

Het wortelknobbelaaltje in biologische kasteelten: problematiek en oplossingen

André van der Wurff & Jan Janse

Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk

Inleiding

De afgelopen jaren is er gezocht naar duurzame oplossingen voor gewasschade veroorzaakt door het wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne* spp.) in de biologische teelt van bloemen en groenten onder glas. Op dit moment wordt grondstomen nog steeds gezien als het belangrijkste wapen tegen wortelknobbelaaltjes. Grondstomen is effectief maar kost veel energie en doodt ook nuttig bodemleven en past daarom eigenlijk niet goed in een biologische teelt. Het onderzoek was daarom gericht op het ontwikkelen van alternatieve beheersingssystemen voor wortelknobbelaaltjes waardoor stomen overbodig wordt. Er is gezocht naar zowel middelen als systemen, variërend van onderstammen, biologische middelen en grondontsmetting tot

teeltsysteem-oplossingen. Het onderzoek werd gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en het eindrapport is verkrijgbaar in het Nederlands en Engels (Wurff *et al.*, 2010).

Problematiek

Speerpunt van het onderzoek binnen biologische vruchtgroenten en bloemen onder glas is het vinden van een duurzame oplossing voor gewasschade veroorzaakt door het wortelknobbelaaltje *Meloidogyne* spp. Dit aaltje kan tot veertig procent opbrengstverlies geven in bodemgebonden biologisch gekweekte gewassen zoals tomaat, komkommer, freesia en alstroemeria. Maar ook in de gangbare vollegrondsteelt, zoals in chrysant, kan het aaltje voor problemen

ARTIKEL

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.)

Wortelknobbelaaltjes (familie Meloidogynidae) 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 (waaronder cystenaaltjes) (Holterman *et al.*, 2007).

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) komen overal ter wereld voor en hebben een zeer brede waardplantreeks. Voornamelijk vanwege deze zeer brede waardplantreeks zijn ze moeilijk te bestrijden. Wortelknobbelaaltjes 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 gaan' van de plant. Wortelknobbelaaltjes zijn er in vele soorten en maten. 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 aangetroffen het noordelijk wortelknobbelaaltje (*M. hapla*), het perzikwortelaaltje (*M. hispanica*), het warmteminnende wortelknobbelaaltje (*M. javanica*, met dus dezelfde Nederlandse naam) en het maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*).

zorgen. Dat het wortelknobbelaaltjes in grondgebonden kasteelten een groot probleem is, heeft verschillende oorzaken. In de eerste plaats de intensieve teeltwijze. Na het ruimen van een gewas staat het volgende gewas meestal binnen een paar weken alweer in de grond.

In de bedekte teelten heeft men niet de mogelijkheden die er in de open teelten zijn. Een aantal zomermaanden groene- of zwarte braak, of een aantal weken biologische grondontsmetting tijdens de zomermaanden verricht wonderen. In de bedekte teelten is dit echter een onbespreekbare optie. Kasteelt vergt grote investeringen en daardoor is *non-stop* jaarrond telen voor de biologische -teler een noodzaak. Chemische bestrijdingsmiddelen mogen niet gebruikt worden en werkzame biologische middelen zijn er niet. Een teeltwisseling van komkommer, tomaat en paprika is maar gedeeltelijk effectief omdat geen van deze vruchtgroenten volledig resistent is. Een optie is om rotatie uit te breiden met een resistent bloemgewas. Maar het teeltsysteem en het sorteren van producten beperken de keuze, en er is vaak (nog) te weinig vraag naar andere biologische producten, zoals bloemen. Daarnaast kost het voor de teler veel tijd en moeite om nieuwe afzetgebieden te realiseren.

In Nederland kunnen we de bioteelt onder glas indelen in drie bedrijfstypen, namelijk telers die jaarrond vruchtgroenten telen, telers die vruchtgroenten afwisselen met bladgroenten in de winterperiode en telers met een zogenaamde koude kas of lichte stook (luchtverwarming) met een ruime vruchtwisseling. Telers die het hele jaar bladgewassen telen zijn er niet in Nederland. Vooral jaarrond telers van vruchtgroenten ondervinden de grootste problemen met wortelknobbelaaltjes. Komkommer staat het zwaarst onder druk omdat resistentie ontbreekt. Maar ook de teelt van tomaat en paprika ondervinden hinder. Resistentie, voor zover aanwezig, wordt doorbroken bij hoge aantallen wortelknobbelaaltjes en hoge temperaturen. Volledige resistentie is voorlopig nog niet mogelijk (Bouwman-van Velden & Janse, 2009).

