzencellen en floeem-vaten. Deze dienen als voedselbron voor het zich ontwikkelende aaltje. Na drie vervellingen ontstaat uit een J2, via het J3- en J4-stadium, een volwassen vrouwtje of mannetje.

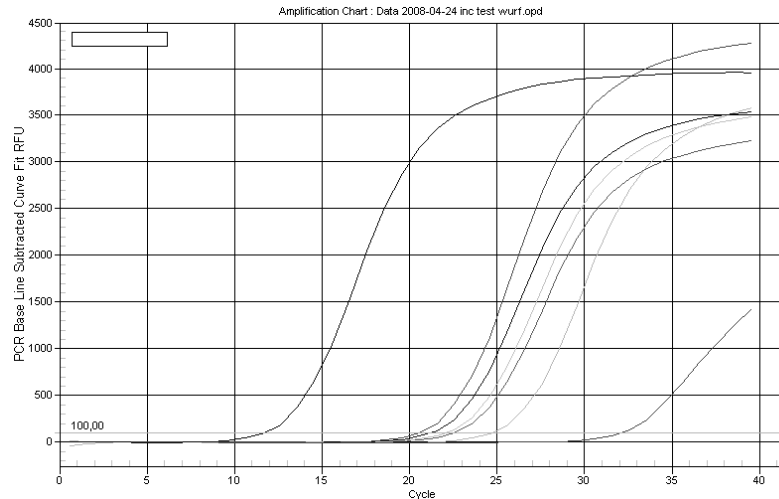
Een vrouwtje is ovaal tot bolvormig (540x800 µm) en melkwit van kleur en leidt een sedentair leven. Een mannetje is in tegenstelling tot het vrouwtje aalvormig en zal de wortel verlaten, eventueel om te paren. Veel wortelknobbelaaltjes vermeerderen zich echter parthenogenetisch ofwel ongeslachtelijk, dus zonder paring met een mannetje. Omdat de opgezwollen stadia (J3, J4 en ♀) zich in de wortels bevinden en zich niet kunnen verplaatsen, zullen deze stadia nooit los in grondmonsters worden aangetroffen. Vrouwtjes zetten de eitjes buiten het lichaam af in een gelatineachtige substantie, de zogenaamde eiprop. Hierdoor zijn de eitjes redelijk goed beschermd tegen ongunstige omstandigheden. Een eiprop bevat 300 - 500 eitjes, maar uitschieters tot duizend eitjes zijn mogelijk. Door extra celdeling ontstaan er op de wortels ook wortelknobbels of gallen, die per aaltjessoort en gewas kunnen variëren in grootte en vorm. Zijn de wortelknobbels slechts een paar mm groot, dan zullen nagenoeg alle eiproppen net buiten de knobbel worden afgezet. Bij grotere wortelknobbels zullen veel eiproppen in de knobbel zelf worden afgezet. Dit is veelal het geval bij warmteminnende wortelknobbelaaltjes, die de plant aanzetten tot de vorming van grote knobbels. Hoe ouder de aantasting is, des te groter de knobbels vaak zijn. Knobbels met een dikte van twee cm zijn bij tomaat en komkommer geen uitzondering. Het ei maakt een embryonale ontwikkeling door die resulteert in een eerste-stadium-juveniel (J1). Deze blijft in het ei en vervelt, waarna het aaltje als een J2 uit het ei te voorschijn komt.

1.4 Identificatie van wortelknobbelaaltjes

Aantasting door aaltjes openbaart zich bovengronds vaak in een groeiachterstand, gebrekverschijnselen, verwelking en in het ernstigste geval in het afsterven van planten. Aaltjes zijn echter niet de enige ziekteverwekkers die dergelijke symptomen kunnen veroorzaken. Ook schimmels zoals *Phytophthora* spp. en plant parasitaire *Fusarium* spp. zijn hiertoe in staat. Om de juiste oorzaak te achterhalen moet het gewas verder worden onderzocht of bemonsterd.

Bij wortelinspectie is het gebruik van een spade gewenst, vooral wanneer de wortels in lichte mate zijn aangetast en maar kleine knobbeltjes bevatten. Worden de wortels zonder meer uit de grond getrokken, dan blijven er veel wortels in de grond achter en wordt een moeilijk zichtbare aantasting gemakkelijk over het hoofd gezien. De ervaring leert dat in oudere kassen waarin al meerdere jaren zonder tussentijds stomen in de grond wordt geteeld geen aaltjesvrije plekken meer te vinden zijn. Wel is er grote variatie in dichtheden. Vooral met praktijkexperimenten moet hier rekening mee gehouden worden. Dat kan door in de analyse van een experiment de aantallen aaltjes mee te nemen van voor- en na een behandeling.

Niet alle aaltjes laten echter zulke duidelijke wortelsymptomen achter als wortelknobbelaaltjes. Het kan dan ook nodig zijn diagnostische bemonsteringen uit te voeren om de oorzaak te achterhalen. Daarvoor kunnen uit de rand van een slechte plek en enkele meters daarbuiten grond en wortels worden verzameld en onderzocht op ziekteverwekkers. Vergelijking van beide uitslagen geeft een indicatie van de ziekteverwekker die mogelijk verantwoordelijk is voor de groeiachterstand. Meerdere ziekteverwekkers tegelijk (ziektecomplex) zijn ook mogelijk. Diagnostische bemonstering is ook noodzakelijk als niet bekend is welke soorten wortelknobbelaaltjes aanwezig zijn. Aaltjes en schimmels kunnen tegenwoordig ook via *DNA* onderzoek worden geïdentificeerd (Figuur 1).



Figuur 1. Typische DNA qPCR grafiek (Uit: Blgg, Wageningen) met horizontaal het aantal cycli (tijd) van de polymerase ketting reactie en verticaal de hoeveelheid gevormde DNA-merker voor *M. incognita*. Hierdoor kan de hoeveelheid *M. incognita* in het monster worden geschat. De verschillende lijnen representeren merkers voor *M. javanica*, *M. incognita* en merkers die staan voor tropische soorten in het algemeen. Hoe eerder de curve begint, des te meer een monster het DNA van die soort bevat.

1.4.1 Identificatie op soort

Identificatie van de soorten plantenparasitaire aaltjes die op een bedrijf of per afdeling aanwezig zijn, is een onmisbare schakel in de Aaltjesbeheersingstrategie (Molendijk 1999). Dit vormt de basis voor het nemen van effectieve maatregelen. Dit geldt zeker voor het opstellen van een goed bouwplan. Immers resistenties en toleranties hebben alles te maken met de communicatie over en weer tussen plant en aaltje, waarbij de communicatie over en weer vaak soortafhankelijk is. Grote verschillen in vatbaarheid van een gewas voor diverse soorten aaltjes zijn eerder regel dan uitzondering. Dat geldt ook met betrekking tot de schadegevoeligheid. Ook in verband met biologische bestrijding door middel van schimmels en bacteriën is identificatie gewenst. De effectiviteit van biologische bestrijding wordt in veel gevallen bepaald door de soort waartoe het te bestrijden aaltje behoort. Naarmate er meer gestookt wordt, zoals in de glastuinbouw, is er een grotere rol van de warmteminnende soorten zoals *M. incognita* en *M. javanica* te verwachten in vergelijking met de gematigde soorten zoals *M. hapla* die vooral in koude kasteelten floreren.

Het bemonsteren van de grond per afdeling is een goede methode om te achterhalen welke soorten er op het bedrijf aanwezig zijn. Zo kan de gewaskeuze per afdeling worden afgestemd op de soorten aaltjes die daarin aanwezig zijn. Op dit moment is er vaak onvoldoende kennis over de aanwezigheid van plantenparasitaire wortelaaltjes op de bedrijven. In de meeste gevallen is wel bekend dat er wortelknobbelaaltjes aanwezig zijn, maar is er geen betrouwbare informatie over de soort(en). Laat staan dat er iets bekend is over de aanwezigheid van andere plantenparasitaire wortelaaltjes.

Niet alle laboratoria zijn in staat om *Meloidogyne* soorten te onderscheiden.

Identificatie op soort kan gebeuren op grond van:

- De morfologie van juveniele en wijfjes maar dit is tamelijk specialistisch en bewerkelijk.
- Een tweede methode is het onderzoek aan eiwitten (isozyemen) uit de wijfjes. Beide methoden worden doorgaans met 20 individuen gedaan, zodat een bijmenging van 5-10% van een andere soort een redelijke kans maakt om opgemerkt te worden.
- De meeste recente (moleculaire) methoden berusten op het aantonen van soortspecifieke stukjes DNA via een ophopingstechniek (PCR of taqman-PCR); met deze technieken kunnen momenteel alle belangrijke *Meloidogyne* soorten worden onderscheiden en zijn bijmengingen van 1-5% van een andere soort zichtbaar (Figuur 1. Tabel 4).

Tabel 4. Globale inventarisatie van wortelknobbelaaltjes op 12 bedrijven met moleculaire DNA qPCR detectie (oktober 2008). Bedrijven zijn weergegeven volgens code Biokas 2005-2008. Aantallen zijn weergegeven per 100 cc grond. *Meloidogyne spp.* betekent dat wortelknobbelaaltjes niet op soort gedetermineerd konden worden (er is vooralsnog geen moleculaire detectie beschikbaar voor diverse andere soorten zoals *M. enterolobii* syn. *M. mayaguezensis*).

Bedrijf	<i>M.chitwoodi</i>	<i>M.fallax</i>	<i>M.minor</i>	<i>M.naasi</i>	<i>M.hapla</i>	<i>M.javanica</i>	<i>M.incognita</i>	<i>Meloidogyne spp</i>
AG	-	-	-	-	1	2000	-	-
AH	-	20	-	14	1244	-	460	-
B	-	1	-	-	2	-	3413	-
C	-	-	-	-	2800	700	1400	-
D	-	-	-	-	4	0	1455	-
E1	-	-	-	-	-	15	0	-
E2	-	-	-	-	2	1	5	-
G	-	662	-	-	9308	5	10	-
N	-	-	-	-	-	-	455	-
O	-	-	-	-	-	-	-	10
F1	-	2	-	-	167	-	1000	-
F2	-	-	-	-	11110	-	-	-
F3	1	-	-	-	7	-	350	5350
F4	-	-	-	-	1	-	6980	-

F1=paprika bij teler F; F2=tomaat bij teler F, F3=komkommer bij teler F, F4=tomaat bij teler F.

1.4.2 Identificatie op biotype

Soms kan het gewenst zijn om de identificatie nog verder door te voeren om de waardplantreeks van het aaltje te nauwkeurig te voorspellen, namelijk op het biotype-niveau. Een biotype binnen een aaltjessoort kan betrekking hebben tot een afwijkende waardplantreeks (biotype=fysiologisch ras), een afwijkende interactie met een resistentie-gen (biotype=pathotype), of bijvoorbeeld een afwijkend voortplantingssysteem. Bij *M. incognita* zijn vier fysiologische rassen bekend en bij *M. arenaria* twee. *M. hapla* heeft twee biotypen die refereren aan het voortplantingssysteem, maar vermoedelijk ook aan de waardplantreeks. Vermoedelijk tasten al deze biotypen tomaat en andere Solanaceeën aan, maar voor andere plantenfamilies is er wel verschil. Het kan dus voor bepaalde gewassen gewenst zijn om de waardplantstatus per bedrijf te bepalen, maar dit is een arbeidsintensieve procedure.

1.5 Grondsoort, water en bemesting

De grondsoort geeft een indicatie over de aaltjes die aanwezig kunnen zijn. Wortelknobbelaaltjes komen vooral voor op lichtere grondsoorten (Norton 1978), maar zware klei is ook mogelijk. Zo is *M. incognita* aanwezig op een bedrijf met 46% afslibbaar en weet zich daar goed te vermeerderen.

Ook watergehalte in de bodem is belangrijk omdat bij droge grond de wortelknobbelaaltjes eieren last krijgen van osmotische stress. Als de eieren te droog worden dan sterven de larven in de eieren af.

Daarnaast is bekend dat anorganische zouten spelen een rol bij de aantrekking en afstoting van wortelknobbelaaltjes van wortelstelsels. Eenvoudige zoutionen zoals K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , and Cl^- stoten J2 wortelknobbelaaltjes af. Het is eerder bediscussieerd (cf. Sudirman 1992) dat zouten en vooral NH_4^+ in de eieren en juvenielen kunnen komen (via osmose) en de energieproductie (ATP) kunnen remmen waardoor de aaltjes afsterven. Castro *et al.* (1990) stellen vast dat het anion NO_3^- het meest afstotend werkt, en daarna gevolgd door respectievelijk Cl^- , Br^- en I^- . Voor de kationen komen ze tot de volgorde, van respectievelijk sterk naar zwak afstotend: K^+ , Ca^{2+} en daarna NH_4^+ . De chloride en nitraat zouten van deze laatste kationen werken volgens hen ook afstotend (zie ook Sudirman 1984). Fosfaatbemesting (HPO_4^{2-}) in de vorm van H_3PO_4 vermindert wortelknobbels (*M. marylandi*) in graan waarschijnlijk door het stimuleren van systemische weerstand van de plant (Oka *et al.* 2007).

2 Problematiek

Speerpunt van het onderzoek binnen biologische vruchtgroenten en bloemen onder glas in de periode van 2006 tot 2009 was het vinden van een duurzame oplossing voor gewasschade veroorzaakt door bodemgebonden ziekten en plagen met in het bijzonder het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne* spp. Dit aaltje kan tot veertig procent opbrengstverlies geven in bodemgebonden biologisch gekweekte gewassen zoals tomaat, komkommer, freesia en alstroemeria. In 2007 stond het wortelknobbelaaltje in de top 10 van meest gevreesde ziekten en plagen in de biologische teelt van groenten onder glas. Deze top-10 lijst is samengesteld op basis van een enquête gehouden in november 2007 onder telers (Tabel 5).

Dat wortelknobbelaaltjes in grondgebonden kasteelten een groot probleem zijn, heeft verschillende oorzaken. In de eerste plaats moet de intensieve teeltwijze worden genoemd. Vooral in gestookte teelten krijgt de bodem nauwelijks tijd om op adem te komen via natuurlijke afname van deze aaltjes. Na het ruimen van een gewas staat het volgende gewas meestal binnen een maand alweer in de grond.

Tabel 5. Top 10 ziekten en plagen in de biologische groenteteelt onder glas, gerangschikt van belangrijk tot minder belangrijk.

	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
1	<i>M. incognita</i>	Warmteminnende aaltjes
2	Overige aaltjes, zoals <i>M. hapla</i> , <i>M. javanica</i>	Noordelijk wortelknobbelaaltje, warmteminnend -
3	<i>Sclerotinia</i>	Rattekeutelziekte
4	<i>Verticillium</i>	Verwelkingziekte
5	<i>Pyrenochatea</i>	Kurkwortel
6	<i>Pythium</i>	Kiemplantenziekte
7	<i>Fusarium</i>	Voetrot
8	Millipeda	Miljoenpoten
9	Isopoda	Pissebedden
10	Symphyla	Duizendpoten (wortel-)

Er zijn binnen dit onderzoek verschillende methoden en middelen van biologische oorsprong onderzocht. Deze zijn breder in te zetten zoals in de gangbare teelt van diverse bodemgebonden bloem- en groenten gewassen. Voorbeelden hiervan zijn alstroemeria, chrysant, freesia, lisianthus, radijs, sla. Middelen en methoden van natuurlijke oorsprong kunnen ook een duurzaam alternatief bieden voor ziekte- en plaagbestrijding in de gangbare teelt. De grondgebonden teelt in Nederland beslaat ongeveer 2100 hectare (Tabel 2), waarvan 1625 hectare sierteelt (chrysanten, freesia's, alstroemeria, lisianthus, amaryllis, zomerbloemen, lelie, overig) en 475 hectare groenteteelt (sla, radijs, kleinfruit, overig). Voor grondgebonden teelten onder glas zijn chrysant en freesia de economisch gezien de belangrijkste gewassen (Tabel 6.)

Tabel 6. *Oppervlakte van de economisch belangrijkste grondgebonden teelten onder glas in Nederland.*

Gewas	Oppervlakte (ha)
Chrysant	566
Bio-groenten	70
Alstroemeria	93
Freesia	155
Lisianthus	40

In de bedekte teelten heeft men niet de mogelijkheden die er in de open teelten zijn. Een aantal zomermaanden groene- of zwarte braak, of biologische grondontsmetting verricht wonderen. In de bedekte teelten is dit echter een onbespreekbare optie. Kasteelt is duur en daardoor is non-stop jaarrond telen voor de bio-teler een noodzaak. Chemische bestrijdingsmiddelen, voor zover nog wettelijk toegelaten, mogen niet gebruikt worden. En werkzame biologische middelen zijn er niet. Een teeltwisseling van komkommer, tomaat en paprika zet geen zoden aan de dijk omdat geen van deze vruchtgroenten volledig immuun zijn. Een optie is om rotatie uit te breiden met een ander gewas dat wel immuun is. Maar het teeltsysteem en het sorteren van producten is beperkend voor de keuze, en er is vaak (nog) te weinig vraag naar andere bio-producten, zoals bloemen. Daarnaast kost het voor de teler veel tijd en moeite om nieuwe afzetgebieden te vinden.

2.1 Biologische teelt van groenten

Onder de biologische vruchtgroenteteelt staat die van komkommer het zwaarst onder druk omdat resistentie ontbreekt en aaltjesbeheersing nauwelijks ontwikkeld is. Maar ook de teelt van tomaat en paprika staan onder druk. Resistentie, voor zover aanwezig, wordt doorbroken bij hoge populatiedichtheden van wortelknobbelaaltjes en hoge temperaturen. Volledige resistentie is voorlopig nog niet mogelijk (Bouwman-van Velden & Janse 2009).

2.1.1 Kosten en productieverlies

Grondstomen (Runia 1992) is tot nu toe de meest effectieve remedie, maar kost veel energie en geld (Box 1), en doodt een groot deel van het bodemleven. Het past volgens veel telers daardoor niet in een biologisch teeltsysteem. In toenemende mate proberen telers grondstomen achterwege te laten, maar in geval van toenemende schade is dit de enige remedie om bodempathogenen het hoofd te kunnen bieden.

BOX 1 Kosten en productieverlies door wortelknobbelaaltjes				
<i>Onderstammen (kosten en productieverlies)</i>				
Schadepost	Euro per vierkante meter			
	komkommer	Paprika	Tomaat	Rotatie
Verminderde opbrengst aaltjes	10-20%	>5%	10-15%	10-20%
Verminderde opbrengst onderstammen	Meeropbrengst** ***	0-20% minderopbrengst + 1 euro enten	Meeropbrengst**	
Kosten stomen (eens per 2 jaar)*	1,50	1,50	1,50	1,50
Kosten investering stoomdrainage ²	0,35	0,35	0,35	0,35
Totaal	1,85 + 10-20% derving	2,85 + 5-15% derving	1,85 + 10-15% derving	
Opbrengsten zonder aaltjes (schatting, kg)	55 – 65	25 – 30	50 – 55	
Opbrengsten (Euro)	55,= – 65,=	60,= – 70,=	65,= – 75,=	
Relatieve kosten Aaltjes t.o.v. opbrengsten	15 – 25%	15 – 25%	15 – 20%	
Schade / m ²	8,= – 15,=	4,00 – 7,50	7,50 – 10,=	
<p>* stomen wordt volledig toegeschreven aan aaltjesproblematiek.</p> <p>** Meerkosten geente plant worden verdisconteerd door bredere plantzetting en dubbele streng (Kurt Cornelissen; PCG)</p> <p>*** Meeropbrengst in verhouding tot teelt in grond met aaltjes – op zichzelf geeft enten van komkommer een minderproductie van 5-10%.</p> <p style="text-align: right;"><i>Uit: Vermeulen et al. 2008.</i></p>				

2.1.2 Drie bedrijfstypen en grondstomen

In Nederland kunnen we de bioteelt onder glas grofweg indelen in drie bedrijfstypen, nl. vruchtgroenteteelt jaarrond 1:2 of 1:3, vruchtgroente afgewisseld met bladgroenten in winterperiode, en koude kas of lichte stook (luchtverwarming) met ruime vruchtwisseling. Telers die jaarrond bladgewassen telen zijn er niet in Nederland. Vooral jaarrond telers van vruchtgroenten (komkommer, tomaat, paprika) ondervinden de grootste problemen met wortelknobbelaaltjes zoals *Meloidogyne incognita*.

Grond afkomstig van twintig biologische bedrijven behorend tot bovengenoemde categorieën is in 2008 geanalyseerd op een groot aantal factoren, zoals abiotiek; diversiteit van de nematoden, Streptomyceten- en Pseudomonadengemeenschap; totale schimmel- en bacteriële biomassa. In Figuur 2 is een analyse uit dit onderzoek afgebeeld in de vorm van een ordinantie analyse (*principal component analyses*, PCA). Hiermee kun je in een oogopslag de samenhang (correlatie) tussen meerdere metingen samenvatten in een *zgn.* ordinantiefrafiek. Hieruit blijkt dat vooral op bedrijven met teelt in een koude kas de hoogste diversiteit aan Pseudomonaden in de grond hebben. Deze groep bestaat uit diverse soorten bacteriën die een rol kunnen spelen in de weerbaarheid van de grond tegen ziekten en plagen, maar ook ziekteverwekkers, zoals veroorzakers van nerfrot en slijmrot in sla en prei (Vanhouteghem *et al.* 2006). Daarnaast bevatten deze gronden relatief veel schimmelbiomassa en een complex voedselweb. Dit laatste kun je concluderen op basis van de verschillen in nematodengemeenschap (Figuur 2). Zoals

² Gesloten systeem met twee slangen per 3,20 meter = 2,50 €/m². uitgaande van 7% afschrijving, 1% onderhoud en 6% investeringskosten = 35 ct/m²

eerder beschreven in §1.1.1, zijn aaltjes een enorme diverse groep met o.a. entomopathogene-, saprofage- en roofaaltjes. Deze aaltjes vervullen een verschillende rol in het voedselweb en kunnen daarom beschouwd worden als representatief voor de diversiteit van het voedselweb.

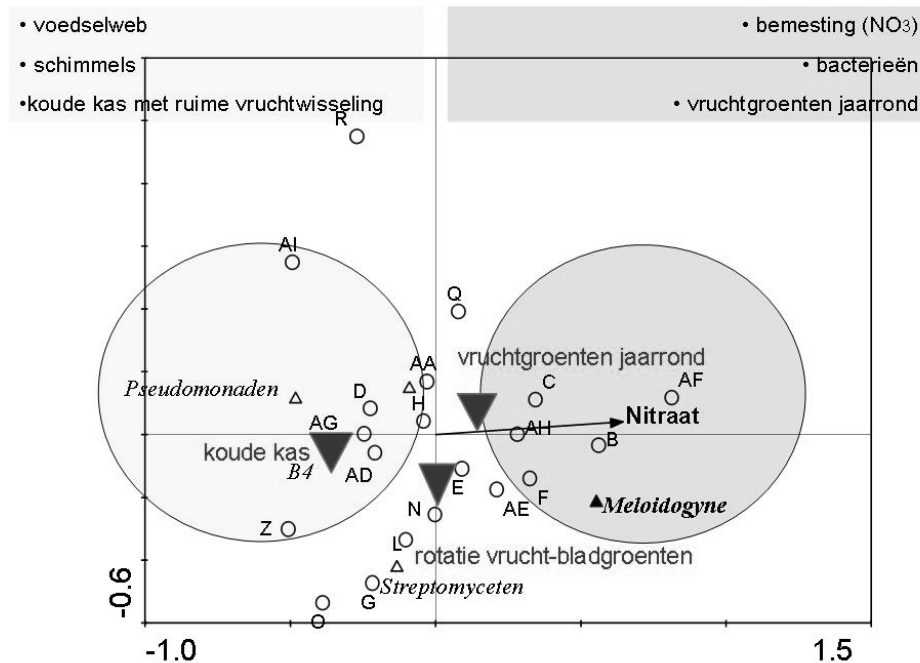
Het tegenovergestelde is te vinden in de grond van de bedrijven met een jaarronde teelt van vruchtgroenten (Figuur 2). De grond van deze telers bevat meer bacteriële biomassa, een simpeler voedselwebstructuur en heeft een relatief hogere concentratie aan nitraat.

De bedrijven met een rotatie aan vrucht- en bladgroenten bevinden zich precies in het midden (Figuur 2). Bij deze groep wordt de hoogste diversiteit aan Streptomycten gevonden. Dit zijn bacteriën die met name betrokken kunnen zijn bij de bodemweerbaarheid tegen ziekten en plagen waaronder wortelknobbelaaltjes (Da Silva Sousa *et al.* 2006). Ze zijn vooral verantwoordelijk voor de afbraak van dode plantenresten en bekend om de productie van stoffen tegen (plantparasitaire) bacteriën en schimmels.

De analyse laat ten slotte duidelijk zien dat vooral bedrijven met een jaarronde teelt van vruchtgroenten problemen ondervinden met *Meloidogyne* spp. Opvallend is dat de grond van deze telers ook gekenmerkt wordt door een hogere concentratie aan nitraat in de grond ten opzichte van bedrijven met de teelt in een koude kas. Jaarrond telers van vruchtgroenten maken vaker gebruik van grondstomen; dit heeft een negatieve invloed op organismen zoals Pseudomonaden die een belangrijke rol spelen in de denitrificatie. Het gevolg is dat nitraat zich ophoopt in de bodem. Bovengenoemde theorie verklaart overigens ook de lage diversiteit aan Pseudomonaden in deze gronden: Pseudomonaden staan namelijk bekend als temperatuurgevoelig. Dit kan dus betekenen dat grondstomen indirect de hoge concentratie aan nitraat veroorzaakt door Pseudomonaden uit het bodemsysteem te verwijderen en de denitrificatie te stoppen. De nitraat concentraties die gevonden zijn in het onderzoek variëren overigens van 0,9 tot 7,9 mmol en zijn op zich niet schrikbarend hoog.

Zowel nitraat als ammonium kunnen invloed hebben op zowel pathogeen, antagonisten als groei- en weerstand van de plant. Als denitrificatie domineert en ammonium waarden hoog zijn dan heeft dit een negatief effect op wortelknobbelaaltjes. Maar nitraat kan bijvoorbeeld in tomaat voor extra groei krachten zorgen waardoor de plant toleranter wordt voor wortelknobbelaaltjes (Spiegel *et al.* 1982) en zelfs afstotend werken (Castro *et al.* 1990). Daarnaast kunnen bijvoorbeeld Pseudomonaden nauw bij denitrificatie processen betrokken zijn en ze kunnen hierdoor dus een indirect werend effect hebben op wortelknobbelaaltjes.

Een optimale balans tussen nitraat en ammonium is dus het beste voor een optimale plantgroei en het stoppen van syncytia vorming, d.i. een reuzencel als voedingsbron voor wortelknobbelaaltjes, en dat grondstomen een negatieve rol heeft in dit proces.



Figuur 2 Ordinantiediagram (PCA) op basis van bodemfuncties en bacteriële diversiteit *Pseudomonaden* en *Streptomyceten* in grond van 20 biologische bedrijven onder glas. De horizontale as verklaard 97.3% van alle variatie en staat voornamelijk voor een toename in nitraat (zwarte pijl). Driehoeken (▲) geven de positie van bedrijfstypen (a.) vruchtgroenten jaarrond, (b.) koude kas met ruime vruchtwisseling, en (c.) rotatie van vrucht- met bladgroenten in de winter. Letters staan voor bedrijven van biologische groenten onder glas. Punten die dicht bij elkaar liggen laten een positieve correlatie zien, de correlatie wordt sterker naarmate ze verder van de kruising van beide assen liggen (nulpunt). Punten die in het verlengde van elkaar liggen maar in tegengestelde richting, laten een negatieve correlatie zien (als het ene toeneemt, dan neemt het andere af). Omdat de horizontale -as de meeste variatie verklaard, zijn punten dichtbij deze as het belangrijkste.

2.2 Biologische teelt van bloemen

Ook in de biologische en grondgebonden geïntegreerde teelt van bloemen onder glas vormen wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) één van de grootste knelpunten. Daarnaast is *Fusarium avenaceum* een belangrijke oorzaak van uitval, zoals in freesia en lisianthus. Wegval door bodemziekten en plagen kan in de biologische teelt van bloemen oplopen tot 15%. Grondstomen is ook hier tot nu toe de meest effectieve remedie, maar dit is erg duur en past volgens de kwekers niet in een biologisch teeltsysteem.

De gewassen freesia, amaryllis en lisianthus waren tot voor kort de belangrijkste gewassen, maar door de beperkte vraag, in combinatie met de toenemende kosten van de productie van bloemen onder glas, is de hoeveelheid biologische bedrijven de laatste jaren enorm gereduceerd.

In samenwerking met PPO-BBF in Lisse is een zeer uitgebreid overzicht gemaakt van waardplanten voor aaltjes en opties voor biologische wisselteelt van bloemen (Box 2, zie Bijlage V voor een volledige lijst). Voor verdere informatie met betrekking tot assortiment, waardplant status voor aaltjes en opties voor wisselteeltsystemen verwijzen we naar Van der Helm *et al.* (2008; 2009).

BOX 2 Waardplantstatus en Vruchtwisseling in Zomerbloemen

In zowel het rapport als de brochure is een overzicht weergegeven met de waardplantenstatus van (biologische) zomerbloemen voor aaltjes. Waardplantenstatus houdt in of aaltjes zich op het gewas kunnen voortplanten. Schade en waardplantstatus zijn niet gelijk aan elkaar. De informatie in de Tabel (Bijlage V) is gebaseerd op een literatuurstudie van Nederlands en internationaal onderzoek. Enig voorbehoud op de resultaten is daarom noodzakelijk. Er is relatief weinig bekend over aaltjes in vaste planten, want er wordt weinig onderzoek gedaan en het sortiment is groot. Een gedetailleerd overzicht zoals voor o.a. akkerbouw en bolgewassen gemaakt is (www.aaltjesschema.nl), is daardoor niet mogelijk. Het overzicht in deze brochure is op basis van plantengeslacht, maar verschillen tussen soorten en zelfs cultivars zijn goed mogelijk. De volledige lijst met waardplantstatus waar mogelijk op cultivarniveau en is te raadplegen via internet www.ppo.wur.nl en in Bijlage V.

Het ontstaan van problemen met aaltjes in zomerbloemen en vaste planten is afhankelijk van de overleving, verspreiding en vermeerdering van de aaltjes in de bodem en de besmetting van percelen door introductie aaltjes. Elke methode van bestrijden van aaltjes in de bodem en plantmateriaal is beperkt en kent nadelen, dus voorkomen is altijd beter dan genezen. Het beste kunnen meerdere maatregelen gecombineerd worden in een aaltjes-beheersingsstrategie (ABS). Op www.aaltjesschema.nl is beschreven hoe deze gemaakt wordt. Maatregelen om problemen met aaltjes te voorkomen moeten op het gehele bedrijf doorgevoerd worden. Het begint bij met gezonde aaltjesvrije grond en gezond uitgangsmateriaal. Het eindigt bij een goede controle van planten die het bedrijf verlaten (Uit: Van der Helm *et al.* 2008, 2009).

2.3 Leeswijzer

In de biologische teelt wordt gestreefd naar een duurzame teelt van groenten en bloemen. Een landbouwproduct of voedingsmiddel mag zich alleen biologisch noemen als het productieproces aan wettelijke voorschriften voldoet (Skal, Zwolle 2009). Eén van deze wettelijke voorschriften is dat de biologische teelt plaatsvindt in de bodem. Maar de gewasschade veroorzaakt door aaltjes in de bodem is een belangrijk obstakel voor een rendabele- en duurzame teelt. Op dit moment worden grondstomen en onderstammen gebruikt als oplossing voor de aaltjesproblematiek. Maar grondstomen kost veel geld en dood een deel van het bodemleven en wordt daardoor door een groot deel van de biologische telers gezien als noodzakelijk maar niet gewenst. Onderstammen bieden op dit moment slechts een gedeeltelijke oplossing doordat de bodem veelal meerdere soorten wortelknobbelaaltjes bevat waartegen geen resistentie beschikbaar is en resistentie doorbroken kan worden bij hoge populatiedichtheden en hoge bodemtemperaturen.

In dit rapport wordt allereerst nader ingegaan op de problematiek betreffende aaltjes: Wat zijn aaltjes en welke zijn schadelijk voor land- en tuinbouw gewassen (hoofdstuk 1)? Vervolgens wordt de problematiek beschreven voor de biologische groenten- en bloemeteelt (hoofdstuk 2). Daarna wordt de stand van zaken weergegeven betreft huidige beheersopties van wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* sp.) door grondstomen en onderstammen (hoofdstuk 3). Vervolgens worden de onderzochte beheersmogelijkheden onderzocht (hoofdstuk 4) en dit wordt gevolgd door een conclusie en discussie (hoofdstuk 5).

De beheersmogelijkheden van wortelknobbelaaltjes (hoofdstuk 3) worden gelardeerd met de resultaten uit dit onderzoek. Details, zoals proefontwerp, toetsmethodiek worden achterwege gelaten om de leesbaarheid te bevorderen. Vragen over de opzet en details van de proeven kunnen gesteld worden aan de auteurs.

3 Huidige beheersmogelijkheden

3.1 Grondstomen

Op dit moment is grondstomen het enige probate middel dat glastelers hebben om aaltjes in de bodem te bestrijden. Het verdient niet de voorkeur van de telers, maar het is noodzakelijk om grote opbrengstverliezen te voorkomen. Daarnaast kan grondstomen voor een productieverhoging zorgen, zoals gedocumenteerd bij de teelt van chrysant in de eerste teeltronde na grondstomen (Van der Wurff 2009 ongepubl. data), door vrijkomen van bijvoorbeeld biologisch beschikbaar koolstof. Hete stoom wordt onder een dekzeil geblazen en soms met onderdruk de grond in getrokken. Dit kost op zijn minst 3.35 euro per vierkante meter (in 2008) en is daardoor een dure methode (Box 3).

BOX 3 Grondstomen

Jaarlijkse kosten voor stomen met stoomdrainage in 2008 (1 stoombeurt):

0,90 € / m² afschrijving, arbeid (bij secuur werken) en onderhoud (incl. 2-jaarlijkse keuring van € 6.000)

Voor de biologische teelt wordt de arbeid en afschrijving voor stomen op 1,50 € / m² geschat vanwege het meerwerk voor tijdelijk verwijderen van de buisrail en de regenleiding.

2,10 € / m² gas (7 m³/m² op zandgronden, 5 m³/m² op kleigronden) – hier gerekend met 30 ct / m³

Totaal: 3,00 € / m² (3,60 € / m² in Eco-teelt)

De beste stoom-resultaten worden behaald met grondstomen met onderdruk, 'stoomdrainage'. Bij deze techniek wordt er 60 cm diepte een drainagenet wordt aangebracht, wat gebruikt wordt om stoom dieper in de grond te zuigen. Een stoomdrainagesysteem betekent een meer-investering van: 0.35 Euro/meter³, maar zou 0,8 m³/m² gas per behandeling kunnen besparen (bloemisterij 22 nov. 2006) – volgens geïnterviewden is een besparing van 2 m³/m² mogelijk:

0,35 € / m² Investeringskosten stoomdrainage

0,90 € / m² afschrijving, arbeid en onderhoud. Voor de biologische teelt: 1,50 € / m²

1,50 € / m² gas (5 m³/m² op zandgronden, 3 m³/m² op kleigronden) – hier gerekend met 30 ct / m³

Totaal: 2,75 € / m² (3,35 € / m² in Eco-teelt)

Uit: Vermeulen et al. 2008.

Stomen is een generieke maatregel tegen alle schadelijke bodemorganismen o.a. *Verticillium* (wordt gedood bij 60°C), *Pythium* (55°C) en *Fusarium* (72°C), wortelduizendpoot (60°C), en aaltjes (50°C) (Slegers 2008). Bovendien doodt de hete stoom niet alleen de schadelijke aaltjes, maar ook al de goede aaltjes (hoofdstuk 1) en ander nuttig bodemleven. Hoe lang het duurt voordat goede aaltjes en ander nuttig bodemleven terugkeert na het grondstomen is onbekend. Roux-Michollet *et al.* (2008) zien dat, ondanks totale bacteriële biomassa na het stomen binnen 15 tot 62 dagen weer terugkeert (de zogenaamde draagkracht van een systeem, zie ook Wurff *et al.* 2006), met name nitrificerende bacteriën (verantwoordelijk voor de omzetting van ammonium naar nitraat) binnen 62 dagen nog niet teruggekeerd waren. Dit komt omdat deze groep in tegenstelling tot bijvoorbeeld denitrificerders (omzetting van nitraat naar ammonium) slecht tegen hoge temperaturen kan. Ook de samenstelling van de microbiële bodemgemeenschap veranderde sterk. Ondanks dat de algehele bacteriële activiteit (gemeten door SIR; zuurstof omzetting) en denitrificatie snel weer toenamen, bleven de waarden lager dan in niet-gestoomde velden. Onbekend is welke invloed het stomen op langere termijn heeft op de nitraatcyclus en andere bodemfuncties in de bodem.

³ Gesloten systeem met twee slangen per 3,20 meter = 2,50 €/m². uitgaande van 7% afschrijving, 1% onderhoud en 6% investeringskosten = 35 ct/m²

3.2 Onderstammen

De biologische teelt van zowel komkommer, paprika en tomaat kent problemen met wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.). Om uitval te beperken kan onder andere gebruik worden gemaakt van onderstammen die immuun of tolerant zijn voor deze aaltjes. Planten die zijn geïnfecteerd met wortelknobbelaaltjes zijn vaak gevoeliger voor droogte, blijven achter in groei en productie en zijn gevoeliger voor andere infecties zoals *Verticillium* en kurkwortel (*Pyrenochaeta* sp.; Hazendonk en Amsing 2002).

In het zoeken naar resistente onderstammen tegen *Meloidogyne* spp. wordt onderscheid gemaakt tussen tolerantie en resistentie. Resistentie is het vermogen van de waardplant om de groei en activiteit van plantparasitaire aaltjes te bemoeilijken of tegen te gaan. Tolerantie is het vermogen van de waardplant om een goede groei en productie te vertonen ondanks aaltjesaantasting van de wortels. Tolerante onderstammen reduceren dus de schade aan de plant, maar niet de oorzaak van de schade. Als tolerantie van een onderstam niet gepaard gaat met een zekere mate van resistentie, zorgt de onderstam ondertussen wel voor sterke vermeerdering van wortelknobbelaaltjes in de bodem (Hazendonk & Amsing 2002, Janse *et al.* 2007a,b). Na verloop van tijd leidt dit, ook al staat de onderstam bekend als tolerant, tot grote schade aan wortels en dus tot productieverlies en zelfs uitval.

3.2.1 Komkommer

De biologische komkommerteelt is van de drie vruchtgroentengewassen verreweg het meest gevoelig voor *Meloidogyne* aantasting (LaBrie 2009). De schade kan oplopen tot 30% productieverlies. Zelfs bij een gering visuele aantasting is al meetbare schade. Vooral *Meloidogyne incognita* veroorzaakt de meeste problemen in de biologische teelt van komkommer. Daarnaast zijn ook *M. javanica*, *M. hapla* en *M. arenaria* belangrijk.

Tabel 7. Onderstammen komkommers en resistentie tegen *Meloidogyne* sp. (Uit: Janse *et al.* 2007a).

Onderstam	Aantal (n)	Stuks/m ²	Kg/m ²	Gem. vrucht gewicht	Wortel knobbel ¹⁾	Aantal aaltjes/ 50 g wortel	Gevoeligheid ³⁾	Wortel gewicht	Bruin kleuring ⁴⁾
Aviance	19	42,4	19,4	458	8	414500	5.37	202.3	4
Azman	20	38,3	17,8	465	8	459500	5.46	243.5	2
Harry	19	45,1	20,4	452	3	415500	5.81	330.6	3
81-07	20	37,5	16,6	450	7	488500	5.64	198.5	1
82-07	19	39,5	18,0	456	6	435000	5.64	156.9	2
83-07	19	38,8	18,4	474	2	34000*	4.71	93.2	1
84-07 ²⁾	3	(46,4)	(21,8)	(470)	(4)	(58500*)	(4.79)	(137)	(1)
Sk	13	47,7	22,9	480	7.5	276500	5.32	202.2	3

¹⁾ Score 1 tot 10, waarbij een hoger cijfer meer wortelknobbels betekent ten opzichte van totale wortelstelsel.

²⁾ Slechts 3 planten

³⁾ Gevoeligheid is een maat voor de hoeveelheid J2 gecorrigeerd voor de WKI. Een lager cijfer betekent minder aaltjes voor eenzelfde hoeveelheid knobbel (dus meer resistent).

⁴⁾ Kleuring is geschat op een schaal van 1-4, waarbij een hoger cijfer meer verkleuring betekent.

Het is moeilijk om de gewasschade volledig toe te schrijven aan *Meloidogyne*, veelal is er ook vervolgschade door het verzwakte gewas (bijv. schimmelaantasting, dat op zijn beurt ook gewasschade geeft). In recent literatuuronderzoek (Labrie 2008) kwam naar voren dat er voor komkommer nog geen resistente onderstammen tegen *M. incognita* bestaan. Wel zijn er onderstammen met een hoge mate tolerantie en waarbij minder knobbel en eitjes

ontstaan. Zo is in komkommer de veelgebruikte onderstam *Sycios angulatus* 'Harry' in hoge mate tolerant voor *M. incognita* (Tabel 7 en 8; Janse *et al.* 2007a, b). Enten van planten op onderstammen brengen extra kosten voor het plantmateriaal met zich mee en kunnen 10-20% productverlaging geven. Een overzicht van enkele getoetste komkommer onderstammen met bijbehorende resistenties is gegeven in Tabel 7 en 8.

Tabel 8. Onderstammen komkommers en resistentie tegen *Meloidogyne* sp. (Uit: Janse *et al.* 2007b).

Onderstam	Aantal (n)	Stuks/m ²	Kg/m ²	Gem. vrucht gewicht	Wortel knobbels ¹⁾	Aantal aaltjes/ 50 g wortel	Gevoeligheid ²⁾	Wortel gewicht g	Bruin kleuring ³⁾
Aviance	16	27.2	10.7	393	7	41750	10.7	82	4.1
Harry	16	24.3	11.1	457	2	21125	10.4	110	4.0
E 88.035	15	22.1	10.3	468	7	14250	8.3	56	2.2
E 88.036	16	23.0	10.7	467	6	15500	9.3	66	2.6
WS 5299	16	25.5	11.4	448	6	35625	11.1	86.5	2.1
83-07	15	22.7	9.9	437	3	22500	10.0	83	1.9
84-07 ²⁾	15	22.7	10.4	460	3	34375	11.4	75.5	1.8
Tz 148	16	25.4	11.8	465	6	19125	10.4	66.5	2.4

Behalve kleur zijn de parameters niet-normaal verdeeld en is de mediaan weergegeven. Voor kleur is het gemiddelde van het aantal (n) planten genomen.

¹⁾ score 1 tot 10, waarbij een hoger cijfer meer wortelknobbels betekent ten opzichte van totale wortelstelsel.

²⁾ gevoeligheid is een maat voor de hoeveelheid J2 gecorrigeerd voor de WKI (WKI als covariabele meegenomen). Een lager cijfer betekent minder aaltjes voor eenzelfde hoeveelheid knobbels (dus meer resistent).

³⁾ Kleuring is geschat op een schaal van 1-4, waarbij een hoger cijfer meer verkleuring betekent.

3.2.2 Paprika

Ook paprika ondervindt schade van wortelknobbelaaltjes. Bij paprika zijn, in tegenstelling tot bij komkommer, wel resistente onderstammen beschikbaar. Echter, deze resistentie is niet volledig en geldt niet voor alle soorten *Meloidogyne*. Bij verschillende onderstamsorten is resistentie aanwezig tegen *M. javanica*, maar voor *M. incognita* is geen volledige resistentie aanwezig (Labrie 2008). De gewasschade is in paprika relatief gering (<5%) (R. Berkelmans, pers. med. 2008). Omdat *Meloidogyne* wel doorgroeit op paprika, zal een volgteelt na paprika echter wel met hoge nematodendruk te maken krijgen. In de volgteelt kan dus wel (hoge) opbrengstderving optreden.

3.2.3 Tomaat

De schade bij tomaat als gevolg van wortelknobbelaaltjes is met een geschatte oogstderving van 10% relatief beperkt. Tomaat kan worden gezien als een sterk gewas met een sterk wortelgestel, dat het veelal wel blijft doen onder minder gunstige omstandigheden. Wel is er vermoedelijk sprake van secundaire schade, welke moeilijk te kwantificeren is. Zo wordt er in de praktijk soms een hoge infectie waargenomen van witte vlieg of van *Verticillium* ten tijde van een hoge aaltjes populatie. Er is op een dergelijk moment sprake van opbrengstderving, maar is dit nu het gevolg van de aaltjes of van de secundaire aantasting (witte vlieg cq. *Verticillium*). En in hoeverre is het optreden van witte vlieg of *Verticillium* toe te wijzen aan de aanwezigheid van aaltjes in de bodem. Door deze verschillende oorzaakgevolg relaties is het moeilijk om een schatting te maken van de gewasschade als gevolg van *Meloidogyne*.

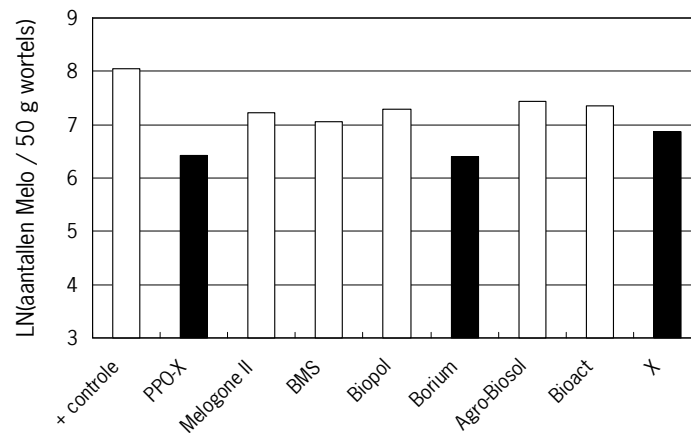
4 Nieuwe Beheersmogelijkheden?

4.1 Bodemverbeteraars, plantversterkers en GNO's

Het onderzoek heeft in de afgelopen jaren nauwelijks natuurlijke of niet-levende producten aan het licht gebracht die een bestrijdend effect hebben op wortelknobbelaaltjes. Biologische bestrijding zal dan ook geïntegreerd met andere maatregelen moeten worden ingezet zoals beschreven in de conclusie en discussie van dit rapport (hoofdstuk 5). In dit hoofdstuk staat een overzicht van de getoetste bodemverbeteraars, plantversterkers en GNO's. GNO's zijn Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong. In Bijlage II staat een overzicht van de hier genoemde stoffen en methoden met effectiviteit tegen wortelknobbelaaltjes. De GNO's werden beproefd in laboratorium toetsen (zoals §4.3 Fytochemicaliën), potproeven of veldexperimenten. Er werd gekeken naar het effect van de GNO's op de aantallen vrijlevende wortelknobbelaaltjes (J2) in de grond, de grootte en hoeveelheid wortelknobbels (wortelknobbindex, WKI, Bijlage I) en de aantallen nakomelingen in de wortels. Voor het laatste werden de nakomelingen uit de wortel 'gelokt' in een mistkamer en vervolgens geteld.

In het onderzoek is met name gebruik gemaakt van het handmatig tellen van wortelknobbelaaltjes onder een binoculair. Maar soortspecifieke effecten van GNO's op wortelknobbelaaltjes in veldproeven worden dan over het hoofd gezien (§4.4.1). Om toch het effect van middelen op soorten te bepalen in veldproeven is gebruik gemaakt van een DNA detectie techniek (§4.4.2; voor uitleg hierover, zie §1.4).

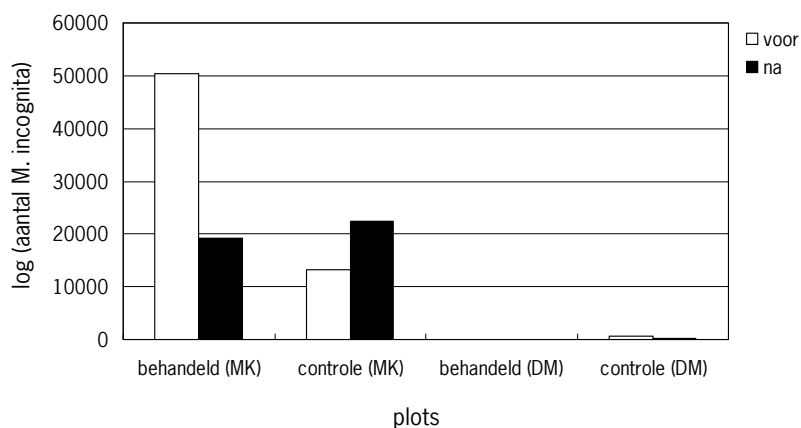
4.1.1 Effecten op wortelknobbelaaltjes *sensu lato*



Figuur 3. Effectiviteit van middelen of plantversterkers tegen M. incognita in potproeven te Bleiswijk. In 10 liter potten zijn respectievelijk middelen en 10.000 wortelknobbelaaltjes (M. incognita) toegediend. Vervolgens is na 7 dagen een tomaat (cv. Mecano) geplant. Na afloop (20 weken) van het experiment is voor elke plant de hoeveelheid aaltjes per 50 g wortels geteld. Elke behandeling bestond uit 7 planten, gerangschikt in een zogenaamd blokkendesign met 4 blokken. Middelen/plantversterkers waren resp. planten extract PPO-X; Melogone II (DCM), product X (BMS), Biopol product X, borium, Agro-Biosol en middel X (Koppert).