Ook in de biologische en grondgebonden geïntegreerde teelt van bloemen onder glas vormen wortelknobbelaaltjes één van de grootste knelpunten. Wegval door bodemziekten en plagen kan in de biologische teelt van bloemen oplopen tot vijftien procent. 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 tot slechts een handjevol bedrijven.

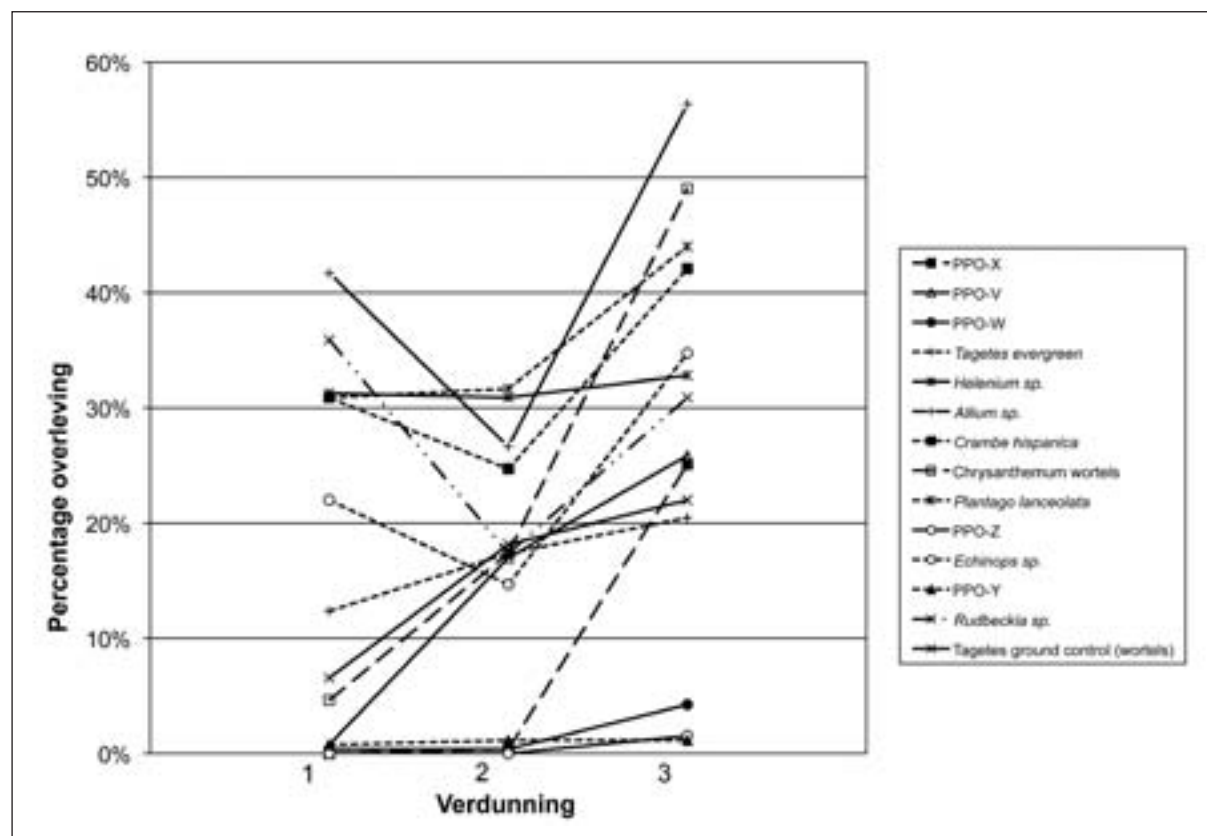
Oplossingen

Onderstammen

De biologische komkommerteelt is van de drie vruchtgroentegewassen verreweg het meest gevoelig voor *Meloidogyne*-aantasting. De schade kan oplopen tot dertig procent productieverlies. Zelfs bij een geringe visuele aantasting is er al meetbare schade. In potexperimenten waarbij in totaal zestien onderstammen zijn getoetst komt *Sycios angulatus* cv. *Harry* (Syngenta) als beste optie naar voren. Deze onderstam is zeer tolerant en geeft weinig productieverlies, maar de kieming, verentbaarheid, compatibiliteit en gevoeligheid voor infecties met andere pathogenen kan nog verbeterd worden. Daarnaast wordt het probleem niet verholpen en vindt juist een toename van wortelknobbelaaltjes plaats. Een andere onderstam van het geslacht *Benincasa* deed het vaak even goed of beter dan cv. *Harry*, maar is uit productie genomen door het zaadbureau. Komkommeronderstammen blijken gevoeliger voor *M. incognita* dan voor *M. hapla*. Bij paprika zijn, in tegenstelling tot bij komkommer, wel resistente onderstammen beschikbaar. Echter, deze resistentie is niet volledig en geldt niet voor alle *Meloidogyne*-soorten. De gewaschade is in paprika relatief gering (<5%). Omdat *Meloidogyne* zich wel kan vermenigvuldigen op paprika, zal een volgteelt met een opbouw van de aaltjespopulatie te maken krijgen. Onderstammen die het relatief goed deden zijn cvs. *Snooker* (Syngenta) en *Capital* (Monsanto). De schade bij tomaat is met