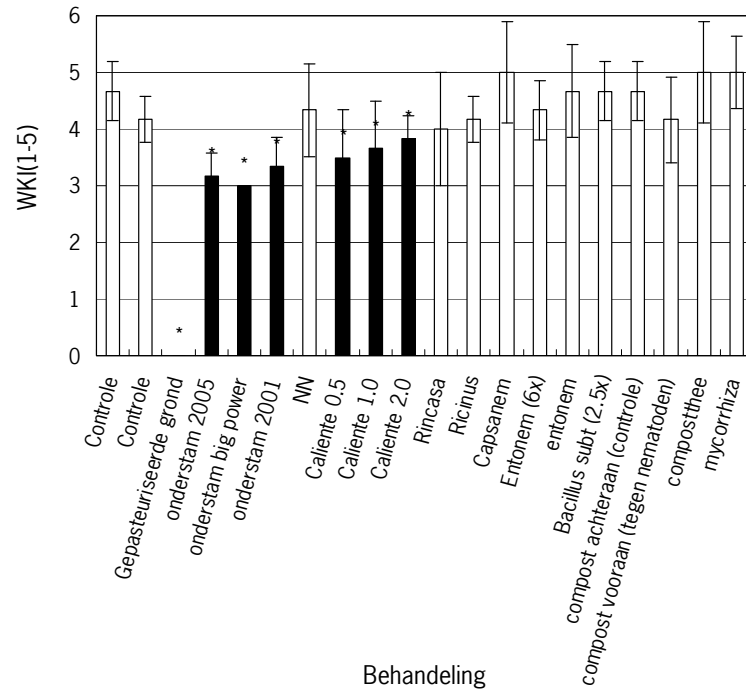
Figuur 3 laat de gemiddelde logaritme van het aantal aaltjes per 50 gram wortels zien. Twintig weken na het planten werd het experiment gestopt en werden de wortelstelsels beoordeeld op zichtbare aantasting met behulp van de wortelknobbindex (WKI, zie Bijlage 1). Vier weken na het beëindigen van het kasexperiment werden de aaltjes, afkomstig van de gerooide wortels geteld. De zwarte kolommen zijn significant verschillend ten opzichte van de positieve controle. Het plantenextract PPO-X behoort met borium en een niet-toegelaten middel van Koppert (X) tot significant effectieve middelen. Een effect van borium werd eerder beschreven door Castro *et al.* (1990). Het

mechanisme is echter onduidelijk. Een overmaat van borium kan echter ook ernstige gewasschade geven en grotere knobbels (Berkelmans 2009 ongepubl. data). In 2008 werd op een praktijkbedrijf het bodemverbeterend middel caliënte (PHC) getoetst in 4 velden. Het middel werd ingeregend en de grond werd vervolgens afgedekt. Ter controle werden ook 4 niet behandelde velden bemonsterd. De aantallen aaltjes in de grond werden kwantitatief bepaald met een DNA-test (qPCR op *M. incognita*). Het verschil tussen de behandelde- en onbehandelde velden was alleen in kas MK zichtbaar (Figuur 4) doordat er in kas DM geen hoge besmetting aanwezig was. Het gaat slechts om de analyse van een mengmonster en daarom moet Figuur 4 slechts gezien worden als een indicatie.

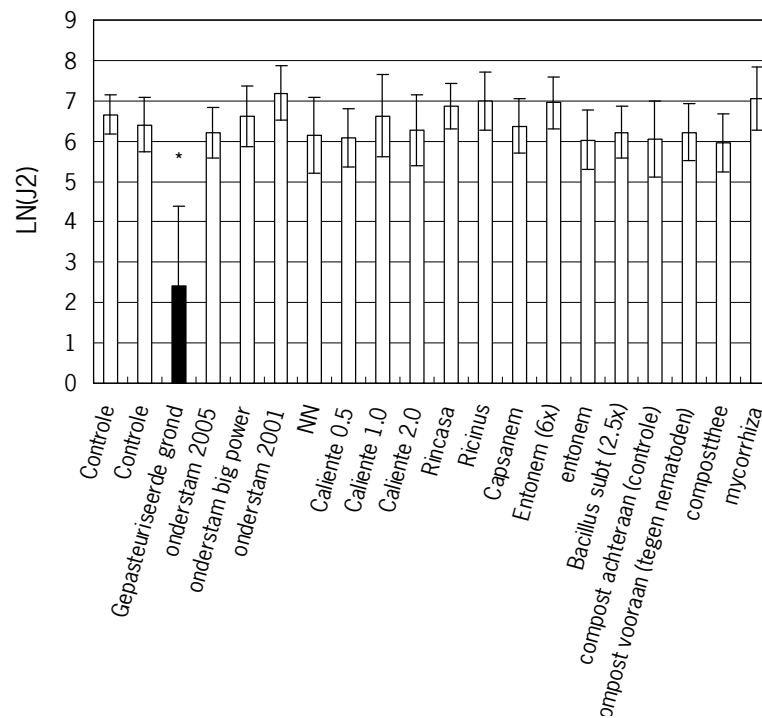


*Figuur 4. Effectiviteit van een vloeibaar caliënte (PHC) behandeling in een veldproef in twee kassen (MK en DM). De grafiek laat zien dat er verschil is tussen de hoeveelheid (J2) wortelknobbelaaltjes in de caliënte behandeling en de onbehandelde velden (controle) op een praktijkbedrijf in kas MK. Het middel werd ingeregend en afgedekt. Per behandelingen werden 4 velden ingezet. Een mengmonsters met grond van de vier velden werd gebruikt om het aantal *M. incognita* te bepalen met een soortspecifieke qPCR DNA-test.*

Ook in een pottenproef gaf het caliënte (PHC) een vermindering van de zichtbare wortelschade zoals gescoord aan de hand van het aantallen wortelknobbels (Figuur 5a). Maar het middel had geen zichtbaar effect op het aantal nakomelingen in de wortels (Figuur 5b). In deze toets was het effect van onderstammen groter op de wortelschade dan het effect van de diverse biologische middelen (Figuur 5a). Het aantal nakomelingen uit de wortels was ook voor de gebruikte onderstammen niet significant verschillend van de onbehandelde controles.



A.

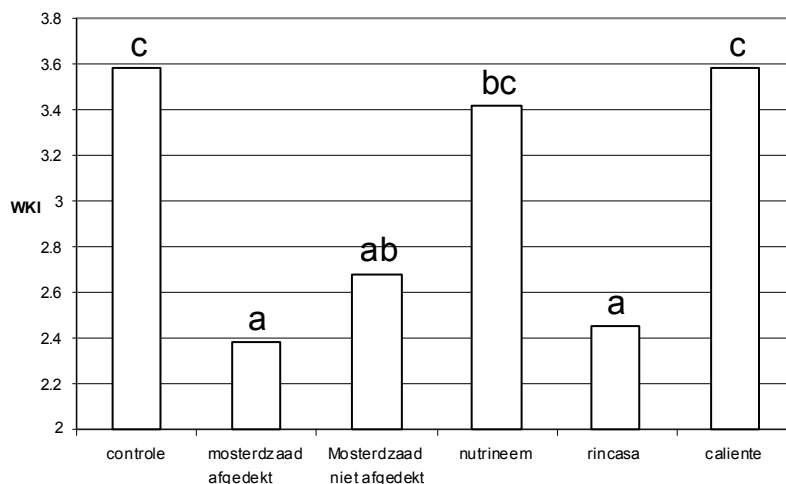


B.

Figuur 5 A. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal wortelknobbels. De grafiek laat zien onderstammen 2001, 2005 en Big Power (Rijk Zwaan) en een niet-toegelaten vloeibaar middel aangeduid met caliënte een vermindering geeft van het aantal wortelknobbels zoals gescoord met de wortelknobbelindex (WKI).

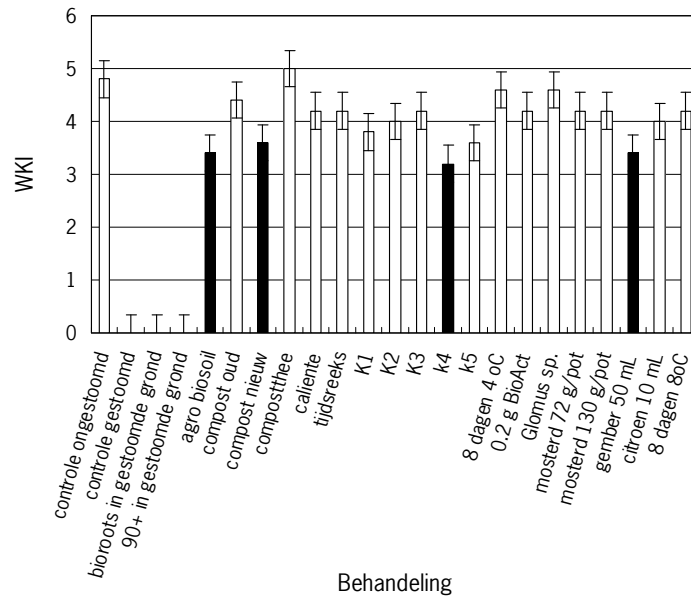
*B. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal juveniele in eipakketten in de wortels. De grafiek laat zien alleen pasteurisatie van de grond een vermindering geeft van het aantal nakomelingen (J2) zoals gescoord met het aantal J2 dat uit de wortels kruipt na 28 dagen van incubatie in de mistkamer (lokproef). Significant verschil met de onbehandelde controle is aangegeven met een *. Elke behandeling bestond uit 7 potten, gerangschikt in een zogenaamd blokkendesign met 4 blokken.*

In een veldproef werd het niet-toegelaten middel rincasa (PRI; o.a. mosterd) getoetst met het plantversterkend middel nutrineem, biofumigatie met gele mosterd en caliënte (PHC) (Figuur 6). Hier liet het middel geen effect zien, maar zowel biofumigatie (afgedekt met folie) en rincasa (PRI) lieten een afname zien van de wortelschade.

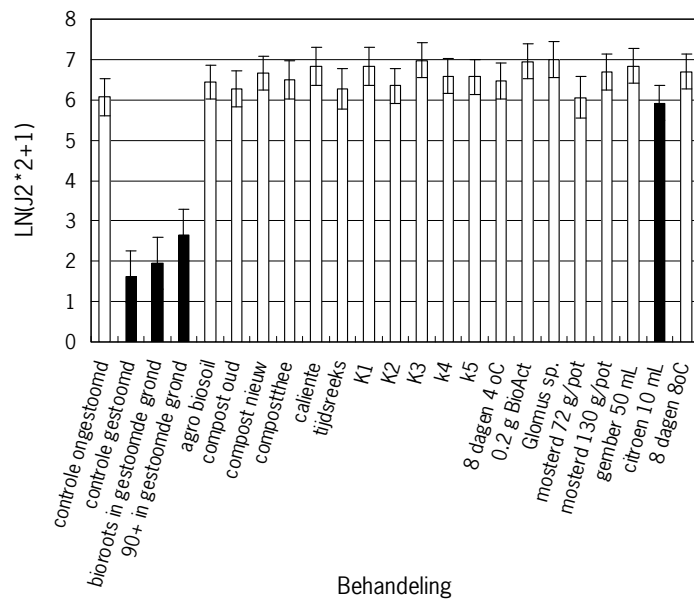


Figuur 6. Effectiviteit van biologische middelen in een veldproef op het op het aantal wortelknobbels. Biofumigatie met gele mosterd (afgedekt) en het niet-toegelaten product rincasa (PRI) en in mindere mate biofumigatie (niet afgedekt) en het plantversterkend middel nutrineem (NTS) laten een afname zien van het aantal wortelknobbels (WKI). Behandelingen werden ingezet in drie blokken met twee herhalingen binnen een blok. Significant verschillende groepen zijn aangegeven met verschillende letters (a, b, c).

Vervolgens werden rincasa getoetst in een potproef waarbij de effectiviteit van vijf verschillende composities werd getoetst (K1-5; Figuur 7). Ook werd opnieuw caliënte (PHC) in de proef meegenomen. Alleen variant rincasa K4 liet een werking zien maar de wortelknobbeldindex was slechts 2 punten lager dan de onbehandelde controle (niet gestoomd) (Figuur 7a). Ook de behandeling met Agro Biosol, een compostthee en gemberolie (50 mL per 10 L pot) lieten een afname zien van de hoeveelheid wortelknobbels. De behandelingen met lage temperaturen, zoals acht dagen bij 8 en 4 °C, en de verschillende typen compost, BioAct, gedroogde mosterdkorrels, en de algemeen voorkomende mycorrhiza *Glomus* sp. lieten geen effect zien op aantallen wortelknobbelaaltjes. Alleen de behandeling met citroengrasolie gaf een vermindering te zien van het aantal nakomelingen (Figuur 7b). Dit kan verklaard worden door een zogenaamde 'verlate resistentie reactie'. Hierbij dringen wortelknobbelaaltjes de wortels binnen en veroorzaken wortelknobbels, maar de hoeveelheid nakomelingen wordt gereduceerd door een resistentie reactie van de plant. Maar in de controle potten die niet met aaltjes besmet waren werden toch aaltjes aangetroffen (Figuur 7b). Dit kan verklaard worden door een besmetting met wortelknobbelaaltjes van de wortelmonsters in de mistkamer. Hierdoor worden de resultaten in Figuur 7b in twijfel getrokken. Als niettemin blijkt dat er stelselmatig minder aaltjes in diverse monsters van een behandeling aangetroffen worden, zoals bij bovengenoemde behandeling met citroengrasolie, dan kun je concluderen dat er sprake is geweest van een sterk effect.



A.



B.

Figuur 7

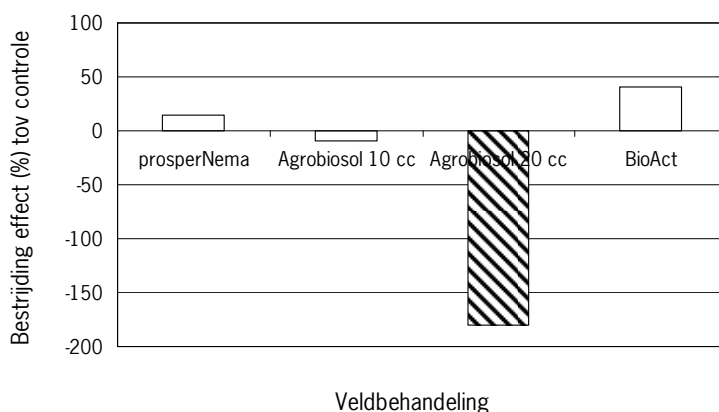
A. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal wortelknobbels. Zwart aangegeven staven zijn significant verschillend van de controle niet gestoomd. De grafiek laat zien dat Agri Biosol, een compost type, K4 (Rincasa variant) en Gember een vermindering geeft van het aantal wortelknobbels zoals gescoord met de wortelknobbeldindex (WKI).

B. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal juveniele in eipakketten in de wortels. De grafiek laat zien alleen pasteurisatie van de grond een vermindering geeft van het aantal nakomelingen (J2) zoals gescoord met het aantal J2 dat uit de wortels kruipt na 28 dagen van incubatie in de mistkamer (lokproef). Significant verschil met de onbehandelde controle is aangegeven met een *. Potten met een inhoud van 10 liter werden gebruikt. Elke behandeling bestond uit 7 potten, gerangschikt in een zogenaamd blokkendesign met 4 blokken.

4.1.2 DNA detectie: Soortspecifieke effecten

In de jaren tot 2008 werd de effectiviteit van middelen vastgesteld door microscopische tellingen van aaltjes in grond na het opspoelen (Oostenbrink-trechter) en incubatie van 28 dagen en opspoelen (hoeveelheid nakomelingen uit ei-pakketten). Hierbij werd geen onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten wortelknobbelaaltjes. Met moleculaire soortidentificatie kan wel op soortniveau geteld worden.

In een praktijktoets in 2008 in biologische tomaat is gekeken naar soortspecifieke effecten van middelen met behulp van moleculaire qPCR detectie van de soorten *M. chitwoodi*; *M. fallax*; *M. minor*; *M. naasi*; *M. hapla*; *M. javanica*; *M. incognita*; *Melo* spp. (=onbekende wortelknobbelaaltjes). Vier middelen zijn iedere twee weken gedurende het gehele jaar toegepast. In november 2008 zijn drie mengmonsters genomen uit een bed en 3 mengmonsters) paarsgewijs gestoken) uit het naastliggend en onbehandeld bed ter controle. De middelen die gebruikt waren zijn 1=Prospernema; 2=Agro Biosol 10 cc; 3=Agro Biosol 20 cc; 4=BioAct. Middel 1 en 4 hebben geen toelating als bestrijdingsmiddel en Agro Biosol is een meststof (plantversterker).



Figuur 8. Weergave van bestrijdend effect van 4 biologische middelen tegen het wortelknobbelaaltje *M. incognita*. Alleen de behandeling met Agri Biosol 20 cc geeft een significant verschil tussen behandeld en de onbehandelde controle. De behandeling met Agri Biosol 20 cc geeft geen bestrijding maar een toename van de hoeveelheid aaltjes op dit bedrijf.

Figuur 8 laat zien dat de behandeling met een 20 cc dosis Agri Biosol (een slow-release organische bemester) een toename laat zien van wortelknobbelaaltje *M. incognita*. Het middel bevat volgens de fabrikant biosol 80% OM, 6-8% gefixeerde N, 0,5% wateroplosbaar N, 0,5-1,5% P₂O₅, 0,5-1,5% K₂O met een C/N-ratio 6:1. Mogelijk neemt het aantal wortelknobbelaaltjes toe door een toename van wortelpuntjes na toevoeging van deze organische bemester. Het is bekend dat in het bijzonder wortelpuntjes een sterk lokkend effect hebben op vrijlevende juveniele van wortelknobbelaaltjes (hoofdstuk 1).

De andere middelen geven geen significante toename of afname te zien. Het middel BioAct, met de schimmel *Paecilomyces lilacinus*, lijkt te werken tegen *M. fallax* maar niet tegen *M. incognita*. In 2 van de 3 mengmonsters van de behandelde velden wordt geen *M. fallax* aangetroffen, maar in 2 van de 3 paarsgewijs bemonsterde onbehandelde controle velden wordt er wel *M. fallax* aangetroffen. De aaltjes *M. chitwoodi*, *M. naasi*; *M. hapla* komen in zeer lage aantallen voor variërend van 1 a 2 individuen per monster en hierover kunnen dus geen betrouwbare uitspraken worden gedaan.

4.2 Fytochemicaliën

In Azië wordt van oudsher veel gewerkt met plantenextracten in de bestrijding van aaltjes. Een bekend voorbeeld van middelen met een lange traditie zijn extracten van de Neembeboom, dat door sommigen beschouwd wordt als het symbool van de bioteelt.

Er is veel onderzoek gedaan naar plantaardige stoffen met een nematocide werking en er zijn een aantal die even effectief zijn als chemische middelen. Sommige van die stoffen verhogen bovendien de weerstand van het gewas. Deze natuurlijke stoffen kunnen op verschillende manieren worden toegepast. De meeste bekende toepassing is het toedienen in de vorm van een extract.

Een nog weinig onderzochte mogelijkheid is het gebruik van gewasresten. Resten van paprika en tomaat bleken enig effect tegen wortelknobbelaaltjes te hebben waarbij in de literatuur vermeld wordt dat in het bijzonder primitieve stammen werkzaamheid vertonen door bijvoorbeeld het induceren van resistentie van de plant. Daarnaast wordt bijvoorbeeld in de literatuur vermeld dat gedroogde en in stukjes gesneden komkommers van *Cucumis myriocarpus* een bestrijdend effect kan hebben op *M. incognita* (Mashela 2007).

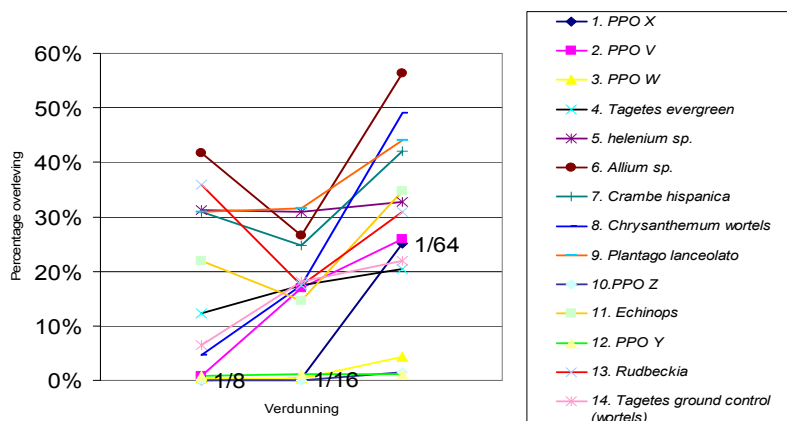
Al geruime tijd vindt er wereldwijd onderzoek plaats naar plantaardige substanties die als vervanger kunnen dienen voor synthetische bestrijdingsmiddelen. In de literatuur staat een enorme hoeveelheid aan opties beschreven (Tabel 9). Voorbeelden van natuurlijke werkzame stoffen tegen wortelknobbelaaltjes kunnen ingedeeld worden naar functionele groepen zoals phenylpropanoïden (eenvoudige fenolen en flavenoiden), polyfenolen, (mono) terpenoiden en alkaloiden. Deze stoffen resulteren in een verdoving, activering, doding, afstoting (repellent) of een bevroering van de levenscyclus zoals door stilleggen van het eistadium (Wuyts *et al.* 2006).

Tabel 9. Voorbeelden van planten met bekende antagonistische werking tegen diverse bodemziekten en -plagen.

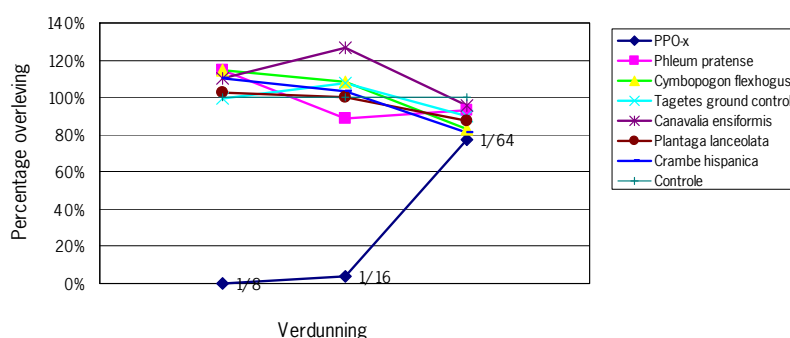
Naam	Wetenschappelijke naam
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i>
Chrysant	<i>Chrysanthemum marifolium</i>
Kokardebloem	<i>Gaillardia grandiflora</i>
Zonnehoed	<i>Helenium spp.</i>
Afrikaantje	<i>Tagetes spp</i>
Spinazie	<i>Spinacia oleracea</i>
Henna	<i>Lawsonia inermis</i>
Ruige rudbeckia	<i>Rudbeckia hirta</i>
Distel	<i>Cirsium japonicum</i>
Wijnruit	<i>Ruta graveolens</i>
Breedbladige weegbree	<i>Plantago major</i>
Lis	<i>Iris japonica</i>
Zandkool	<i>Diploxaxis virgata</i>
Kuiflavendel	<i>Lavendula stoechas</i>
Komijn	<i>Bunium persicum</i>
Stengelui	<i>Allium fistulosum</i>

In het laboratorium zijn in 2007 en 2008 een aantal plantextracten getoetst op overleving van wortelknobbelaaltjes (*M. incognita*, J2 stadium). Hierbij is een toxiciteittoets gebruikt waarbij het extract aan de aaltjes in water werd toegevoegd. De overleving werd na 2 dagen gescoord. Planten werden tijdens de bloeiperiode geoogst en ingevroren voor latere analyse. Middelen PPO V, W, X, Y en Z (Figuur 9 en 10) laten een nagenoeg 100% doding of verdoving zien. Opvallend is dat een extract van bovengrondse delen van *Tagetes* groundcontrol geen dodend of

verdovend effect heeft (Figuur 10), maar de wortels wel (Figuur 9). In vervolgonderzoek zal gekeken worden of deze middelen perspectief bieden qua wettelijke toelating en effectiviteit in veldproeven.



Figuur 9. Overleving van *M. incognita* juvenilen (J2) ten opzichte van de controle (water) na incubatie van 48 uur in plantenextracten. De horizontale as geeft de verdunning weer, respectievelijk 1/8, 1/16 en 1/64 verdunning van 30 gram versgewicht plantmateriaal. De toets maakt geen onderscheid tussen doding of verdooving.



Figuur 10. Overleving van *M. incognita* juveniele (J2) ten opzichte van de controle (water) na incubatie van 48 uur in plantenextracten. De horizontale as geeft de verdunning weer, respectievelijk 1/8, 1/16 en 1/64 van 30 gram versgewicht plantmateriaal. De toets maakt geen onderscheid tussen doding of verdooving.

4.3 Vang- en antagonistische gewassen

Vanggewassen zijn planten waarin aaltjes binnendringen, maar zich niet vermenigvuldigen, of zijn planten die voorafgaande aan het beëindigen van de levenscyclus van wortelknobbelaaltjes (d.i. het vormen van het J2 stadium) weggehaald worden. Een goed voorbeeld van vanggewassen is het afrikaantje *Tagetes patula* tegen wortellesie-aaltjes (*Pratylenchus*). Een teeltduur van drie maanden reduceert het aantal wortellesieaaltjes in sterke mate. Ook gewassen die in principe goede waardplanten zijn, kunnen soms als vanggewas worden ingezet. Het is van belang een dergelijk vanggewas inclusief de wortels te vernietigen voordat er nieuwe aaltjes ontstaan. In het onderzoek van Cuadra *et al.* (2000) werd de aaltjesbesmetting met 50% teruggedrongen door korte teelten van sla, paksoi, Chinese kool en radijs, waarbij de wortels werden verwijderd. Ook in Nederlandse kassen fungeren korte slateelten in de zomer (teeltduur: 4-5 weken) als vanggewas. Als gevolg daarvan worden veel aaltjes weggevangen en ervaren de jaarrondtelers van sla in de winter weinig problemen met aaltjes. In tegenstelling hiermee ondervinden telers, die alleen in het najaar en in de winter sla telen na vruchtgroenteteelt, in de winter wel veel aaltjesproblemen (teeltduur: ca. 3 maanden).

In Duitsland wordt op dit moment gebruikt gemaakt van Radijs soorten (*ölettich*). Ölettich (*Raphanus sativus*) is een soort uit de kruisbloemenfamilie (Brassicaceae) en is interessant vanwege een combinatie van factoren, namelijk gebruik als vanggewas voor nematoden, als biofumigant en als groenbemester (Melakeberhan *et al.* 2008). Net zoals bij *Tagetes* verschilt de effectiviteit van ölettich per aaltjes doelsoort. De levenscyclus van de wortelknobbelaaltjes moet nauwkeurig gevolgd worden om tijdig de ölettich onder te werken, namelijk voorafgaande aan de migratie van de vrijlevende J2 uit de wortel.

Antagonistische gewassen zijn planten die een actief bestrijdend effect hebben op plantparasitaire aaltjes. Zo zijn er planten die een dodende werking hebben op aaltjes die zich in de wortel bevinden, en planten die via de wortels zgn. nematicide stoffen lekken. Het afrikaantje (*Tagetes* spp.) is een voorbeeld van beide. De werkzame groep is een ringvormige zwavelverbinding, nl. een thiopheneen (bv. α -terthienyl). Het is qua werking verwant aan metam sodium en verhindert de ontwikkeling van juveniele aaltjes uit de eieren. De stof wordt geactiveerd middels licht (UV-A) of enzymen (peroxidases) waarbij een reactief zuurstofmolecuul vrijkomt. De stof wordt van nature door de plant gebruikt als verdediging tegen vraat. Vooral wortels hebben een hoge concentratie, die toeneemt naarmate de plant het reproductieve stadium nadert (zie §4.3). In het algemeen geldt dat de productie van zogenaamde secundaire metabolieten (stoffen niet direct betrokken bij groei; zoals verdedigingsstoffen) energie kost van de plant; een optimale groeiconditie resulteert dus in een hogere concentratie aan secundaire metabolieten tijdens de bloei.

Tagetes spp. wordt inmiddels al enkele decennia effectief ingezet in de onbedekte teelten tegen het wortellesie-aaltjes (*Pratylenchus* spp.) in bijvoorbeeld aardbei. In India werd al veel langer gebruik gemaakt van deze soort. Recent onderzoek bevestigt dat het afrikaantje ook een doeltreffend middel is in de kas-teelten tegen het warmteminnend wortelknobbelaaltje (*M. incognita*). Het is echter alleen effectief als het voorafgaat aan een teelt. Het gebruik van *Tagetes* als ondergroei onder de groenten werkt niet afdoende in de kas.

De cultivars verschillen enorm in waardplantstatus voor aaltjes en effectiviteit. Het is belangrijk om daar op te letten bij gebruik. De cultivars verschillen enorm in effectiviteit, afhankelijk van de werkzame stof en van de bodemtemperatuur: sommige cultivars hebben een grotere diversiteit aan thiophenenen; sommige werken optimaal bij vijftien graden celsius, terwijl andere juist goed werken bij dertig graden.

Dat *Tagetes* goed werkt tegen het wortellesie aaltje *Pratylenchus* sp. is bekend. Het wortellesie aaltje dringt de wortel binnen en wordt vervolgens gedood. Maar het is ook effectief tegen wortelknobbelaaltjes. De *Tagetes* lekt voortdurend stoffen uit de wortels. Bij grondbewerkingen worden deze stoffen, vooral thiopenen zoals α -terthienyl, blootgesteld aan licht en worden reactief. Het effect hiervan is sterk zichtbaar bij het frezen van de grond: de velden met zwarte braak werden herbesmet met wortelknobbelaaltjes, terwijl de velden met *Tagetes* geen herbesmetting lieten zien. De bovengrondse plantendelen bevatten overigens geen nematicide stoffen en kunnen gewoon afgevoerd, of ondergewerkt worden. Qua werking is α -terthienyl verwant aan metamnatrium en verhindert de ontwikkeling van nieuwe aaltjes uit de eieren.

De meeste wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne*) worden door bepaalde afrikaantjesrassen ook gedood, maar alleen als de bodemtemperatuur tussen 15 en 30 °C ligt (Ploeg en Maris, 1999a). Vooral wortels lijken nematicide stoffen te bevatten (zie §4.3). Effectieve rassen zijn *T. patula* 'Single gold' en 'Tangerine' en *T. erecta* 'Flor de Muerto'. Cystenaaltjes en ectoparasitaire wortelaaltjes hebben geen last van *Tagetes*. Voor sommige trichodoride aaltjes is *Tagetes* zelfs een goede waardplant. Ook voor sommige soorten wortelknobbelaaltjes of zelfs biotypen fungeert het als een waardplant (Molendijk, 2000). Wortelextract van *Tagetes* 'ground control' blijkt een uitstekend groeimedium voor *Verticillium dahliae* (Van der Wurff & Paternotte, ongepubl. res.) en dit kan betekenen dat 'ground control' een goede waardplant is voor deze schimmel.

De teelt van *Tagetes* in de kas is echter lastig omdat het traag start zodat onkruid een kans krijgt en de groei wordt bemoeilijkt door snelgroeïende productiegewassen zoals komkommer of tomaat. Een wisselteeltsysteem, zoals het Baijens systeem dat beschreven is in §4.8 is wel geschikt voor gebruik van *Tagetes*.

4.4 Natuurlijke vijanden

Op biologische bedrijven kunnen plekken worden aangewezen waar de aaltjespopulatie niet tot grote dichtheden toenam of zelfs afnam. Hier is waarschijnlijk sprake van natuurlijk antagonisme, al is nog niet bekend welke organismen daarbij betrokken zijn en hoe die gestimuleerd kunnen worden (zie ook §4.7). Van het extra toedienen van levende organismen die al in de grond aanwezig zijn, wordt weinig effect verwacht. Biologische bestrijders die niet van nature op het bedrijf voorkomen, kunnen mogelijk wel iets toevoegen. Voorwaarde daarbij is dat ze zich in de grond weten te handhaven of bij voorkeur zich weten uit te breiden waardoor ze latent aanwezig blijven. Er zijn meer dan tachtig schimmels bekend en talloze actinomyceten die een kunnen rol spelen als natuurlijke vijand van *Meloidogyne*. Voorbeelden van schimmels zijn *Arthrobotrys* spp., *Monacrosporium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Paecilomyces lilacinus*, en *Pochonia chlamydosporia* (o.a. Man-Hong *et al.* 2006).

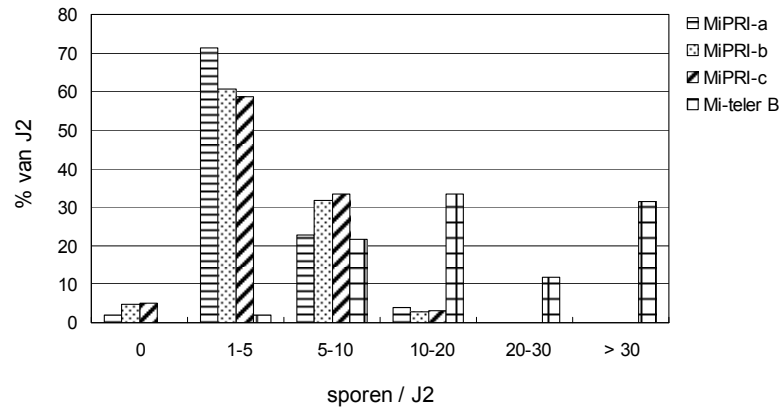
In de afgelopen jaren zijn diverse biologische bestrijders getest. Hieronder zijn enkele perspectievolle antagonisten, zoals de bacteriën *Bacillus firmus* en *Pasteuria penetrans* en de schimmels *Arthrobotrys superba* en *Paecilomyces lilacinus* (Tabel 10). *Pasteuria penetrans* is een van de meest veelbelovende bestrijders die bovendien zeer persistent is (Van der Wurff 2007; Amsing *et al.* 2006). Echter niet elke bacteriestam bestrijdt elk soort wortelknobbelaaltje even goed (o.a. Davies & Williamson 2006). Een product met *P. penetrans* uit Japan had goede affiniteit met *Meloidogyne javanica* en veel minder met *M. incognita* isolaten van biologische bedrijven. Deze middelen vereisen een wettelijke toelating, indien een bestrijdend effect wordt geclaimd.

Tabel 10. Indeling van de meest bekende biologische aaltjesantagonisten naar werkingsmechanisme.

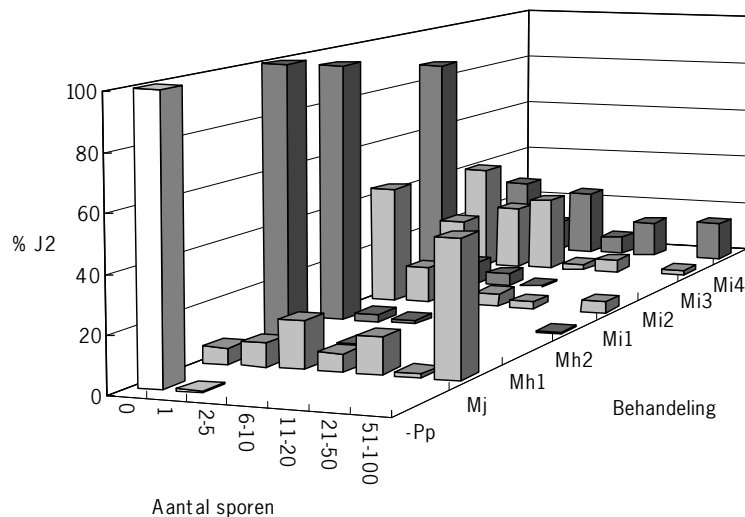
Plantversterkers en geïnduceerde resistentie	Aaltjesvangende schimmels en bodemfauna	Parasieten van wijfjes en eieren
<i>Bacillus firmus</i>	<i>Arthrobotrys oligospora</i>	<i>Pasteuria penetrans</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Arthrobotrys superba</i>	<i>Pochonia (Verticillium) spp.</i>
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Dactylaria spp.</i>	<i>Paecilomyces lilacinus</i>
	<i>Dactylella spp.</i>	<i>Catenaria spp.</i>
	<i>Roofaaltjes en bodem-roofmijten</i>	

P. penetrans uit Japan is gastheerspecifiek en is met een doding van 95 procent zeer effectief tegen bijvoorbeeld het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne javanica*. Er zijn hiervoor wel grote aantallen bacteriën nodig (1 miljoen sporen per ml grond). Omstreeks 2005 is het in Japan gelukt om een massakweek op te zetten, daarvoor bleek het kweken op grote schaal van deze bacterie moeizaam. Als de bacterie zich permanent in de grond zou kunnen vestigen, dan zou deze bacterie een kosteneffectieve bestrijdingsmethode kunnen betekenen. De resultaten tegen het *incognita*-aaltje zijn helaas nog wisselend, omdat de ene bacterie populatie het beter doet dan de andere. Dit komt omdat deze bacterie erg kieskeurig is en de voorkeur voor het type aaltje verschilt per stam. Bovendien heeft de toepassing van deze bacterie in Nederland nog geen toelating als bestrijdingsmiddel.

De voorkeur van *P. penetrans* (stam Japan) voor het soort aaltje werd zichtbaar gemaakt door een *in vitro* toets (Figuur 11): Het wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne incognita*) uit een kas van een bioteler (teler B) van kasgroenten valt in de smaak, terwijl een aantal andere populaties (aangegeven met PRI-a, PRI-b of PRI-c) duidelijk te wensen overlaat. Een andere toets liet zien dat de voorkeur van deze stam in het bijzonder ligt bij een populatie *M. javanica* (Figuur 12).



Figuur 11. Percentage aanhechting van *Pasteuria penetrans* sporen aan verschillende stammen *M. incognita* J2. Er zijn drie stammen van PRI gebruikt (Zoon, pers. comm.) en een populatie is afkomstig uit grond van teler B.



Figuur 12. Verdeling van de percentages J2 met een bepaald aantal sporen van *Pasteuria penetrans* (stam Japan) in relatie tot het soort wortelknobbelaaltje. Mh = *Meloidogyne hapla*, Mi = *M. incognita* en Mj = *M. javanica*. -Pp = (negatieve controle) grond zonder *P. penetrans*.

P. penetrans is een bacterie die zich alleen op aaltjes kan vermeerderen. De rustsporen komen vrij in de bodem voor. Voorwaarde voor een effectief bestrijdingsresultaat is dat er zich voldoende sporen van *P. penetrans* hechten aan de huid van tweede-stadium-juvenielen (J2) van het wortelknobbelaaltje. Zijn er meer dan twintig sporen aan het aaltje gehecht, dan wordt het voor het aaltje erg moeilijk om te overleven. Komt een aaltje met sporen wel tot aantasting en ontwikkelt het zich tot een vrouwtje, dan gaan de sporen kiemen, infecteren het aaltje en vermeerderen zich daarin. De sporen kunnen in de grond jaren overleven.

In een containerproef met chrysanten en het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne javanica* leverde de dosering van 1 miljoen sporen per ml grond na één teeltronde een bestrijdingseffect op van 91%. Lagere doseringen lieten geen bestrijding zien. Wel was bij de lagere doseringen het percentage J2 met aangehechte sporen na afloop van de eerste teeltronde toegenomen. Dit betekende dus een toename van de bacteriepopulatie in de grond. Omdat de (betaalbare) adviesdosering van ca. 2500 sporen per ml grond te laag is om direct een effectieve bestrijding op te kunnen leveren, moet daarvoor de bacteriepopulatie in de grond gaandeweg worden opgebouwd.

In 2007 is opnieuw bemonsterd bij het gangbare chrysantenbedrijf en bij een teler van biologische groenten (Figuur 11. teler B) waar in 2005 veldproeven zijn uitgezet. Alleen bij de chrysanten teler is met behulp van een specifieke moleculaire DNA qPCR toets *P. penetrans* opnieuw aangetroffen (P. Bonants, pers. comm.; Van der Wurff 2007). Dit betekent dat de bacterie zich gedurende langere tijd kan handhaven in de bodem en dit brengt een kosteneffectieve methode onder handbereik. De twee experimenten verschilden in de hoeveelheid *P. penetrans* die destijds was toegediend. In de bodem van de gangbare chrysanten teler werd een grotere hoeveelheid *P. penetrans* ingezet; dit kan mogelijk een verklaring waarom bij chrysant de bacterie wel werd teruggevonden en bij het biologisch bedrijf niet.

4.5 Composten

Het aan de grond toedienen en inwerken van organische meststoffen kan om verschillende redenen een positief effect hebben op de ziekteverendheid van de bodem en daarmee op de gewasproductie.

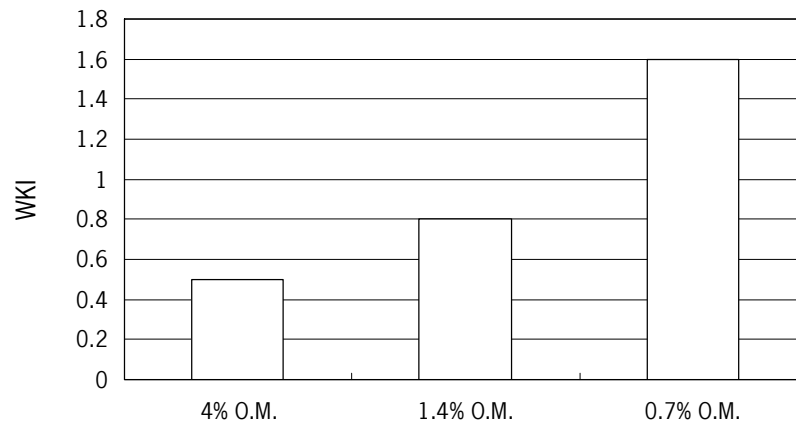
Redenen kunnen zijn:

- 1) Verbetering van de bodemstructuur,
- 2) Verbetering van de voedingssituatie,
- 3) Vrijkomen van stoffen die toxisch zijn voor aaltjes,
- 4) Bevordering van de groei van antagonistische tegen aaltjes.

Van de gewasresten van de wonderboom (*Ricinus communis*) is bijvoorbeeld bekend dat het aaltjesremmende stoffen bevat en bovendien afstotend is voor aaltjes (Zoon, pers.med. 2005). Er zijn nog andere organische meststoffen in ontwikkeling met vergelijkbare eigenschappen.

Van compost en dierlijke mestproducten die worden toegepast ter verbetering van de bodemstructuur en de voedingssituatie wordt slechts een marginaal effect worden verwacht van het bestrijden van aaltjes (Kimpinski *et al.*, 2003). Niettemin mag bij gebruik van compost op een groeibevorderend effect worden gerekend als gevolg van een verbetering van fysische en chemische bodemeigenschappen. Onderzoek in het verleden met diverse compost- en mestsoorten hebben geen verbetering van de ziekteverendheid ten aanzien van wortelknobbelaaltjes te zien gegeven (Amsing en Postma, 2004; Janmaat *et al.*, 2004). Onderzoekers van PPO-BBF in Lisse signaleren echter wel een sterke onderdrukking van wortelknobbelaaltjes met een toename van organische stof (Van Os 2008). Hierbij geldt als uitgangspunt dat een hoger organische stof gehalte het bodemleven stimuleert zowel qua kwantiteit als diversiteit. Dit geldt met name voor arme gronden. Ondanks de biomassa aan bacteriën belangrijk is, is met name de identiteit van de soorten bepalend bij weerbaarheid tegen schimmels (De Boer *et al.* 2003). Voor aaltjes is dit onbekend. De duinzandgronden die in gebruik zijn voor de bollenteelt worden gekenmerkt door een laag (minder dan 1%) organisch stof gehalte. In het project werden drie organische stof niveaus aangelegd: 0.7%, 1.4% en 4%. Op het perceel met het laagste gehalte ligt het geïntegreerde bedrijfssysteem en op de percelen met de hogere gehalten het biologische bedrijfssysteem. De velden met 4% organische stof vertonen de hoogste weerbaarheid tegen wortelknobbelaaltjes (*M. hapla*; Van Os 2008).

In bodemweerbaarheidsonderzoek van Wageningen UR Glastuinbouw zijn in 2009 dezelfde velden meegenomen in het onderzoek en deze proef bevestigde dat de velden met 4% organische stof (O.M.) de hoogste mate van weerbaarheid tegen wortelknobbelaaltjes (*M. incognita*) vertonen (Figuur 13).



Figuur 13. Gemiddeld WVK (verticale as) in de komkommer bio-toets met 4% O.M.; 1.4% O.M. en 0.7% O.M (O.M.=organisch materiaal). De verschillen zijn significant (GLM, $P < 0.05$).

Grond in bedekte teelten kan enorm verschillen in de gevoeligheid voor ziekte – en plagen die schade veroorzaken aan gewassen. Bij sommige bedrijven veroorzaken 100 aaltjes/100 cc grond al enorme schade terwijl andere bedrijven hiervan bijna geen schade ondervinden. Dit geldt ook voor andere bodemgebonden ziekte- en plagen zoals *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* en *Verticillium*. Om verschillen in bodemweerbaarheid tussen gronden te meten is er behoefte aan een robuuste meting. Pas daarna is het mogelijk om de oorzaak te achterhalen. Daarom wordt op dit moment in Bleiswijk gewerkt aan bodemweerbaarheidsbiotoetsen voor betrouwbare metingen aan bodemweerbaarheid. Er zijn diverse metingen zoals bacteriële- en schimmelbiomassa en diverse enzymatische bepalingen die kunnen dienen als indicator voor ziekteweerbaar compost.

4.6 Ziektewering

Door de afhankelijkheid van nutriënten en door fenomenen zoals ‘*bodemmoetheid*’ en ziekte- en plagen is het gemakkelijk om grond te gaan zien als een noodzakelijk kwaad. Met andere woorden: een complex geheel, waar we betrekkelijk weinig van weten en wat moeilijk te sturen is. In het bijzonder in de glastuinbouw zie je dat bedrijfssectoren kijken naar alternatieven los-van-de-grond. Maar ook traditionele onbedekte teelten, zoals zomerbloemen, prei en aardbei, kijken naar deze systemen door toenemende problematiek over emissie van nutriënten en chemicaliën naar bodem en oppervlaktewater.

De glastuinbouw sectoren komkommer, tomaat, en roos zijn een goed voorbeeld van een succesvolle overstap naar systemen los-van-de-grond. Maar het biedt niet altijd een oplossing. Een voorbeeld hiervan is de teelt van chrysant. De eerste bedrijven hebben geprobeerd een overstap te maken naar substraatteelt, maar zien zich nog steeds geconfronteerd met *Pythium* wortelrot.

Reden des te meer om te kijken naar ‘*hoe de natuur de ziekten plagen onderdrukt*’. Hiervan leren we hoe we gebruik kunnen maken van de competentie van de grond om ziekten en plagen te onderdrukken, en begrijpen waarom een ziekteverwekker het goed doet op het ene bedrijf, maar niet op het andere. Daarnaast leren we hoe we ziekten en plagen kunnen tegengaan om vervolgens toe te passen in nieuwe teeltsystemen.

In diverse vakbladen zien we verhandelingen over een gezonde bodem en ‘goede’ bodemorganismen, al dan niet in het kader van een commercieel product of bedrijf. Het is belangrijk om goed te kijken naar wetenschappelijk bewijs dat hieraan ten grondslag ligt. De discussie over een gezonde bodem wordt bemoeilijkt door de vele aspecten. Een gezonde bodem betekent o.a. dat er voldoende nutriënten geleverd worden voor een optimale gewasgroei en dat ziekten- en plagen weinig kans krijgen. Het laatste staat bekend als het ziekte- en plaagonderdrukkend vermogen of ziekteverring.

4.6.1 Definitie en oorsprong

Met ziektevering wordt bedoeld dat wanneer een gewas op grond of substraat geteeld wordt, er weinig schade optreedt bij aanwezigheid van het pathogeen (Baker & Cook 1974). Onderzoek naar ziekte- en plaag onderdrukking is niet nieuw. Wel zien we dat er in toenemende mate belangstelling is van ondernemers die zich realiseren dat er steeds minder (chemische-) bestrijdingsmiddelen voorhanden zijn, en dat ziekte- en plagen telkens weer een nieuwe strategie bedenken om te ontsnappen aan de onderdrukking.

Ziekte- of plaagvering kan veroorzaakt worden door een divers aantal mechanismen (Tabel 11) zoals antagonisme, waarbij natuurlijke vijanden in een directe interactie kunnen zorgen voor een afname van de ziekte of plaag. Voorbeelden daarvan zijn de bacterie *Pasteuria penetrans* en de aaltjes vangende schimmel *Arthrobotrys* spp. en *Dactylella* (zie §3.5).

Daarnaast kan competitie om voeding een belangrijke rol spelen, zoals competitie om biologisch beschikbaar ijzer tussen plant parasitaire *Pythium* voetrot schimmels en bacteriën. Bacteriën zoals *Pseudomonaden* groeien veel sneller en kunnen daardoor de belangrijke ijzer elementen voor de neus van de schimmels weggapen. Het feit dat deze schimmels speciale structuren bezitten (zgn. *sideroforen*) voor de opname van bijvoorbeeld ijzer betekent dat het om een belangrijk molecuul gaat dat niet in overmaat als opneembare fractie in de bodem aanwezig is. Ook is bekend dat *Trichoderma* schimmels sneller groeien dan de meeste plant parasitaire schimmels en daardoor belangrijk kunnen zijn in de competitie om voedsel in de bodem. *Trichoderma* soorten kunnen enorm van elkaar verschillen, waarbij bijvoorbeeld sommige wel/niet antibiotica produceren. In het verleden werd weleens duinzand in de composthoop gemengd met de hoop op verrijking van het compost met *Trichoderma* soorten. Een ander bekend voorbeeld is de competitie om koolstof tussen plant parasitaire *Fusarium* soorten en niet-parasitaire *Fusarium* soorten.

Een derde manier waardoor ziekte en plaagvering kan ontstaan is door fysieke bescherming van de plantwortels. Ook hier kunnen *Trichoderma* soorten een rol spelen (Box 4). Andere bekende soorten die de plantenwortel beschermen tegen parasieten zijn endofyten zoals *Glomus* spp (Mycorrhiza). De laatste zijn helaas erg gevoelig voor nitraat en fosfaat concentraties in de bodem of spelen geen rol in bescherming van plantenwortels in verrijkte gronden. Dit impliceert dat ze dus niet erg belangrijk zijn in de meeste agrosystemen.

Ook kunnen bodemorganismen, zoals endofyten of bacteriën, of bepaalde stoffen de weerbaarheid van de plant verhogen door het stimuleren van resistentie mechanismen van de plant. Als laatste voorbeeld wordt in de literatuur melding gemaakt van zgn. '*stealth*'. Dit betekent dat plantenwortels onzichtbaar zijn voor bodemziekten en plagen. Plant parasitaire schimmels groeien naar de wortels toe onder invloed van een stroom van wortellexudaten. Absorberend materiaal in de bodem zoals de niet in water opgelost organische stof fracties of rhizosfeer organismen kunnen de stroom van wortellexudaten onderbreken en daardoor '*onzichtbaarheid*' van de wortels veroorzaken.

In de praktijk zullen de mechanismen, zoals een aantal hier benoemd, gezamenlijk optreden zoals bij het voorbeeld van *Trichoderma* spp. Deze soorten kunnen eventueel resistentie mechanismen van de plant aanschakelen en de wortel fysiek beschermen tegen indringers of door productie van antibiotica de plant parasieten tegen gaan.

Tabel 11. Voorbeelden van de diverse mechanismen van ziekte en plaagvering van de bodem.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Antagonisme • Competitie om voedsel elementen • Fysieke bescherming van wortels • Productie van antistoffen • Induceren van resistentie mechanismen • '<i>Onzichtbaar</i>' maken van wortels |
|---|

BOX 4. *Trichoderma*: een voorbeeld

Het feit dat het ziekteonderdrukken vermogen van de grond een ingewikkeld fenomeen is wordt geïllustreerd met het soms ogenschijnlijk onvoorspelbare succes van diverse ondergrondse natuurlijke vijanden. Een voorbeeld is de schimmel *Trichoderma* sp. Het kan effectief zijn tegen een groot aantal ziekteverwekkende schimmels (Mycota) zoals *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, en andere schimmelachtige (Oömyceten) zoals *Pythium* en *Phytophthora*. Het niet altijd duidelijk waarom in sommige gevallen het wel of niet goed werkt. Een voorbeeld is voetrot (*Fusarium avenaceum*) in Lisianthus (*Eustoma* sp.). In Lisianthus lijkt het soms goed te werken, en de ene keer beter dan de andere. De mechanismen die verantwoordelijk zijn voor ziekteonderdrukking zijn: a.) onderdrukking door enzymen zoals celwandoplossers en antibiotica (antibacteriële stoffen). De schimmel scheidt continu deze stoffen af en reageert actief op omzettingsproducten. b.) onderdrukking door sterke competitie om voedsel, c.) Fysieke bescherming van wortels en c.) Verhogen van de resistentie van het gewas.

Deze activiteiten hangen sterk af van bodemleven en fysische gesteldheid van de grond, zoals bacteriën en organisch materiaal. Bacteriën kunnen een direct onderdrukkend effect hebben op *Trichoderma*, of een indirect effect door competitie met andere bacteriën voor voeding. Bacteriën, zoals Pseudomonaden, staan bekend om de productie van fungiciden (ook bodem fungistasis genoemd). Deze stoffen worden alleen aangemaakt als er voldoende Pseudomonaden aanwezig zijn (stimulering via DAPG ook tussen soorten). Dit betekent dat het vaststellen van de aanwezigheid van deze groep in de bodem op zich niet genoeg is (identiteit), want het gaat immers om de activiteit, namelijk de productie van onderdrukkende stoffen gericht tegen de ziekteverwekker (de functie).

In biologische versus gangbaar (d.i. met bestrijdingsmiddelen) opgekweekte *Lisianthus* was het effect van *Trichoderma harzianum* tegen *Fusarium* voetrot in bio-Lisianthus minder groot. Op de bio-Lisianthus werd door de producent van *Trichoderma* een grotere diversiteit aan bacteriën aangetroffen wat kan duiden op een (in)direct effect door competitie voor voedsel of door giftige bacteriële stoffen. Ondanks dat *Trichoderma*'s bekend staan om hun snelle metabolisme in vergelijking tot andere schimmels, kunnen ze de competitie om voedsel met bacteriën in het algemeen niet aan. Dit laatste heeft ook te maken met de hoeveelheid organisch materiaal. Organisch materiaal is de motor, de energievoorziening, van de grond en veel bodemprocessen zijn hiervan afhankelijk. Vooral bacteriën reageren met een snelle toename in aantal als organisch materiaal wordt toegediend. Bij intensieve bewerking van de grond krijgen schimmels minder kans en nemen bacteriën het snel over. Kortom, het succes van *Trichoderma* hangt af van diverse factoren, zoals fysische gesteldheid van de grond, de mate van groundbewerkingen, organisch materiaal, bestrijdingsmiddelen en de bacteriële gemeenschap.

4.6.2 Onderzoek naar ziektevering

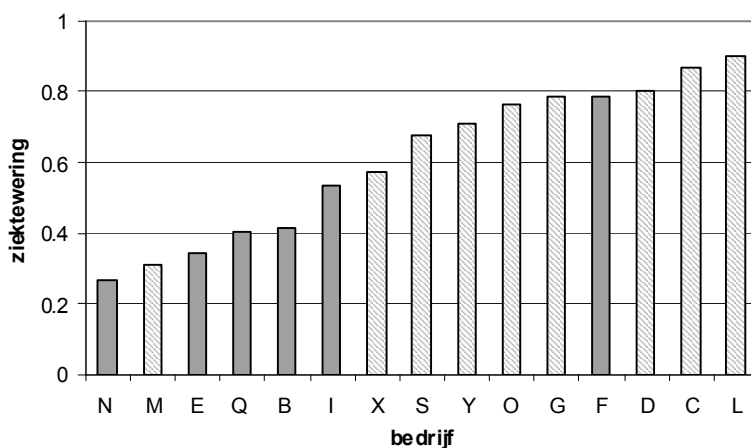
Het onderzoek naar ziektevering kunnen we indelen in divergerend en convergerend. Het eerste type van onderzoek kijkt naar natuurlijke vijanden van ziekte- en plaagsoorten en probeert te begrijpen hoe we een weerbare bodem kunnen creëren. Het convergerend onderzoek kijkt naar variatie van organismen en fysische gesteldheid in natuurlijke gronden, en koppelt dat aan ziekte- of plaagintensiteit. Het mooie van dit laatste is dat ondernemers direct betrokken worden bij dit onderzoek, d.i. hun grond wordt ondersteboven gekeerd en geanalyseerd (Figuur 14). Beide onderzoeksrichtlijnen zijn belangrijk om de ingewikkelde relaties tussen plantparasieten en hun omgeving te begrijpen en te werken aan een duurzame bestrijdingsstrategie. Ziekte- en plaagonderdrukking door de bodem is ingewikkeld omdat zowel bodemleven en fysische waarden van de grond een rol spelen.

Convergerend type van onderzoek plaats binnen de biologische teelt van groenten. Eerdere resultaten aan de hand van de grond van twintig biologische telers laat zien dat grond enorm kan verschillen in ziekteonderdrukkend vermogen tegen wortelknobbelaaltjes (Figuur 14) of *Fusarium oxysporum*. Hierdoor vormen ze een mooi onderzoeksgradiënt. Grond wordt verzameld en onderzocht op onderdrukkend vermogen tegen een aantal ziekteverwekkers, zoals wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* sp.), *Pythium* spp. en *Verticillium* (Schreuders & Van der Wurff 2009). Tegelijkertijd worden de grondmonsters onderzocht op factoren die van belang kunnen zijn zoals schimmels, bacteriën, fysische eigenschappen enzovoorts. Diverse instituten nemen deel, elk met eigen expertise. Vervolgens

wordt gekeken naar mogelijke oorzaken door te zoeken naar een relatie tussen onderdrukkend vermogen en schimmels, bacteriën, fysische eigenschappen enzovoorts. Factoren die van belang zijn voor onderdrukkend vermogen worden vervolgens vertaald naar (een optimalisatie van) teeltmaatregelen.

Een hypothetisch voorbeeld hiervan is dat een toename van labiel organisch materiaal, gecombineerd met een hoge zuurgraad en concentratie aan magnesium kan zorgen voor een sterk verminderde kans op uitval door voetrot (*Fusarium avenaceum*).

Er is in het internationale onderzoek veel nieuwe aandacht voor ziekteverende bodems (Van der Putten 2006; Kerry 2002). Dit zijn bodems waar ziekten en plagen geen kans hebben en een introductie van schadelijke aaltjes of schimmels kunnen onderdrukken. In een aantal biokassen zijn deze eigenschappen daadwerkelijk aangetroffen (zie Figuur 14). De verklaring voor dit verschijnsel is dat in deze bodems heel veel verschillende actoren, levende en niet levende, samen verhinderen dat een schadeverwekker zich kan ontwikkelen. Er is nog veel onbekend over hoe dit werkt en over hoe dergelijke eigenschappen in de bodem te bevorderen zijn. De komende jaren wordt hieraan gewerkt (m.n. de toepassing).



Figuur 14. Verschil in bodemziektenwering van biologische bedrijven tegen het wortelknobbelaaltje *M. incognita* (Uit: Berkelmans & Termorshuizen 2005). Grijs gearceerd betekent dat de grond binnen 2 jaar voor bemonstering gestoomd is geweest.

Ziekte- en plaagonderdrukkend vermogen van grond bestaat. Ondanks dat het een ingewikkeld fenomeen is, begrijpen we steeds meer van de werking. We zoeken naar een mechanisme dat een verklaring vormt. Een mechanisme dat we kunnen vertalen in teeltmaatregelen voor diverse gronden. Onderzoek binnen de verschillende sectoren is belangrijk om te kijken of er voor verschillende gronden en gewassen, zoals groenten of snijbloemen, sprake is van een verschillend mechanisme van ziekteonderdrukking. De invloed van bestrijdingsmiddelen is ook belangrijk omdat middelen nog steeds een belangrijk wapen vormen in de strijd tegen ziekte- en plaagsoorten. Met een toenemende bodemweerbaarheid neemt de kans op ziekten en plagen af. Het is geen garantie voor een probleemloze teelt. Biologische systemen worden gekenmerkt door schommelingen in natuurlijke vijanden en prooien en een absolute verwijdering van een ziekteverwekker uit een systeem is een illusie. Wel kunnen we streven naar een verminderd gebruik van milieuvriendelijke bestrijdingsmiddelen door het gebruiken van de competentie die de grond ons bieden kan onder het motto: 'Werk met de grond in plaats van 'ertegen.'

4.7 Alternatieve grondontsmetting

Voor chemische grondontsmetting zijn diverse alternatieven beschikbaar. Het doel daarvan is om de beginbesmetting voor het planten onder de economische schadedrempel te brengen. Alternatieven zijn: stomen, solarisatie,

anaerobe biologische grondontsmetting (BGO), inundatie en biofumigatie. Vindt bij stomen en solarisatie de dodende werking via verhitting van de bodem plaats, bij BGO en inundatie gaat het om het creëren van zuurstofloze omstandigheden in de bodem waardoor er tijdens het verteren van organisch materiaal aaltjesdodende stoffen ontstaan, onder andere propion- en boterzuur.

Bij biofumigatie wordt gebruik gemaakt van het feit dat bepaalde soorten organisch materiaal tijdens het afbraakproces in de grond gasvormige stoffen opleveren die een aaltjesdodende werking hebben. Zo is bekend dat er bij ondergewerkte glucosinolaathoudende gewassen isothiocyanaten vrijkomen waardoor aaltjes worden gedood (Stirling & Stirling 2003; Zoon, 2004, McSorley *et al.* 1997).

Zwarte braak is ook een effectieve methode om de aaltjespopulatie omlaag te brengen. Het effect van braak is afhankelijk van het soort aaltje, de hoogte van de beginbesmetting, bodemtemperatuur en -vocht, duur van de braakperiode en een goede onkruidbeheersing. Onder een goede onkruidbeheersing wordt hier verstaan het vrijhouden van onkruid die kunnen dienen als alternatief voedsel. Om de braakperiode effectiever te laten zijn, is het mogelijk zinvol om zoveel mogelijk aangetaste wortels uit de grond te verwijderen en af te voeren. In welke mate de aaltjespopulatie onder kasomstandigheden afneemt, is niet bekend, maar zal zeker een periode van zes maanden in beslag moeten nemen om redelijk effect te kunnen sorteren.

Meloidogyne incognita en andere warmteminnende soorten nemen vooral af bij temperaturen boven 20 °C en beneden 10 °C (§1.1.3). De gematigde soorten (o.a. *M. hapla*) blijven bij lage temperatuur lang aanwezig. In combinatie met afdekken met plastic (solarisatie) is braak mogelijk effectiever omdat bij hogere temperatuur de aaltjes meer energie verliezen. In het open veld wordt gerekend op een afname van ongeveer 85% na een jaar. Niet alleen tijdens braak moeten de onkruiden worden verwijderd, ook in de teelt van niet-waardplanten, resistente waardplanten en antagonistische vanggewassen is dit van essentieel belang, om onkruiden niet de gelegenheid te geven het effect van deze gewassen teniet te doen.

Maar de snelheid van de opeenvolging van teeltrondes is één van de problemen. Er is niet veel tijd voor langdurige grondontsmetting. Alleen in december ligt de kas er slechts een aantal weken verlaten bij maar dan is de bodemtemperatuur erg laag.

4.7.1 Biofumigatie

De methode die perspectieven lijkt te bieden voor de bestrijding van het wortelknobbelaaltje is biofumigatie. Biofumigatie (McSorley *et al.* 1997; Sarwar *et al.* 1998) is een vorm van grondontsmetting met behulp van stoffen die vrijkomen bij het hakselen van de verse koolachtige gewassen, zoals mosterd. Er wordt dan gebruik gemaakt van de natuurlijke afweerreactie van koolplanten na vraat. Door beschadiging van de cellen komen stoffen vrij die zeer giftig zijn. De effectiviteit van de biofumigatie blijkt echter niet onder alle omstandigheden even goed omdat deze ondermeer afhankelijk is van het ras, de teeltomstandigheden zoals grondsoort en klimaat, en het tijdstip en de wijze van onderwerken en mogelijk ook aanpassing van de doelsoort. Zo is bekend dat de werking van deze gasvormige isothiocyanaten overeenkomt met Vapam (metamnatrium; Tsao *et al.* 2002). Langdurig gebruik van Vapam zou kunnen resulteren in aanpassing van de doelpathogeen met als gevolg dat het doelpathogeen ook niet reageert op biofumigatie (zoals bediscussieerd voor *M. hapla* in Melakeberhan *et al.* 2007).

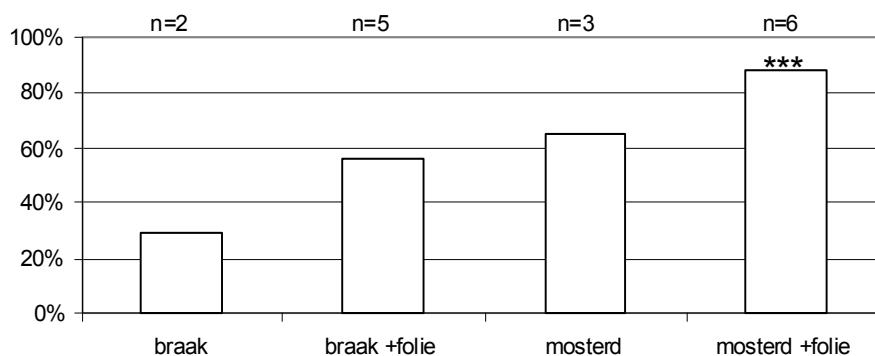
Biofumigatie heeft het grote voordeel dat 'koolachtige' planten op het bedrijf zijn te kweken en dat dit voldoet aan alle normen voor de biologische teelt. Nadelen zijn echter dat het onderwerken arbeidsintensief is en dat er na het onderwerken een wachttijd is van ongeveer tien dagen. De thiocyanaten zijn immers ook voor het gewas giftig. Een ander bezwaar is dat met het onderwerken van gewasresten ook andere aaltjes en schimmels mee de kas in kunnen komen en daarmee bestaat het risico dat er een nieuwe infectiebron wordt geïntroduceerd. Daarom wordt er nu door verschillende marktpartijen gewerkt aan mosterdplantextracten in de vorm van korrels en aan extracten in vloeibare vorm.

De meeste kruisbloemige plantensoorten (o.a. Brassica's) bevatten zwavelhoudende glucosinolaten die bij kneuzing worden omgezet door middel van het enzym myrosinase in reactieve isothiocyanaten (*de pittige mosterdsmaak*) die in hoge concentratie dodelijk zijn voor aaltjes. (Zoon *et al.* 2004). Van mosterd zijn ook producten in gedroogde vorm of vloeibaar verkrijgbaar. De werking van deze geconcentreerde extracten moet onder omstandigheden onder glas nog nader worden onderzocht. Teelt van voldoende biomassa (40-50 ton/ha) bij lage wintertemperatuur in de kas vraagt 3-4 maanden, in de zomer kan het veel sneller. Indien dergelijke gewassen over langere periode ter plaatse worden geteeld, is aaltjesresistentie vereist, maar het telen buiten de kas is ook een optie, waarbij resistentie niet nodig is. Verschillende andere antagonistische gewassen zijn onderzocht in andere delen van de wereld. Daaronder zijn enkele tropische *Crotalaria* soorten die resistent zijn voor *Meloidogyne* en die bovendien bij inwerken extra doding geven (Wang *et al.* 2002). *Crotalaria juncea* kan in twee (zomer)maanden voldoende verse biomassa produceren voor een flinke onderdrukking van de aaltjespopulatie. Bovendien kan dit vlinderbloemige gewas door stikstofbinding bijdragen aan de mineralenbalans (Duke, 1981; Roseberg, 1996).

Sommige groenbemesters of gewassen geven na hakselen en inwerken toxines af die bij hogere concentraties aaltjes doden. Daarom is het noodzakelijk de toxines vast te houden en de grond luchtdicht af te dekken met lichtdoorlatend plastic (Figuur 15). De meeste kruisbloemigen bevatten zwavelhoudende glucosinolaten die na kneuzing middels een enzym (*myrosinase*; Van Eylen *et al.* 2006) worden omgezet in reactieve isothiocyanaten. Het mechanisme berust op een natuurlijke afweerreactie van de plant. Zodra de celstructuur van de plant wordt verstoord komen twee componenten samen die een giftige- en gasvormige stof maken. Van dit principe wordt gebruik gemaakt door de mosterdplanten te maaien, te hakselen en direct onder te werken in de grond. De snelheid van hakselen en onderwerken is belangrijk. Daarnaast geldt dat, zoals bij afrikaantjes, de concentratie aan componenten het hoogst is tijdens de bloei. Na het onderwerken wordt de grond afgedekt met zonlicht doorlatend zeil. Dit geheel wordt gedurende 8-10 dagen met rust gelaten.

In een kasproef in Bleiswijk werd mosterd in de kas geteeld na een zware besmetting van de grond met *Fusarium avenaceum* in Lisianthus. Nog voordat de mosterd ondergewerkt kon worden waren grote delen van de kas weggevallen door *Fusarium avenaceum*. Dit betekent dat de teelt van mosterd in de kas een groot risico met zich mee kan brengen.

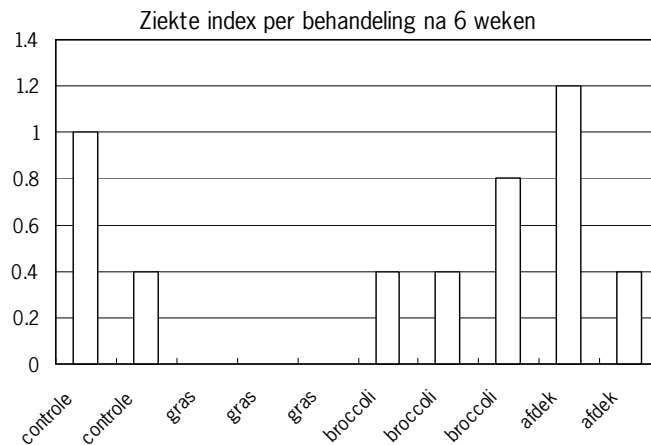
Net zoals met *Tagetes*, verschilt de nematicide werking enorm per variëteit. Op dit moment wordt Serepta mosterd (*Brassica juncea*) het meest gebruikt. Een bijkomend voordeel van het telen van mosterd en *Tagetes* als tussengewas is dat ze de hoeveelheid nitraat in de bodem sterk verminderen.



Figuur 15. Percentage doding van *Meloidogyne* spp. door biofumigatie in een praktijkexperiment met 50 ton per hectare versgewicht gele mosterd (*Sinapis alba*) in de periode december tot april. De behandeling mosterd afgedekt met folie gaf een hogere mate van doding dan zwarte braak, zwarte braak met folie en gele mosterd zonder gebruik van folie. 'n' geeft aan het aantal herhalingen per behandeling.

In de biologische teelt van groenten is *Verticillium dahliae* een probleem in voornamelijk paprika. De ziekteverwekker is moeilijk te bestrijden. Grondstomen is op dit moment het enige middel dat effectief is, maar door de vele negatieve bijeffecten, zoals het verlagen van de natuurlijke bodemweerbaarheid tegen *V. dahliae* en andere ziekteverwekkers en plagen, wordt het door telers liever niet ingezet.

Door Blok *et al.* (2000) zijn goede resultaten geboekt met bestrijding van *V. dahliae* door middel van biofumigatie (door verbreken van celstructuur komt het enzym myrosinase in contact met glucosinolaten en zet deze om in gasvormige toxische isothiocyanaten) met broccoli en anaerobe grondontsmetting met gras. In eigen onderzoek waren de resultaten met biofumigatie (met broccoli) minder goed (Figuur 16). Dit kan verklaard worden door verschil in type cultivar of versheid van de broccoli. Ook liet hetzelfde experiment, uitgevoerd op een tweede praktijkbedrijf met ander gras en broccoli, geen effect zien ten opzichte van de controles (*niet weergegeven*). Dit kan veroorzaakt zijn door verschil in uitvoer van de proef maar ook door verschil grondsamenstelling. In lopend onderzoek binnen LNV BO-04 wordt verder gewerkt aan de invloed van grondtype op de effectiviteit van BGO. Daarnaast zijn er op dit moment diverse nieuwe mosterd cultivars beschikbaar met een hoog glucosinolaat gehalte die getoetst kunnen worden.



Figuur 16. De grafiek laat de gemiddelde V. dahliae ziekte-index zien over 5 planten (n=5) in een bio-toets. In ingegraven cementkuipen op een praktijkbedrijf zijn de behandelingen uitgevoerd. De bio-toets werd vervolgens in Bleiswijk uitgevoerd met P9 potten en paprikaplanten gedurende 6 weken. De ziekte-index is bepaald per plant als de som van 5 typische symptomen, te weten: zwarte stengelbasis; kleur (donker vs. lichte bladeren); slap gaan (m.n. onderste bladeren); scheefgroei van blad en afsterving.

4.7.2 Anaerobe grondontsmetting

Diverse plantparasieten zijn slecht bestand tegen anaerobe omstandigheden. Het bestrijdingsmechanisme achter de BGO is echter niet duidelijk, maar waarschijnlijk een combinatie van zuurstofloze omstandigheden, schadelijk producten die vrijkomen bij anaerobe decompositie zoals ammoniak en natuurlijke vijanden die floreren bij zuurstofloosheid. Daarvandaan wordt de term Biologische Grondontsmetting ook vaak gebruikt (BGO).

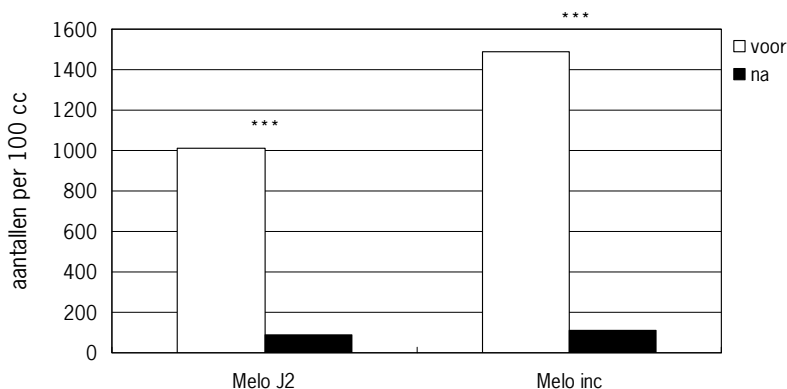
Blok *et al.* (2000) waren de eersten in Nederland die deze kennis in praktijk brachten met een veldproef waarbij biofumigatie naast anaerobe grondontsmetting getoetst werd tegen verschillende bodemziekteverwekkers, namelijk *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, en *Rhizoctonia solani*. De auteurs documenteerde een sterk onderdrukkend effect van anaerobe omstandigheden. Onder anaerobe decompositie, ontstaan producten zoals kooldioxide, ethyleen, waterstof, methaan, ammoniak, organische zuren, alcoholen, en aldehydenen, en van sommige is bekend dat ze een fungicide werking kunnen hebben. Daarnaast staan diverse antagonisten bekend als typische voorkomend in zuurstofloze omstandigheden, zoals *Bacillus* spp. en *Clostridium* spp. (Blok *et al.* 2000).

Het dodend effect van biologische grondontsmetting op aaltjes is zelfs nog beter dan op bodemschimmels. In onderzoek van PPO-AGV in diverse proeven is het dodend effect op wortelknobbelaaltjes (*M. fallax*), wortellessieaaltje (*Pratylenchus penetrans*), en aardappelcystenaaltje (*Globodera pallida*) getypeerd als er goed, maar het effect op (virusoverbrengende) trichodoriden was wisselend.

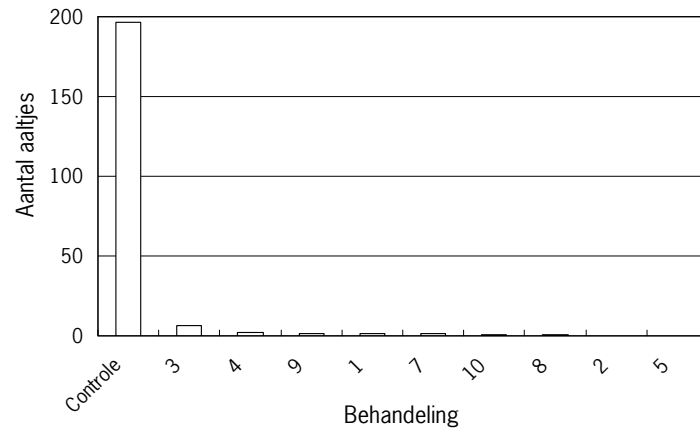
Ook werd geconstateerd dat anaerobe grondontsmetting in de praktijk goed lijkt te werken tegen uitval van Asperge door *Fusarium*, ondanks dat *Fusarium* na grondontsmetting in de grond aanwezig bleef. Mogelijk is de versterking van de algemene microbiële activiteit in de grond, door inwerken van gras, voldoende om uitval van planten door ziekteverwekkers te voorkomen. Blok *et al.* (2000) beschreven een duidelijke afname van microsclerotien van *V. dahliae* door anaerobe grondontsmetting.

Bij twee biologische glasgroentenbedrijven is de effectiviteit van anaerobe grondontsmetting getoetst tegen *M. incognita* (Paternotte *et al.* 2009). In oktober 2008 werd gras ingewerkt tot een diepte van 30 cm en afgedekt met speciaal luchtdicht plastic. Voordat de grond werd afgedekt, werden nylon zakjes met besmet wortelmateriaal op tien plaatsen in de kas ingegraven en werden grondmonsters genomen voor aaltjesonderzoek. Na 6-9 weken werden opnieuw grondmonsters gestoken en weerden de nylon zakjes met besmet wortelmateriaal uitgehaald voor analyse op overleving van wortelknobbelaaltjes.

De bodemtemperatuur gedurende de anaerobe grondontsmetting was bij het ene bedrijf 19 - 20 °C en bij het andere ongeveer 14 °C. Zuurstofloosheid van de bodem werd al binnen een paar dagen bereikt na het afdekken met plastic.



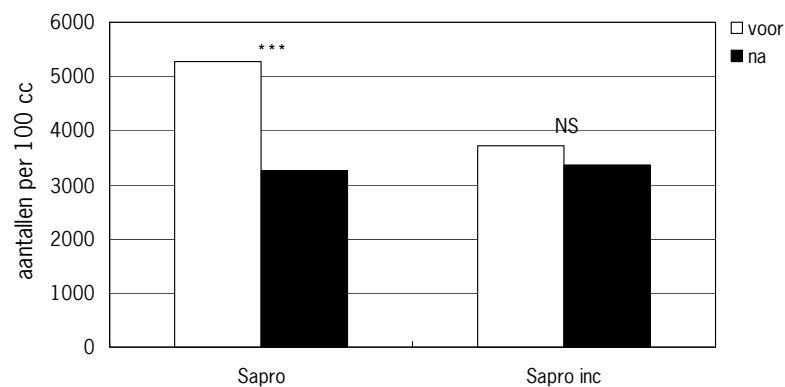
Figuur 17. Verschil in aantallen vrijlevende (J2) Meloidogyne in de grond voor- en na anaerobe grondontsmetting. 'Melo inc' staat voor het aantal aaltjes in eipakketten (incubatiefractie; grond wordt 28 dagen geïncubeerd opdat alle aaltjes bij benadering uit de eieren zijn gekomen en alsnog geteld).



Figuur 18. Aantallen Meloidogyne in de ingegraven nylon zakjes (1-10) na anaerobe grondontsmetting ten opzichte van een onbehandelde controle.

Bij het ene bedrijf was de anaerobe behandeling zeer effectief waarbij de hoeveelheid aaltjes zowel in de bodemonsters (Figuur 17) als in het wortelmateriaal (Figuur 18) afnamen met 90%. Maar bij het andere bedrijf namen de wortelknobbelaaltjes wel sterk af in de bodem, maar niet in het wortelmateriaal (*resultaten zijn hier niet weergegeven*).

Figuur 19 geeft aan dat schimmel- en bacteriënetende aaltjes (*zgn.* saprofyten) ook in aantal afnemen van ongeveer 5000 naar 3000 individuen per 100 cc grond. Deze aaltjes zijn niet schadelijk voor het gewas en spelen een belangrijke rol in de omzetting van organisch materiaal naar nutriënten (decompositie). De aantallen saprofyten voor- en na de BGO in de incubatiefraction verschillen niet significant. Dit is echter minder relevant en ook logisch omdat de grond tijdens 28 dagen wordt geïncubeerd om de *Meloidogyne* eipakketten uit te laten komen en dus de aantallen weer kunnen toenemen (zie Figuur 17 'Melo inc.').



Figuur 19. Verschil in aantallen saprofytische aaltjes (bacterie- en schimmeleeters) in de grond voor- en na anaerobe grondontsmetting als indicator voor nuttig bodemleven. 'Sapro inc' staat voor het aantal aaltjes in eipakketten (incubatiefraction; grond wordt 28 dagen geïncubeerd en aaltjes worden opnieuw opgespoeld en geteld).

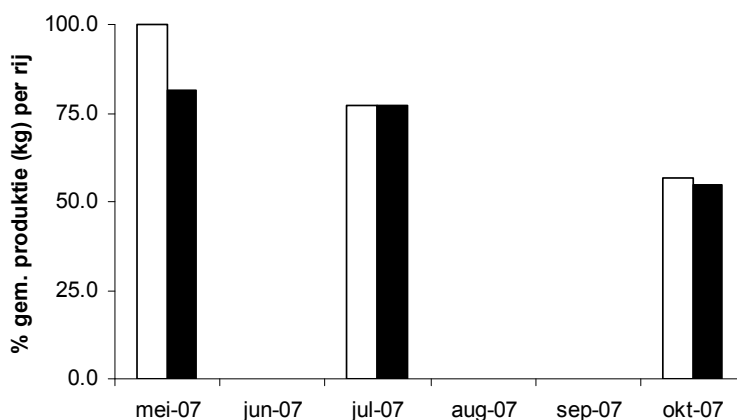
De reden van het verschil in effectiviteit van de behandeling tussen de bedrijven is niet duidelijk. Het lijkt erop dat de temperatuur van de bodem een rol heeft gespeeld. Maar het verschil in effectiviteit van de anaerobe grondontsmetting tussen de bedrijven kan ook verklaard worden door bijvoorbeeld een verschil in aanwezige natuurlijke bestrijders of in ammoniak gas, dat gevormd worden bij anaerobe processen.

Op dit moment wordt gewerkt aan alternatieve anaerobe grondontsmetting waarbij een gefermenteerd product over de grond wordt gestrooid en wordt afgedekt voor 3 weken (Runia *et al.* 2009).

4.8 Wisselteelt met grondontsmetting tegen aaltjes

Hoe maak je ruimte en tijd vrij voor een alternatieve ontsmetting in de zomer en zonder productieverlies? Biologisch bedrijf Gebr. Verbeek te Velden (Limburg) en Wageningen UR Glastuinbouw vonden een oplossing in een ongebruikelijk teeltsysteem (Van der Wurff & Berkelmans 2009). In plaats van alle bedden te beplanten met komkommer, wordt telkens een bed overgeslagen. Om productieverlies te beperken wordt dubbeldik geplant en worden de planten met behulp van lange draden als een pergola over het leegstaande bed geleid. Hierdoor wordt gecompenseerd voor de beperkte ruimte die beplant is. Het systeem werkt overigens alleen bij komkommer. Paprika is moeilijk buigbaar, en tomaat groeit te langzaam. Bio-teler Mar Bajjens (Velden) gebruikt dit systeem al langer met succes en was ook geïnteresseerd in een proef waarbij het effect op aaltjes en de komkommerproductie nauwkeurig in kaart zouden worden gebracht.

De resultaten van de praktijkproef waren zeer bemoedigend. Ondanks een tegenvallende productie van het pergola-draadsysteem in de eerste teeltronde, werd het resultaat daarna aanmerkelijk beter (Figuur 20). In het gangbare teeltsysteem namen de aaltjes gedurende het jaar explosief toe, en dit had een sterk productieverlies tot gevolg. Het pergola-draadsysteem werd hierdoor echter veel minder beïnvloed, en behaalde dezelfde productie als het gangbare systeem in zowel teeltrondes twee als drie. De effectiviteit van de *Tagetes* grondontsmetting is hierbij dus van doorslaggevend belang.



Figuur 20. Productie van het Bajjens pergoladraad systeem (■) in vergelijking met het gangbare teeltsysteem met grotere aaltjesschade (□). De productie is aangegeven als percentage ten opzichte de productie van het gangbare systeem in de eerste teeltronde (aangegeven bij mei-07 als 100%).



Foto 3. *Bajens systeem met komkommer en Tagetes als tussengewas.*

Vooraf na afloop van de teelt van *Tagetes* is er een langdurig onderdrukkend effect op wortelknobbelaaltjes (Figuur 21A). Dat het geen agressief bestrijdingsmiddel is wordt duidelijk na afloop van een teelt komkommer. Er is weinig effect te zien op aaltjes (Figuur 21B). Dit werd mede veroorzaakt door de slechte groei van de *Tagetes* in mei door een tekort aan water, een verminderde kieming van het zaad door vraat van slakken, en een korte teeltronde.

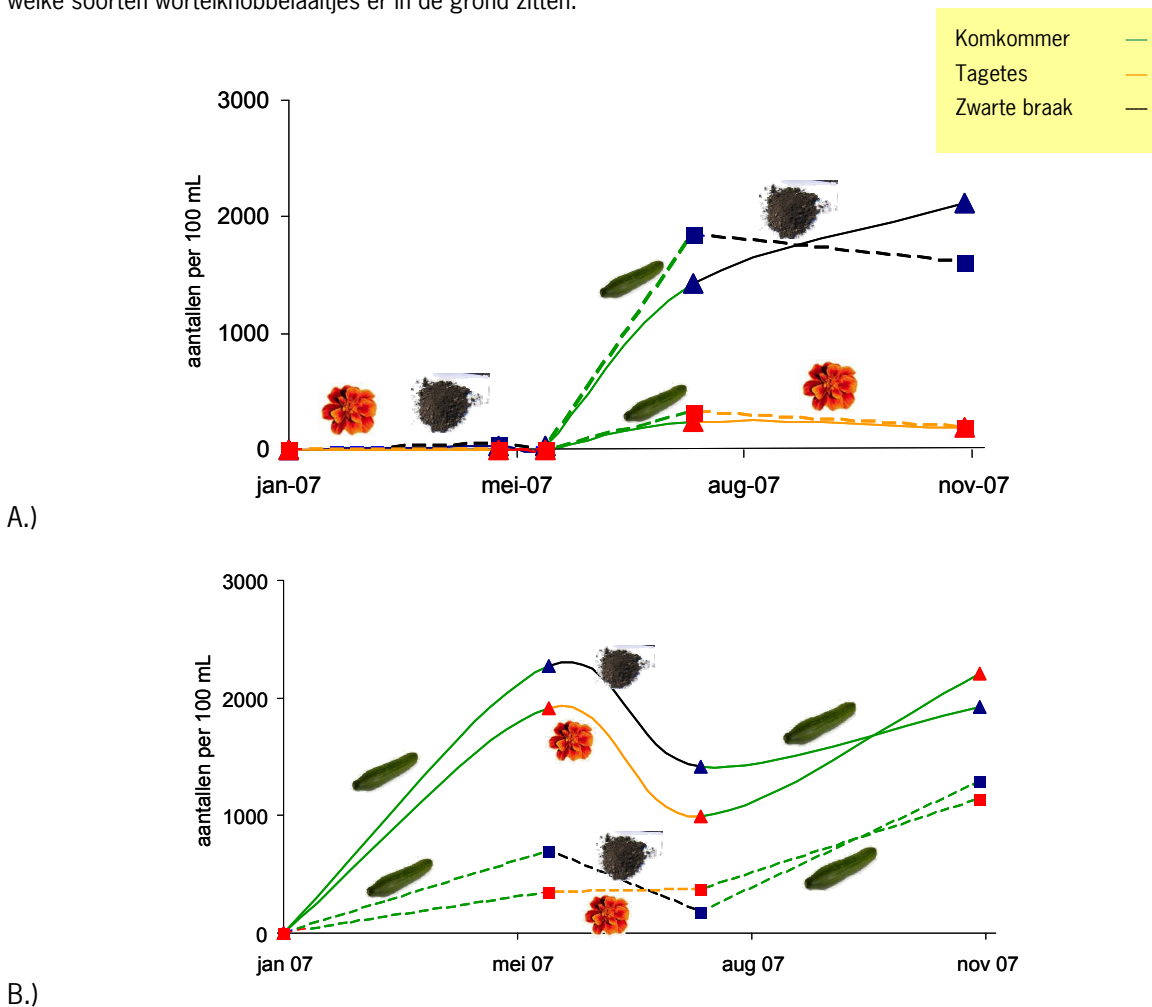
In alle teeltrondes is de schade aan de komkommerwortels minder door toedoen van *Tagetes*. De wortelknobbeld-index is een hele punt lager. Dit is belangrijk omdat schade aan de wortels een slechtere wateropname en transport betekenen, en dus minder opbrengst. Daarnaast werden in teeltronde drie significant betere (meer klasse 1) komkommers geoogst.

Tagetes heeft in het algemeen een positief effect op het bodemleven en op het ziekteonderdrukkend vermogen van de grond door het stimuleren van goede (wortel)bacteriën. Helaas zorgt een introductie van nieuwe planten in de kas vaak voor nieuwe ziekten en plagen.

Tabel 12. *Tagetes soorten waarop aaltjes zich kunnen vermeerderen en niet gebruikt kunnen worden in het pergola-draadsysteem.*

Soort	ras	Meloidogyne soort	
<i>Tagetes</i>	<i>erecta</i>	Carnation	<i>hapla</i>
<i>Tagetes</i>	<i>erecta</i>	Diamond Jubilee	<i>arenaria</i>
<i>Tagetes</i>	<i>erecta x patula</i>	Polynema	<i>arenaria</i>
<i>Tagetes</i>	<i>patula</i>	Goldie	<i>incognita, arenaria, hapla</i>
<i>Tagetes</i>	<i>patula</i>	Petite Gold	<i>incognita, arenaria, hapla</i>
<i>Tagetes</i>	<i>patula</i>	Petite Harmony	<i>incognita, arenaria, hapla</i>
<i>Tagetes</i>	<i>patula</i>	Petite Harmony	<i>arenaria</i>
<i>Tagetes</i>	<i>signata pumila</i>	Golden Gem	<i>incognita, arenaria, javanica</i>
<i>Tagetes</i>	<i>signata pumila</i>	Tangerine Gem	<i>incognita, arenaria, hapla, javanica</i>

Ook moet er gelet worden op de soort wortelknobbelaaltjes in de grond. Zo is de cultivar *Tagetes patula* 'Petite Gold' een goede waardplant voor het aaltje *Meloidogyne hapla* (Tabel 12). Het is daarom belangrijk om te weten welke soorten wortelknobbelaaltjes er in de grond zitten.



Figuur 21. Verloop van gemiddeld aantallen vrijlevende wortelknobbelaaltjes in braak (▲) en *Tagetes* velden (▲), en aantal aaltjes in eieren in de grond in braak (■) en *Tagetes* velden (■) in het pergola-draadsysteem. A.) Van januari, na het grondstomen, tot mei werd het bed behandeld met zwarte braak, of met *Tagetes* (*Tagetes patula* 'Ground Control'). Vanaf mei werden deze bedden beplant met komkommer en vanaf eind juli weer behandeld met *Tagetes* of braak. B.) Van januari, na het grondstomen, tot mei werd het bed beplant met komkommer. Vanaf mei werden deze bedden behandeld met zwarte braak, of met *Tagetes* (*Tagetes patula* 'Ground control') en vanaf eind juli weer beplant met komkommer.

Het Baijens pergola-teeltsysteem is een eerste stap in de richting van een weerbaar teeltsysteem tegen wortelknobbelaaltjes. De resultaten zijn hoopgevend. Het pergola-draadsysteem heeft alleen in de eerste teeltronde een productieverlies ten opzichte van een gangbaar teeltsysteem. Dat is jammer want deze komkommers brengen het meeste op. In teeltrondes twee en drie is de productie van het gangbare en het alternatieve teeltsysteem gelijk. Het systeem biedt daarom in de zomer ruimte aan langdurige grondontsmetting zonder extra productieverlies, terwijl dit in een normaal systeem niet mogelijk is (Box 5). Mogelijk biedt een betere teelt van *Tagetes* in ronde twee een hogere opbrengst aan komkommer in teeltronde drie. Door een slechte groei van de *Tagetes* in de zomermaanden viel de onderdrukking van aaltjes in de derde ronde van de komkommerteelt tegen.

<p>BOX 5</p> <p>Voordelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruimte voor alternatieve grondontsmetting in zomer zonder verlies • Meer klasse 1 komkommers • Minder aaltjesschade aan wortels • Verminderde aantallen aaltjes in de bodem • Verhogen van ziekteverendheid van de bodem 	<p>Nadelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In 1^e ronde een verlies van 20% • Lastig oogsten en bladbehandelingen • Beschadiging vruchten boven pad door elektrokar • Mogelijk tekort aan voeding door dubbeldik planten
--	--

Tagetes blijkt een goed middel tegen wortelknobbelaaltjes, mits ingezet voorafgaande aan een teelt. Er wordt in het lopend onderzoek ook gekeken naar andere ziekte onderdrukkende planten die gebruikt kunnen worden.

Minder positieve ervaringen van het teeltsysteem zijn tot nu toe van werknemers die het lastig vinden om boven hun hoofd te oogsten. Ook bladbehandelingen met biologische middelen zijn daardoor lastig. Daarnaast kan er eerder een tekort optreden aan voedingselementen in de bodem omdat er meer planten per vierkante meter staan.

5 Discussie en conclusie

Speerpunt in het onderzoek is het vinden van een duurzame oplossing voor gewasschade veroorzaakt door wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.). Het doel van het onderzoek was het ontwikkelen van alternatieve beheersings-systemen voor wortelknobbelaaltjes waardoor schade wordt geminimaliseerd en stomen overbodig wordt. Dit project heeft concreet geleid tot het toetsen van een breed scala aan beheersopties in nauwe samenwerking met de praktijk. De meeste opties, zoals biofumigatie en Biologische Grond Ontsmetting (BGO) waren nog nooit getoetst in kasgronden. Door de nauwe samenwerking met de biologische bedrijven vonden nieuwe opties snel hun weg naar de praktijk en deden bedrijven praktische ervaring op. Het resultaat van dit project is een breed scala aan opties waarvan bedrijven gebruik kunnen maken om locatiespecifieke beheersoplossingen te creëren voor de wortelknobbelaaltjesproblematiek.

5.1 Nieuwe Teeltsystemen

In een ideale situatie ligt de oplossing in een teeltsysteem waarbij wortelknobbelaaltjes geen kans krijgen, zoals in teelten op substraat. Maar dat laatste is geen optie binnen de biologische teelt. Het Baijens teeltsysteem met komkommer komt dicht in de buurt; maar is een compromis: Het geeft extra ruimte in de kas voor langdurige alternatieve grondontsmetting (minimaal een teeltronde) maar dit is alleen interessant indien er sprake is van hoge wortelknobbelaaltjeschade. In dit systeem kan er ruimte vrij gemaakt worden voor een grondontsmetting zoals met *Tagetes*, zwarte braak of BGO zonder verlies van productie ten opzichte van een systeem met aaltjesschade. Maar zonder aaltjesschade betekent het systeem verlies. De tussenteelt van planten zoals *Tagetes* is niet zonder risico omdat ze ziekten en plagen kunnen introduceren zoals de bodemschimmel *Verticillium dahliae* of schadelijke aaltjes. Ook kunnen indirect ziekten toeslaan zoals *Botrytis* door verandering in het lokale klimaat in de kas bij de inzet van tussenplanten. Het onderzoek naar alternatieve wisselteeltsystemen (zie ook LNV project Biowisselkas) laat zien dat een verandering in teeltsysteem niet gemakkelijk is. Bij een wisselsysteem worden er namelijk meer planten op een grondoppervlak gezet en dit heeft gevolgen voor bemesting en watergeefstrategie.

5.2 Bodemverbeteraars, plantversterkers en GNO's

Er zijn veel middelen getoetst maar het overgrote merendeel liet niet of nauwelijks een werking tegen wortelknobbelaaltjes zien of is niet toegelaten. Een deel van de middelen werd aangeleverd via kwekers zelf, of door commerciële partijen en een deel werd zelf gemaakt op basis van informatie afkomstig uit de internationale literatuur. De resultaten laten zien dat oog voor detail belangrijk is bij inzet van deze middelen. Werkzaamheid van middelen kan afhangen van doelaaltje bij vooral biologische bestrijders zoals *Pasteuria penetrans*. Maar ook het grondtype, bodemleven en gewastype is belangrijk. Vaak is de oorzaak van het falen van het middel onduidelijk. Een voorbeeld hiervan is beschreven voor BGO en biofumigatie waarbij er een groot verschil is in effectiviteit tegen wortelknobbelaaltjes of *Verticillium dahliae* tussen twee bedrijven. Ook kunnen processen zoals biodegradatie een rol spelen. Dit betekent dat middelen (te) snel worden omgezet door het bodemleven naar een onschadelijke variant. Een bekend voorbeeld hiervan uit de gangbare teelten is fenamifos tegen aaltjes.

Bij meststoffen zoals Agri Biosol en borium is er sprake van een optimale concentratie. In onderzoek hebben we een duidelijk negatief effect gevonden van een 20 cc toediening Agri Biosol, terwijl een 10 cc toediening geen problemen met wortelknobbelaaltjes gaf. Bij een overmaat aan borium wordt wortelknobbelvorming gestimuleerd, terwijl een lagere dosering een afstoting van wortelknobbelaaltjes geeft. Het is dus belangrijk dat kwekers op locatie een proef inzetten om de gevolgen te onderzoeken voordat ze beginnen aan volvelds behandelingen.

5.3 Fytochemicaliën

Bij plantenextracten is de identiteit van de cultivar en de timing van oogst van plantendelen belangrijk. In de literatuur wordt veelvuldig gemaakt dat productie van secundaire plantenstoffen in de bloeiperiode het hoogst is. Er zijn een aantal plantextracten in het laboratorium getoetst, waarvan een deel een bestrijdend effect op wortelknobbelaaltjes liet zien. Extract (PPO-X) is als enige middel ook in grond getoetst en liet een bestrijdende werking zien maar nochtans niet afdoende.

5.4 Alternatieve grondontsmetting

De effectiviteit van *Biofumigatie* als grondontsmetting blijkt vooralsnog onvoorspelbaar door de afhankelijk van plantidentiteit, moment van oogst en snelheid van onderwerken. Ook blijkt Serepta mosterd (*Brassica juncea*) een goede waardplant voor *Fusarium avenaceum*. Hierdoor worden problemen zoals met *F. avenaceum* in biologische freesia en lisianthus mogelijk versterkt in plaats van bestreden. BGO is ook arbeidsintensief maar is makkelijker te standaardiseren waardoor de voorspelbaarheid van het afdodend effect toeneemt. Op dit moment wordt door andere partijen gewerkt aan een snellere en effectievere methode waarbij gras wordt vervangen door een poeder. Een effectieve af dichting van de grond door plastic blijft voor deze methoden cruciaal.

5.5 Composten

De werking van compost is veelbelovend, maar het gebruiken van aaltjesweerbaar compost is vooralsnog moeilijk in te introduceren in de praktijk. Het sturen van compost in de richting van weerbaarheid vereist een nauwkeurige monitoring van het compostingsproces waarbij o.a. gelet wordt op temperatuur, bacteriële omzetting en diversiteit, kwaliteit van het organisch materiaal (de biologische beschikbare fractie) en het decompositie proces. Dit betekent dat er geen hoopvolle verwachting gekoesterd moet worden van compost *per se* en dat onderzoeksamenwerking met een compostleverancier belangrijk is om te komen tot een voorspelbaar ziekteverwend product. Niettemin laten de resultaten van het Topsoil project in Lisse (PPO-BBF) bemoedigende resultaten zien.

5.6 Conclusie

Uit het onderzoek komt naar voren dat er op dit moment nog geen *one-option-fits-all* strategie is en dat de oplossing bestaat uit een pakket aan maatregelen waaruit gekozen kan worden afhankelijk van doelpathogeen, gewas, bedrijfstype en (a)biotische bodemsamenstelling. Dankzij dit onderzoek is er nu een praktisch overzicht van beschikbare beheersopties met voor- en nadelen, en zijn er talloze nieuwe ingangspunten gevormd voor de oplossing van de problematiek van ziekten en plagen in de bodemgebonden teelten onder glas.

Het nieuwe LNV bodemweerbaarheidsonderzoek van WUR Glastuinbouw (Bodemadviessysteem binnen BO-04 en BO-06) vormt een goed uitgangspunt om meer inzicht te krijgen in verschillen tussen kasbodems en waarom het ene middel of methode zoals Biofumigatie of BGO wel goed werkt in het ene bedrijf, maar niet in het andere. Binnen het onderzoek worden bodems met elkaar vergeleken op diverse karakteristieken, zoals bacteriële en schimmelbiomassa, diversiteit aan Pseudomonaden, Streptomyceeten, Nematoden en diverse fysische en chemische eigenschappen. Een koppeling is eenvoudig aan te brengen door te kijken naar de invloed van diverse middelen en methoden op bodemweerbaarheid. Zodoende wordt gewerkt aan een integraal bodemadviessysteem waarmee management van bodemweerbaarheid door inzet van teeltmaatregelen (w.o. bijvoorbeeld biofumigatie of BGO) mogelijk wordt.

6 Referenties

- Amsing, J.J. & J. Postma, 2004.
Ziektewerend vermogen bodem moeilijk te manipuleren Groenten + fruit 2004 (3). - p. 24 - 25.
- Amsing, J.J., F.C. Zoon & C.J. Kok, 2006.
Pasteuria penetrans als bestrijder van *Meloidogyne* in kasteelten. Vakblad voor de Bloemisterij.
- Baker, K.F. & R.J. Cook, 1974.
Biological Control of Plant Pathogens. San Francisco: Freeman. 433 pp.
- Berkelmans, R. & A. Termorshuizen, 2005.
Ziektewerende gronden en onderdrukking tegen het wortelknobbelaaltje in biologische kasgrond. LNV Biokas rapport.
- Blok, W.J., J.G. Lamers, A.J. Termorshuizen & G.J. Bollen, 2000.
Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. Phytopathology 90 (2000) - p. 253 - 259.
- Bouwman-van Velden, P. & J. Janse, 2009
'Volledige resistentie tegen alle aaltjes is een utopie' Onder Glas 6: 56 - 57.
- Castro, C.E., N.O. Belser, H.E. McKinney & I.J. Thomason, 1990.
Strong repellency of the root knot *Meloidogyne incognita* by specific inorganic ions. Journal of Chemical Ecology 16(4): 1199-1205.
- Cuadra, R., X. Cruz & J.F. Fajardo, 2000.
The use of short cycle crops as trap crops for the control of root-knot nematodes. Nematologica, 30, 241–246.
- Da Silva Sousa, C., A.C. Fermino Soares, M. Da Silva Garrido & G. M. C. de Oliveira Almeida, 2006.
Streptomycetes in the control of *Meloidogyne incognita* in tomato plants. Pesq. agropec. bras., 41(12): 1759-1766.
- Davies, K.G. & V.M. Williamson, 2006.
Host specificity exhibited by populations of endospores of *Pasteuria penetrans* to the juvenile and male cuticles of *Meloidogyne hapla*. Nematology, 8(3), 475-476.
- De Boer, W., P. Verheggen, P.J.A.K. Gunnewiek, G.A. Kowalchuk & J.A. van Veen, 2003.
Microbial community composition affects soil fungistasis. Applied and Environmental Microbiology 69 (2):835-844.
- De Ruiter, P.C., A. M. Neutel & J.C. Moore. 1998.
Biodiversity in soil ecosystems: the role of energy flow and community stability. Applied Soil Ecology 10:217-228.
- Duke, J.A., 1981.
Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press, New York. 345 pp. Roseberg (1969)
- Eylen, D. van, Indrawati, M. Hendrickx & A. Van Loey, 2006.
Temperature and pressure stability of mustard seed. (*Sinapis alba* L.) myrosinase. Food Chemistry 97: 263–271
- Hasna, M.K., V. Insunza, J. Lagerlo & B. Ramert, 2007.
Food attraction and population growth of fungivorous nematodes with different fungi. Ann. Appl. Biol. 151: 175 – 182.
- Hazendonk & Amsing, 2002.
Beheersing van nematoden in de grond. Ekoland 24 (2). - p. 26 - 27.
- Heij, A. de, F.C. Zoon, L.M. Poleij & R. Verkerk, 2004.
Screening Brassicaceous accessions for nematode resistance and biofumigation effects. Agroindustria 3 (3). - p. 5 – 8
- Helm, F.P.M. van der, A.W.G. van der Wurff & J.D. Zijlstra, 2008.
Vruchtwisseling in zomerbloemen. Wageningen : Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 169.

- Helm, F.P.M. van der, A.W.G. van der Wurff, J.A.A. van Zuilichem, R.G.E. Duyvesteijn, I.A.M. Elberse, M. Hoffmann & F.A.M. Geers, 2009.
Aaltjes in vaste planten en zomerbloemen : hygiëne, uitgangsmateriaal en vruchtwisseling vormen de basis.
Brochure Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
- Holterman, M.H.M., A.W.G. van der Wurff, S.J.J. van den Elsen, H.H.B. van Megen, A.M.T. Bongers, O.V. Holovachov, J. Bakker & J. Helder, 2006.
Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward Crown Clades. *Molecular Biology and Evolution* 23 (9). - p. 1792 - 1800.
- Janmaat, L., J.J. Amsing, G.J. Messelink, C.M.J. Bloemhard, J. Postma & R.A. Berkelmans, 2004.
Nieuwe hoop voor biologische glastuinders? - Onderzoek naar bestrijding van wortelknobbelaaltjes en pissebedden.
- Janse, J., A.W.G. van der Wurff, M.A. van Slooten, L.W. Kok & A.G.J. van Leeuwen, 2007a.
Gevoeligheid komkommeronderstammen voor aaltjes in de biologische teelt van komkommer (najaarsteelt).
Wageningen UR Glastuinbouw.
- Janse, J., A.W.G. van der Wurff & M.A. van Slooten, 2007b.
Gevoeligheid komkommeronderstammen voor aaltjes in de biologische teelt van komkommer (voorjaarsteelt).
Wageningen UR Glastuinbouw.
- Karssen, G., P.W.Th. Maas & H. Brinkman, 2001.
Nederlandse namen van plantenparasitaire aaltjes (nematoden) *Gewasbescherming* 32:4/5, p. 93-95.
- Kerry, B.R., B.R. Kerry & W.M. Hominick, 2002.
Biological control. In: D.L. Lee, Editor, 'Biology of Nematodes', Taylor & Francis, London (2002), pp. 483-509
- Labrie, C.W., 2008.
Onderstammen voor de biologische teelt van vruchtgroenten : inventarisatie van resistente onderstammen van komkommer en paprika voor *Meloidogyne* spp. en *Verticillium dahliae*. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw 202)
- Man-Hong, S., G. Li, S. Yan-Xia, L. Bao-Jü & L. Xing-Zhong, 2006.
Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential. *J. Invert. Path.* 93 (2006) 22-28.
- Mashela, P. W., H. A. Shimelis & F.N. Mudau, 2007.
Comparison of the Efficacy of Ground Wild Cucumber Fruits, Aldicarb and Fenamiphos on Suppression of *Meloidogyne incognita* in Tomato. *J. Phytopathology* 156, 264-267.
- McSorley, R., P.A. Stansly, J.W. Noling, T.A. Obreza & J.M. Conner, 1997.
Impact of organic soil amendments and fumigation on plantparasitic nematodes in Southwest Florida vegetable fields. *Nematropica* 27, 181-189
- Melakeberhana, H, S. Mennana, S. Chen, B. Darbyc & T. Dudek, 2007.
Integrated approaches to understanding and managing *Meloidogyne hapla* populations' parasitic variability. *Crop Protection* 26: 894-902
- Melakeberhan, H., S. Mennan, M. Ngouajio & T. Dudek, 2008.
Effect of *Meloidogyne hapla* on multi-purpose use of oilseed radish (*Raphanus sativus*). *Nematology*, 10(3), 375-379
- Molendijk, L.P.G., 1999.
Aaltjes-beheersings-strategie bewijst zich in de praktijk (Vredepeel). PAV-bulletin. Akkerbouw Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt 3: 4-8
- Norton, D.C., 1978.
Ecology of plant-parasitic nematodes. New York, NY, USA, John Wiley & Sons, 268 pp.
- Oka, Y., N. Tkachi & M. Mor, 2007.
Phosphite inhibits development of the nematodes *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in cereals. *Phytopathology* 97: 396-404.
- Os, G.J. van, 2008.
Ziektewering van de grond. Lisse : Themadag bedrijfsnetwerk biologische bollen en buitenbloemen, 2008-02-21

- Paternotte, P., C. Bloemhard & A.W.G., van der Wurff, 2009.
Biologische grondontsmetting ter bestrijding van *Verticillium dahliae* en *Meloidogyne* in de biologische teelt van glasgroenten. *Gewasbescherming* 40(5):256.
- Ploeg A.T. & P.C. Maris, 1999.
Effects of temperature on the duration of the life cycle of a *Meloidogyne incognita* population. *Nematology*, 1:389–393.
- Putten, W.H. van der, R. Cook, S. Costa, K.G. Davies, M. Fargette, H. Freitas, W.H.G. Hol, B.R. Kerry, N. Maher, T. Mateille, M. Moens, E. de la Peña, A. Piśkiewicz, A. Raeymaekers, S. Rodríguez-Echeverría & A.W.G. van der Wurff, 2006.
Nematode interactions in nature: models for sustainable control of nematode pests of crop plants? *Advances in Agronomy*, 89: 227-260
- Roux-Michollet, D, S. Czarnes, B. Adam, D. Berryc, C. Commeaux, N. Guillaumauda, X. Le Rouxa & A. Clays-Josserand, 2008.
Effects of steam disinfestation on community structure, abundance and activity of heterotrophic, denitrifying and nitrifying bacteria in an organic farming soil. *Soil Biology & Biochemistry* 40(7): 1836-1845.
- Runia, W.T., 1992.
Steaming methods for soils and substrates. Eds. M.L. Gullino, J. Katan, A. Matta Proc. IS Chemical and Non-chemical soil and substrate disinfestation. *Acta Hort.* 532 ISHS 2000.
- Runia, W.T., L.P.G. Molendijk, S.J. Paternotte, 2009.
Biologisch grond ontsmetting: doorontwikkeling BGO noodzaak voor brede toepassing in land- en tuinbouw. *Nieuwe oogst* 5, 20: 13.
- Sarwar, M., J.A. Kirkegaard, P.T.W. Wong & J.M. Desmarchelier, 1998.
Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil* 201: 103–112, 1998.
- Schreuders, H. & A.W.G. van der Wurff, 2009.
Optimaliseren van biotoetsen voor het meten van bodemweerbaarheid van *Verticillium dahliae* en *Pythium* spp. *Gewasbescherming* 40(5): 256.
- Skal, 2009.
<http://www.skal.nl>, Zwolle.
- Slegers, J., 2008.
Ik stoom niet zuiniger maar wel effectiever. *Vakblad voor de Bloemisterij* 26, 32-33.
- Spiegel, Y., E. Cohn & U. Kafkafi, 1982.
The influence of ammonium and nitrate nutrition of tomato plants on parasitism by the root knot nematode. *Phytoparasitica* 10(1): 33-40.
- Stirling G.R. & Stirling A.M., 2003.
The potential of Brassicagreen manure crops for controlling root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) on horticultural crops in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 623–630.
- Sudirman, 1992.
Effect of ammonium on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in excised tomato roots. *Crop Protection* 26 (2007) 894–902. MSc thesis Simon Fraser University.
- Vanhouteghem, K., P. Bleyaert, M. Höfte, M. Maes, J. Heyrman & P. De Vos, 2006.
Pseudomonaden bij bladgroenten. *ProeftuinNieuws* 5 – 3: 20-21.
- Vermeulen, T., A.W.G. van der Wurff & C.J.M. van der Lans, 2008.
Schadeberekening *Meloidogyne* in glasteelten. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport 3242053600).
- Wang, K.-H., B.S. Sipes & D.P. Schmitt, 2002.
Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. *Nematologica* 32, 35-57.
- Wuyts, N., R. Swennen & D. De Waele, 2006.
Effects of plant phenylpropanoid pathway products and selected terpenoids and alkaloids on the behaviour of the plant-parasitic nematodes *Radopholus similis*, *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita*. *Nematology* 8(1), 89-101.

- Wurff, A.W.G. van der, S.A.E. Kools, M.E.Y. Boivin, P.J. van den Brink, H.H.M. van Megen, J. Riksen, A. Doroszuk & J.E. Kammenga, 2006.
Type of disturbance and ecological history determine structural stability. *Ecological Applications* 17(1), 190-202.
- Wurff, A.W.G. van der, 2007.
Obstinate biologische bestrijder van het wortelknobbelaaltje' Kennis online nieuwsflits Juli.
- Wurff, A.W.G. van der, 2008a.
Biological control of nematodes in development. *Fruit & Veg tech* 8 (1), 12 - 13.
- Wurff, A.W.G. van der, 2008b.
Het wortelknobbelaaltje in de biologische glastuinbouw: middelen en systemen. *Gewasbescherming*, 39(1), 25.
- Wurff, A.W.G. van der & R. Berkelmans, 2009.
Alternatieve grondontsmetting werkt tegen wortelknobbelaaltjes : het pergola-draad teeltsysteem in biologische komkommerteelt. *Onder Glas* 6 (4), 68 - 69.

Bijlage I.

Wortelknobbelindex



0. Geen knobbels



1. Enkele kleine knobbeltjes, moeilijk te vinden



2. Kleine knobbels, duidelijk zichtbaar



3. Enkele grotere knobbels



4. Meer grote knobbels



5. Knobbels op 25% van de wortels



6. Knobbels op 50% van de wortels



7. Knobbels op 75% van de wortels



8. Knobbels op 90% van de wortels



9. Knobbels op 100% van de wortels; Plant gaat dood



10. Alle wortels met knobbels; Nog nauwelijks wortels; Plant is dood

Bijlage II.

Overzicht van effectiviteit tegen aaltjes

Naam (fabrikant)	Toegestaan*?	Effectiviteit in grond	Veld/potproef	Doelaaltje (als bekend)	Opmerkingen	Verwijzing
Agro Biosol	J	-	Veld/Pot	<i>M. incognita</i> ; <i>Meloidogyne</i> spp.†	Bij overmaat stimuleert het wortelknobbels.	Figuur 3, 7
<i>Allium</i> sp. plantextract	J	?	Lab	<i>M. incognita</i>		Figuur 9
<i>Bacillus subtilis</i>	N	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†		Figuur 5
Biologische Grondontsmetting (BGO)	J	+++	Veld	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Verschil in effectiviteit tussen grassen en andere producten; mits zorgvuldig uitgevoerd/afgedekt. Effect op <i>V. dahliae</i> microsclerotiën onzeker.	Figuur 17,18, 19
BioAct®WG (Prophyta)	N	-	Veld/Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	<i>Paecilomyces lilacinus</i> Strain 251 (PL 251). Lijkt voorkeur voor <i>M. hapla</i> .	Figuur 3, 7, <i>niet weergegeven</i> .
Biofumigatie	J	++	Veld	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Verschil in effectiviteit tussen koolsoorten; mits zorgvuldig uitgevoerd/afgedekt.	Figuur 6, 15, 16
Biopol product X (Biopol)	N	-	Pot	<i>M. incognita</i>		Figuur 3
BMS (BMS)	J	-	Veld/pot	<i>M. incognita</i>		Figuur 3, <i>niet weergegeven</i>
Borium	J	+	Pot	<i>M. incognita</i>	Bij overmaat nemen de wortelknobbels toe.	Figuur 3
Caliente (PHC)	J	+	Veld/pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Mits ingeregend en afgedekt. Resultaten niet consistent.	Figuur 5, 6, 7, <i>niet weergegeven</i>
Capsanem (Koppert)	J	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	<i>Steinernema carpocapsae</i>	Figuur 5
Citroengras	J	?	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Gehakseld en ingewerkt. Algemeen verkrijgbaar.	Figuur 7
Entonem (Koppert)	J	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	<i>Steinernema feltiae</i>	Figuur 5
Gember olie	J	+	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Ingewerkt. Algemeen verkrijgbaar.	Figuur 7
<i>Glomus</i> sp.	J	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp.†	Mycorrhiza	Figuur 7
<i>Helenium</i> sp. plantextract	J	?	Lab	<i>M. incognita</i>		Figuur 9

Naam (fabrikant)	Toegestaan*?	Effectiviteit in Veld/potproef grond		Doelaaltje (als bekend)	Opmerkingen	Verwijzing
Melogone II (DCM)	N	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]		Figuur 3
Microbieel combi DK	J	-	Veld			<i>Niet weergegeven</i>
Nutrineem (NTS)	J	-	Veld	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]		Figuur 6
<i>Pasteuria penetrans</i> (Japan)	N	+++	Veld/lab	<i>M. javanica</i> , enkele populaties <i>M. incognita</i>		Figuur 11, 12
Prosper Nema (Biopol)	J	-	Veld	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]	Mycorrhizae	Figuur 8
PPO-V (WUR)	N	?	Lab	<i>M. incognita</i>	Plantextract	Figuur 9
PPO-W (WUR)	N	?	Lab	<i>M. incognita</i>	plantextract	Figuur 9
PPO-X (WUR)	N	+	Pot/lab	<i>M. incognita</i>	plantextract	Figuur 3, 9, 10
PPO-Y (WUR)	N	?	Lab	<i>M. incognita</i>	Plantextract	Figuur 9
PPO-Z (WUR)	N	?	Lab	<i>M. incognita</i>	Plantextract	Figuur 9
product X (Koppert)	N	+	Pot	<i>M. incognita</i>	-	Figuur 3
Prosper Nema (Biopol)	J	-	Veld	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]	mix van Mycorrhizae-sporen.	Figuur 8
<i>Ricinus</i> schroot (<i>Ricinus communis</i>)	J	-	pot	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]	Biofumigatie	Figuur 5
Rincasa (PRI)	N	+	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]	Experimenteel product tot 2008; ontwikkeling niet voortgezet	Figuur 5, 7
<i>Tagetes evergreen</i> plantextract	J	?	Lab	<i>M. incognita</i>		Figuur 9
Vier of acht graden Celsius (acht dagen incubatie van grond bij 4 °C)	J	-	Pot	<i>Meloidogyne</i> spp. [†]	Beide temperaturen hebben geen effect op overleving.	Figuur 7

* = wettelijke toelating als bestrijdingsmiddel is vereist indien een werking tegen wortelknobbelaaltjes wordt geclaimd of als zodanig wordt ingezet; † = *Meloidogyne* spp. betekent dat het een mix van verschillende soorten was en dat de soorten niet bekend zijn. Dit was met name het geval bij veldproeven, maar ook sommige potproeven op praktijkbedrijven waar goed gemengde bedrijfsgrond werd gebruikt.

Bijlage III.

Lijst met Figuren

- Figuur 1 Typische *DNA* qPCR grafiek (*Uit: Blgg, Wageningen*) met horizontaal het aantal cycli (tijd) van de polymerase ketting reactie en verticaal de hoeveelheid gevormde DNA-merker voor *M. incognita*. Hierdoor kan de hoeveelheid *M. incognita* in het monster worden geschat. De verschillende lijnen representeren merkers voor *M. javanica*, *M. incognita* en merkers die staan voor tropische soorten in het algemeen. Hoe eerder de curve begint, des te meer een monster het DNA van die soort bevat. 13
- Figuur 2 Ordinantiendiagram (PCA) op basis van bodemfuncties en bacteriële diversiteit Pseudomonaden en Streptomyceten in grond van 20 biologische bedrijven onder glas. De horizontale as verklaard 97.3% van alle variatie en staat voornamelijk voor een toename in nitraat (zwarte pijl). Driehoeken (▲) geven de positie van bedrijfstypen (a.) vruchtgroenten jaarrond, (b.) koude kas met ruime vruchtwisseling, en (c.) rotatie van vrucht- met bladgroenten in de winter. Letters staan voor bedrijven van biologische groenten onder glas. Punten die dicht bij elkaar liggen laten een positieve correlatie zien, de correlatie wordt sterker naarmate ze verder van de kruizing van beide assen liggen (*nul*-punt). Punten die in het verlengde van elkaar liggen maar in tegengestelde richting, laten een negatieve correlatie zien (als het ene toeneemt, dan neemt het andere af). Omdat de horizontale -as de meeste variatie verklaard, zijn punten dichtbij deze as het belangrijkste. 19
- Figuur 3 Effectiviteit van middelen of plantversterkers tegen *M. incognita* in potproeven te Bleiswijk. In 10 liter potten zijn respectievelijk middelen en 10.000 wortelknobbelaaltjes (*M. incognita*) toegediend. Vervolgens is na 7 dagen een tomaat (cv. Mecano) geplant. Na afloop (20 weken) van het experiment is voor elke plant de hoeveelheid aaltjes per 50 g wortels geteld. Elke behandeling bestond uit 7 planten, gerangschikt in een zogenaamd blokken-design met 4 blokken. Middelen/plantversterkers waren resp. planten extract PPO-X; Melogone II (DCM), product X (BMS), Biopol product X, borium, Agro-Biosol en middel X (Koppert). 25
- Figuur 4 Effectiviteit van een vloeibaar caliënte (PHC) behandeling in een veldproef in twee kassen (MK en DM). De grafiek laat zien dat er (statistisch) verschil is tussen de hoeveelheid (J2) wortelknobbelaaltjes in de caliënte behandeling en de onbehandelde velden (controle) op een praktijkbedrijf in kas MK. Het middel werd ingeregend en afgedekt. Per behandelingen werden 4 velden ingezet en het aantal *M. incognita* werd bepaald met een soortspecifieke qPCR DNA-test. 26
- Figuur 5 A. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal wortelknobbels. De grafiek laat zien onderstammen 2001, 2005 en Big Power (Rijk Zwaan) en een niet-toegelaten vloeibaar middel aangeduid met caliënte een vermindering geeft van het aantal wortelknobbels zoals gescoord met de wortelknobbelindex (WKI). B Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal juveniele in eipakketten in de wortels. De grafiek laat zien alleen pasteurisatie van de grond een vermindering geeft van het aantal nakomelingen (J2) zoals gescoord met het aantal J2 dat uit de wortels kruipt na 28 dagen van incubatie in de mistkamer (lokproef). Significant verschil met de onbehandelde controle is aangegeven met een * . Elke behandeling bestond uit 7 potten, gerangschikt in een zogenaamd blokken-design met 4 blokken. 27
- Figuur 6 Effectiviteit van biologische middelen in een veldproef op het op het aantal wortelknobbels. Biofumigatie met gele mosterd (afgedekt) en het niet-toegelaten produkt rincasa (PRI) en in mindere mate biofumigatie (niet afgedekt) en het plantversterkend middel nutrineem (NTS) laten een afname zien van het aantal wortelknobbels (WKI). Behandelingen werden ingezet in drie blokken met twee herhalingen binnen een blok. Significant verschillende groepen zijn aangegeven met verschillende letters (a, b, c). 28
- Figuur 7 A. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal wortelknobbels. Zwart aangegeven staven zijn significant verschillend van de controle niet gestoomd. De grafiek laat zien dat Agri Biosol, een compost type, K4 (Rincasa variant) en Gember een vermindering geeft van het aantal wortelknobbels zoals gescoord met de wortelknobbelindex (WKI). B. Effectiviteit van biologische middelen in een potproef op het aantal juveniele in eipakketten in de wortels. De grafiek laat zien alleen pasteurisatie van de grond een vermindering geeft van het aantal nakomelingen (J2) zoals gescoord met het aantal J2 dat uit de wortels kruipt na 28 dagen van incubatie in de mistkamer (lokproef). Significant verschil met de onbehandelde controle is aangegeven met een * Potten met een inhoud van 10 liter werden gebruikt. . Elke behandeling bestond uit 7 potten, gerangschikt in een zogenaamd blokken-design met 4 blokken. 29

- Figuur 8 Weergave van bestrijdend effect van 4 biologische middelen tegen het wortelknobbelaaltje *M. incognita*. Alleen de behandeling met Agri Biosol 20 cc geeft een significant verschil tussen behandeld en de onbehandelde controle. De behandeling met Agri Biosol 20 cc geeft geen bestrijding maar een toename van de hoeveelheid aaltjes op dit bedrijf. 30
- Figuur 9 Overleving van *M. incognita* juvenilen (J2) ten opzichte van de controle (water) na incubatie van 48 uur in plantenextracten. De horizontale as geeft de verdunning weer, respectievelijk 1/8, 1/16 en 1/64 verdunning van 30 gram versgewicht plantmateriaal. De toets maakt geen onderscheid tussen doding of verdooving. 32
- Figuur 10 Overleving van *M. incognita* juveniele (J2) ten opzichte van de controle (water) na incubatie van 48 uur in plantenextracten. De horizontale as geeft de verdunning weer, respectievelijk 1/8, 1/16 en 1/64 van 30 gram versgewicht plantmateriaal. De toets maakt geen onderscheid tussen doding of verdooving. 32
- Figuur 11 Percentage aanhechting van *Pasteuria penetrans* sporen aan verschillende stammen *M. incognita* J2. Er zijn drie stammen van PRI gebruikt (Zoon, pers. comm.) en een populatie is afkomstig uit grond van teler B. 35
- Figuur 12 Verdeling van de percentages J2 met een bepaald aantal sporen van *Pasteuria penetrans* (stam Japan) in relatie tot het soort wortelknobbelaaltje. Mh = *Meloidogyne hapla*, Mi = *M. incognita* en Mj = *M. javanica*. -Pp = (negatieve controle) grond zonder *P. penetrans*. 35
- Figuur 13 Gemiddeld WKI (verticale as) in de komkommer bio-toets met 4% O.M.; 1.4% O.M. en 0.7% O.M. (O.M.=organisch materiaal). De verschillen zijn significant (GLM, P<0.05). 37
- Figuur 14 Verschil in bodemziektenwering van biologische bedrijven tegen het wortelknobbelaaltje *M. incognita* (Uit: Berkelmans & Termorshuizen 2005). Grijs gearceerd betekent dat de grond binnen 2 jaar voor bemonstering gestoomd is geweest. 40
- Figuur 15 Percentage doding van *Meloidogyne* spp. door biofumigatie in een praktijkexperperiment met 50 ton per hectare versgewicht gele mosterd (*Sinapis alba*) in de periode december tot april. De behandeling mosterd afgedekt met folie gaf een hogere mate van doding dan zwarte braak, zwarte braak met folie en gele mosterd zonder gebruik van folie. 'r' geeft aan het aantal herhalingen per behandeling. 42
- Figuur 16 De grafiek laat de gemiddelde *V. dahliae* ziekte-index zien over 5 planten (n=5) in een bio-toets. In ingegraven cementkuipen op een praktijkbedrijf zijn de behandelingen uitgevoerd. De bio-toets werd vervolgens in Bleiswijk uitgevoerd met P9 potten en paprikaplanten gedurende 6 weken. De ziekte-index is bepaald per plant als de som van 5 typische symptomen, te weten: zwarte stengelbasis; kleur (donker vs. lichte bladeren); slap gaan (m.n. onderste bladeren); scheefgroei van blad en afsterving. 43
- Figuur 17 Verschil in aantallen vrijlevende (J2) *Meloidogyne* in de grond voor- en na anaerobe grondontsmetting. 'Melo inc' staat voor het aantal aaltjes in eipakketten (incubatiefractie; grond wordt 28 dagen geïncubeerd opdat alle aaltjes bij benadering uit de eieren zijn gekomen en alsnog geteld). 44
- Figuur 18 Aantallen *Meloidogyne* in de ingegraven nylon zakjes (1-10) na anaerobe grondontsmetting ten opzichte van een onbehandelde controle. 45
- Figuur 19 Verschil in aantallen saprofytische aaltjes (bacterie- en schimmeleeters) in de grond voor- en na anaerobe grondontsmetting als indicator voor nuttig bodemleven. 'Sapro inc' staat voor het aantal aaltjes in eipakketten (incubatiefractie; grond wordt 28 dagen geïncubeerd en aaltjes worden opnieuw opgespoeld en geteld). 45
- Figuur 20 Productie van het Baijens pergola-draad systeem (■)in vergelijking met het gangbare teeltsysteem met grotere aaltjesschade (□). De productie is aangegeven als percentage ten opzichte de productie van het gangbare systeem in de eerste teeltronde (aangegeven bij mei-07 als 100%). 46
- Figuur 21 Verloop van gemiddeld aantallen vrijlevende wortelknobbelaaltjes in braak (▲) en *Tagetes* velden (▲), en aantal aaltjes in eieren in de grond in braak (■) en *Tagetes* velden (■) in het pergola-draadsysteem. A.) Van januari, na het grondstomen, tot mei werd het bed behandeld met zwarte braak, of met *Tagetes* (*Tagetes patula* Ground Control). Vanaf mei werden deze bedden beplant met komkommer en vanaf eind juli weer behandeld met *Tagetes* of braak. B.) Van januari, na het grondstomen, tot mei werd het bed beplant met komkommer. Vanaf mei werden deze bedden behandeld met zwarte braak, of met *Tagetes* (*Tagetes patula* Ground control) en vanaf eind juli weer beplant met komkommer. 48

Bijlage IV.

Lijst met Tabellen

- Tabel 1 Plantparasitaire aaltjes per 100 cc grond (mengmonster) op 20 biologische bedrijven glasgroenten (monsternamen augustus 2008). J=juveniel, m=mannetje, v=vrouwje. Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) zijn vetgedrukt. 8
- Tabel 2 Wortelknobbelaaltjes soorten: Nederlandse- en wetenschappelijke naamgeving (Uit: Karssen *et al.* 2001). 10
- Tabel 3 Levenscyclus van wortelknobbelaaltjes in relatie tot de bodemtemperatuur (afgeleid uit Ploeg & Maris, 1999). De gegeven temperatuursom boven de drempelwaarde is nodig voor het verschijnen van de eerste J2. Voor het bereiken van de maximale nakomelingschap moet deze temperatuursom ongeveer worden verdubbeld. 11
- Tabel 4 Globale inventarisatie van wortelknobbelaaltjes op 12 bedrijven met moleculaire *DNA* qPCR detectie (oktober 2008). Bedrijven zijn weergegeven volgens code Biokas 2005-2008. Aantallen zijn weergegeven per 100 cc grond. *Meloidogyne* spp. betekent dat wortelknobbelaaltjes niet op soort gedetermineerd konden worden (er is vooralsnog geen moleculaire detectie beschikbaar voor diverse andere soorten zoals *M. enterolobii* syn. *M. mayaguensis*). 14
- Tabel 5. Top 10 ziekten en plagen in de biologische groenteteelt onder glas, gerangschikt van belangrijk tot minder belangrijk. 15
- Tabel 6. Oppervlakte van de economisch belangrijkste grondgebonden teelten onder glas in Nederland 16
- Tabel 7 Onderstammen komkommers en resistentie tegen *Meloidogyne* sp. (Uit: Janse *et al.* 2007a) 22
- Tabel 8 Onderstammen komkommers en resistentie tegen *Meloidogyne* sp. (Uit: Janse *et al.* 2007b) 23
- Tabel 9 Voorbeelden van planten met bekende antagonistische werking tegen diverse bodemziekten en -plagen. 31
- Tabel 10 Indeling van de meest bekende biologische aaltjesantagonisten naar werkingsmechanisme. 34
- Tabel 11 Voorbeelden van de diverse mechanismen van ziekte en plaagwering van de bodem 38
- Tabel 12 *Tagetes* soorten waarop aaltjes zich kunnen vermeerderen en niet gebruikt kunnen worden in het pergola-draadsysteem. 47

Bijlage V.

Overzicht waardplantstatus bloemen

			<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>X</td></tr> <tr><td>N</td></tr> </table> Waardplant Niet waardplant		X	N	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>X/N</td></tr> <tr><td></td></tr> </table> Soort- of cultivarafhankelijk waardplant Niet bekend		X/N											
X																				
N																				
X/N																				
Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobbelaaltjes					Wortellesie-		Speld-	Virusoverbrengende					
			fragariae	ritzemaibosii	sp	aaltjes	Wortelknobbelaaltjes					aaltjes	aaltjes	aaltjes						
			Aphelenchoides	Aphelenchoides	Aphelenchoides	Ditylenchus	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Pratylenchus	Pratylenchus	Paratylenchus	Longidorus	Xiphinema	Rotulenchulus	Trichodoridae	
Acanthus	spinosissimus									X										
Achillea		'Anthea'					X					X								
Achillea		'Coronation Gold'									N									
Aconitum			X					X	X	X			X							
Aconitum	carmichaelii	'Arendsii'								X										
Aconitum	lycoctonum	spp. ranunculifolium								X										
Acorus	calamus												X							
Actea (Cimicifuga)	acerina									X										
Actea (Cimicifuga)	dahurica									X										
Actea (Cimicifuga)	simplex	'White Pearl'								X										
Actea (Cimicifuga)										X		X								
Ajuga	reptans	'Burgundy Glow'								X										
Alchemilla	mollis									X		X								
Allium						X												X		
Amaranthus										X								X		
Amaranthus	caudatus	UC54						X												
Amaranthus	caudatus	UC57						N												
Amaranthus	hypochondriacus									X										
Amaranthus	retroflexus	UC275						N												
Amaranthus	tinctorius																			
Ammi														X						
Anaphalis			X							X										
Anchusa	azurea	'Dropmore'								X										
Anemone			X							X	X	X						X		
Anemone		'Königin Charlotte'									X									
Anemone	coronaria									X										
Anemone	hupehensis	var. japonica								X										
Anemone	hupehensis									X										
Anemone	x hybrida			X																
Anethum													X							
Angelica													X							
Antirrhinum							X			X	X	X	X							
Antirrhinum	majus									X		X								

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobbelaaltjes						Wortel-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemaibosii	sp	dipsaci	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	aaltjes		bukowinensis	aaltjes			
													Pratylenchus	Pratylenchus		Longidorus	Xiphinema	Rotulenchulus	Trichodoridae
Aphelenchoides	Aphelenchoides	Aphelenchoides	Ditylenchus	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Pratylenchus	Pratylenchus	Paratylenchus	Longidorus	Xiphinema	Rotulenchulus	Trichodoridae		
Antirrhinum	majus	'First Ladies'					X				X	X							
Antirrhinum	majus	'Margaret'					X				X	X	X						
Aquilegia													X						
Aquilegia		'Blue Star'									X								
Arabis	caucasia	'Compinkie'	X								X								
Arctotis	breviscapa											X							
Artemisia	schmidtiana	'Silver Mound'																	
Artemisia			X																
Artemisia	austriaca											N							
Asclepias													X						
Asclepias	tuberosa																		
Aster			X	X									X			X	X		
Aster	novae-angliae	'Harrington's Pink'																	
Aster	novae-angliae	'Septemberrubin'																	
Aster	novi-belgii	'Mount Everest'																X	
Astilbe													X			X	X	X	
Astilbe	(Japonica Groep)	'Peach Blossom'																	
Astrantia			X										X		X				
Astrantia	major	'Rosensinfonie'																	
Astrantia	major	'Sunningdale Variegated'			X														
Belamcanda	chinensis																		
Bellis	perennis																		
Bergenia			X										X						
Boltonia																			
Boltonia	asteroides	'Pink Beauty'																	
Bouvardia																			
Brunnera	macrophylla	'Jack Frost'			X														
Buddleja	spp.												X			X			
Bupleurum																X			
Calendula														X					
Calendula	officinalis													X					
Callistephus														X	X				
Callistephus	chinensis													X					
Campanula			X																
Campanula	poscharskyana																		
Canna	indica																		
Carum	alpinum																		
Centaurea			X	X										X					
Centaurea	cyanus													X					

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobelaaltjes						Wortellesie-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemalbosij	sp	aaltjes	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bukowinensis	spp.	spp.	reniformis	
						Ditylenchus													
Centranthus																			
Centranthus	ruber	'Albus'									X								
Chelone			X										X						
Chelone	obliqua																		
Chrysanthemum	coronarium																		
Chrysanthemum	indicum																		
Chrysanthemum	morifolium																		
Chrysanthemum			X										X						
Chrysanthemum	carinatum																		
Clematis		'Hagley Hybrid'							X	X	X								
Convallaria			X											X					
Coreopsis	verticillata																		
Cornus	florida										X								
Dahlia							X/N	X	X										X
Delphinium			X					X	X	X		X							X
Delphinium	ajacis											X							
Delphinium	grandiflorum										X								
Delphinium	grandiflorum	'Blue Mirror'									X								
Dianthus											X	X		X					
Dianthus	barbatus	'Indianer Teppich'									X								
Dianthus	barbatus					X							X						
Dianthus	caryophyllus											X							
Dianthus	caryophyllus	'Antalia'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Astra'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Beta'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Carmit'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Castelaro'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Darling'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Desio'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Echo'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Elegance Korea'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Espana'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Galil'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Imperial White'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Izu Pink'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Kappa'										N							
Dianthus	caryophyllus	'Lena'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Mars'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Mercury'										X							

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobbelaaltjes						Wortellesi-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemaibosii	sp	aaltjes	dipsaci	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bukowinensis	spp.	spp.	reniformis
Dianthus	caryophyllus	'Rachel'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Rara'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Red Corso'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Red Lena'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Roland'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Rony'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Sarinah'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Saturnus'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Scarlet Elegance'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Shinkibo'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Target'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Tasman'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Virgo'										X							
Dianthus	caryophyllus	'White Royaltee'										X							
Dianthus	caryophyllus	'Yellow Dusty'										X							
Dianthus	chinensis	'Baby Doll Mix'						X				X	X						
Dianthus	chinensis	'Princess Scarlet'										X							
Dicentra												X	X	X	X				
Dicentra	spectabilis												X						
Dicentra	spectabilis	'Alba'										X							
Digitalis	ambigua											X	X						
Digitalis	purpurea	Excelsior Hybrids										X							
Digitalis	lantana											X	X						
Digitalis	purpurea											X	X						
Doronicum			X									X		X					
Doronicum	orientale	'Magnificum'										X							
Echinacea	purpurea							N				N							
Echinacea	purpurea	'Leuchtstern'										N							
Echinops												X							
Echinops	bannaticus	'Taplow Blue'										X							
Epimedium												N		X					
Epimedium	versicolor	'Sulphureum'										N							
Eremurus			X											X					
Erica									X										
Erigeron			X	X										X					
Eryngium												X/N				X			
Erysimum	cheiri											X		X					
Erysimum												X		X					
Eschscholtzia	californica											X							

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobelaaltjes						Wortellesie-	Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemalbosii	sp	aaltjes	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bulkwinnensis	spp.	spp.	reniformis
						Ditylenchus												
Impatiens	walleriana	'Navajo'					X											
Impatiens	walleriana	PI 345261					X											
Impatiens	walleriana	PI 345264					X											
Impatiens	walleriana	PI 345265					X											
Impatiens	walleriana	Scarlet					X											
Impatiens	walleriana	'Scarlet Baby'					X											
Impatiens	walleriana	Series F1 (Pink)					X											
Impatiens	walleriana	Series F1 (Rose)					X											
Impatiens	walleriana	Series F1 (Salmon)					X											
Impatiens	walleriana	'Shawnee'					X											
Impatiens	walleriana	'Twinkles'					X											
Iris								X	X	X	X							
Iris	(Germanica Groep)	'Afternoon Delight'									X							
Iris	(Pumila Groep)	'Efin Queen'									X							
Iris	sibirica	'Maranatha'									X							
Iris	sibirica	'Blue King'									X							
Iris	sibirica	'Snow Queen'									X							
Iris	tingitana											X						
Justicia	betonica											X						
Kniphofia			X									X						
Kochia	trichophylla											N						
Koeleruteria	paniculata						X				X	X						
Lathyrus												X						
Lathyrus	latifolis										X							
Lathyrus	odoratus										X	X						
Lavandula	angustifolia	'Munstead Dwarf'									X							
Lavandula			X	X							X							
Lavandula	angustifolia						X				X	X						
Leucanthemum											X							
Leucanthemum	maximum	'Alaska'									X							
Leucanthemum	x superbum	'Exhibition'									N							
Leucanthemum	x superbum	'Polaris'									X							
Liatris			X	X								X						
Liatris	scariosa	'White Spires'									N							
Liatris	spicata										N							
Ligularia			X								X							
Ligularia	dentata	'Desdemona'									X							
Ligularia	stenocephala	'The Rocket'			X													
Lilium	longiflorum		X	X		N		N	N		N	X				X		X

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobbelaaltjes						Wortelbesie-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemaibosii	sp	dipsaci	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	aaltjes		aaltjes	aaltjes			
													Pratylenchus	spp.		bukowinensis	spp.	spp.	reniformis
Aphelenchoides	Aphelenchoides	Aphelenchoides	Ditylenchus	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Meloidogyne	Pratylenchus	Pratylenchus	Paratylenchus	Longidorus	Xiphinema	Rotulenchulus	Trichodoridae		
Limonium			X	X															
Linaria												X							
Linaria	bipartata									N									
Linum	grandiflorum									N									
Liriope										N									
Liriope	muscaria	'Evergreen Giant'					X				X	X							
Liriope	muscaria	'Variegata'								N									
Lithospermum										N									
Lithospermum	diffusa	'Grace Ward'								N									
Lobelia	cardinalis	'Complement Scarlet'									X								
Lobelia	erinus										X								
Lobularia	maritima										X								
Lupinus											X	X		X					
Lupinus	hartwegii	'Hartweg's Bluebonnet'									X								
Lupinus		Russell Hybrids									X								
Lychnis	spp.												X						
Lysimachia					X						X								
Lysimachia	clethroides										X								
Lythrum	salicaria	'Morden Pink'									X								
Lythrum											X								
Matthiola												X							
Matthiola	incana											X							
Melissa	officinalis										N	X							
Mesembrianthemum	tricolor										X								
Miscanthus											X								
Miscanthus	sinensis	'Silberfeder'									X								
Molucella	laevis											N							
Monarda	citriodora						N												
Monarda	didyma	'Cambridge Scarlet'									N	N	N						
Musa	sumatrana	'Rowe Red'					X					X	X						
Myosotis											N								
Myosotis	alpestris	'Indigo Blue'									N?								
Myosotis	sylvatica												X						
Nemesia													X						
Nepeta	nervosa						X					X							
Nigella											X	X		X				X	
Nigella	damascena										X	X		X				X	
Ocimum	basilicum						X				X	X							
Ocimum	vulgaris										N								

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobelaaltjes						Wortellesie-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemalbosij	sp	aaltjes	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bukowinensis	spp.	spp.	reniformis	
						Ditylenchus													
Ophiopogon	japonicus																		
Origanum						X						X							
Origanum	majorana					N					X/N	N							
Origanum	onites					X					X	X							
Origanum	vulgare					X					X/N	X							
Paeonia			X									X/N							
Papaver												X							X
Papaver	orientale											X							
Papaver	somniferum																		
Papaver	dubium											X							
Papaver	orientale	'Carousel'										N							
Papaver	orientale	'Oriental'										X							
Papaver	rheas												X						
Penstemon		'Purple Passion'					X					X							
Penstemon							X					X	X						
Penstemon												N							
Penstemon	digitalis	'Husker Red'										X							
Perovskia	alriplicifolia											X							
Petunia							X					X	X						
Philodendron	laciniatum											X							
Philodendron	selloum											X							
Phlox	drummondii											X							
Phlox	(Paniculata Groep)	'Bright Eyes'											X						
Phlox	(Paniculata Groep)	'Eva Cullum'					X					X							
Phlox	(Paniculata Groep)	'Fairest One'										X							
Phlox	(Paniculata Groep)	'Franz Shubert'					X					X							
Phlox	(Paniculata Groep)	'Oakington Blue'					X					X							
Phlox	stolonifera	'Bruce's White'										X							
Phlox			X			X						X					X	X	
Photinia	x fraseri											X							
Physalis												X							
Physostegia			X			X						X							
Physostegia	virginiana	'Bouquet Rose'										X							
Physostegia	virginiana	'Summer Snow'										X							
Pisum	sativum											X							
Polemonium	reptans	'Firmament'										X							
Polianthes												X							
Polianthes		Single										X							
Polianthes	tuberosa	Double										X							

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobbelaaltjes						Wortellesi-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemaibosii	sp	aaltjes	dipsaci	arenaria	chilwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bukowinensis	spp.	spp.	reniformis
Polygonum			X				X			X	X		X						
Potentilla	nepalensis	'Miss Wilmott'	X					X		X									
Primula	japonica	Red Field Hybrids								X									
Primula		Crescendo series								X									
Prunus	cerasifera	'Pissardii'								X									
Prunus	x cistena									X									
Prunus	glandulosa									X									
Prunus	serrulata	'Kanzan'								X									
Prunus	x yedoensis									X									
Pulmonaria			X			X				X			X						
Ranunculus													X						
Ranunculus													X						
Rodgersia	pinnata									X									
Rosa										X	X	X				X			
Rosa	chinensis												X						
Rosa	dumetorum	Laxa								X									
Rosa	indica										X	X							
Rosa	multiflora									X									
Rosa	x odorata									X									
Rosa	rubiginosa									X									
Rosa (onderstam)	canina	'Brog's Stachellose'								X									
Rosa (onderstam)	canina	'Heinsohn's Rekord'								X									
Rosa (onderstam)	canina	Inermis								X									
Rosa (onderstam)	canina	Pfänder								X									
Rosa (onderstam)	canina	'Pollmer'								X									
Rosa (onderstam)	canina	'Schimds Ideal'								X									
Rosa (onderstam)	canina	'Succes'								X									
Rosa (onderstam)		'Manetti'								X									
Rosemarinus	officinalis						X				X	X							
Rudbeckia			X	X						X									
Rudbeckia	fulgida	'Goldsturm'								X									
Rudbeckia	maxima				X														
Rudbeckia	laciniata	'Goldquelle'								X									
Salvia			X				X			X	X		X						
Salvia	azurea	'Grandiflora'								X									
Salvia	haematodes									X									
Salvia	jurisicii									X									
Salvia	leucantha						X				X	X							
Salvia	nemorosa						X				X								

Geslacht	Soort	Cultivar	Bladaaltjes			Stengel-	Wortelknobelaaltjes						Wortellesie-		Speld-	Virusoverbrengende			
			fragariae	ritzemalbosij	sp	aaltjes	arenaria	chitwoodi	fallax	halpa	incognita	javanica	Penetrans	spp.	bukowinensis	spp.	spp.	reniformis	
						Ditylenchus													
Salvia	officinalis					X					X	X							
Salvia	splendens	'Bonfire'									X	X							
Salvia	splendens	'Carabiniere Red'									X								
Salvia	splendens	'Flare'									X	X							
Salvia	splendens	'Hotline Red'									X								
Salvia	splendens	'Hotline White'									X								
Salvia	splendens	'Lady in Red'									X	X							
Salvia	splendens	'Oxford Blue'									X	X							
Salvia	splendens	'Rhea'									X								
Salvia	splendens	'Sea Breeze'									X	X							
Salvia	splendens	'Victoria'									X	X							
Salvia	splendens	'Victoria Blue'									X								
Sanguisorba	obtusa																		
Satureja	hortensis					X					X	X							
Satureja	montana					X					X	X							
Saxifraga			X																
Scabiosa			X								X								
Scabiosa	caucasica	'Fama'									X								
Scabiosa	atropurpurea											X							
Scabiosa	caucasica	Stáfa										X							
Scadoxus	multiflorus spp. katherinae										X								
Sedum			X									X							
Sidalcea		'Elsie Heugh'									X								
Sidalcea	candida										X								
Sidalcea											X								
Sidalcea		'Partygirl'									X								
Solanum	nigrum										X	X							
Solidago											X/N		X						
Solidago	sphacelata	'Golden Fleece'									X								
Solidaster													X						
Spiraea	japonica	'Froebeli'									X								
Spiraea	x vanhouttei										X								
Stachys	byzantina										X		X						
Stokesia	laevis	'Blue Danube'									X								
Tagetes											X	X						X	X
Tagetes	erecta	'Carnation'									X								
Tagetes	erecta	'Inca Gold'									X								
Tagetes	patula	'Dwarf Primrose'					X				X	X							
Tagetes	patula	'Favourite'										X							