een geschatte opbrengstderving van tien procent relatief beperkt. Tomaat kan worden gezien als een sterk gewas met een sterk wortelgestel, dat het veelal goed blijft doen zelfs onder minder gunstige omstandigheden. Wel is er vaak sprake van moeilijk te benoemen schade. Zo wordt er in de praktijk soms een hoge infectie waargenomen van wittevlieg of van *Verticillium* in combinatie met aaltjes. En in hoeverre is het optreden van wittevlieg of *Verticillium* toe te wijzen aan de aanwezigheid van aaltjes in de bodem? Als beste onderstammen kwamen uit de proeven cv. *PG 76* en in mindere mate cv. *Brigéor* (beide Gautier) naar voren. In tegenstelling tot bij komkommer, zijn de meeste tomaten- en paprikaonderstammen meer resistent tegen *M. incognita* dan tegen *M. hapla*.

Plantversterkers en Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong

Er zijn meer dan dertig middelen getoetst maar het overgrote deel liet niet of nauwelijks een werking zien tegen *Meloidogyne* spp. Borium en enkele niet-toegelaten plantenextracten waren weliswaar effectief maar lieten geen volledige



Figuur 1. 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.

bestrijding zien. Een effect van borium werd eerder beschreven door Castro *et al.* (1990), maar het werkingsmechanisme is onduidelijk. De praktijk laat zien dat een overmaat van borium juist ernstige gewasschade kan geven en grotere knobbels.

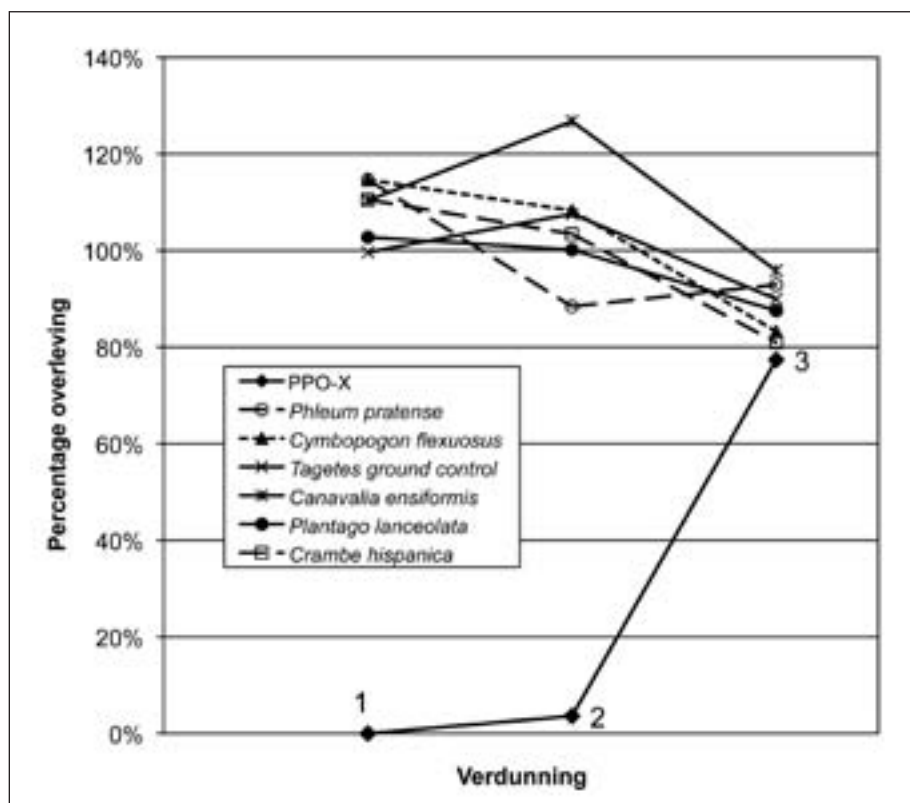
Al geruime tijd vindt er samen met PRI onderzoek plaats naar plantenextracten. Voorbeelden van natuurlijke werkzame stoffen tegen wortelknobbelaaltjes kunnen ingedeeld worden naar functionele groepen zoals phenylpropanoïden (eenvoudige fenolen en flavenoïden), polyfenolen, (mono)terpenoïden en alkaloiden. Deze stoffen resulteren in een verdooving, activering, doding, afstoting (repellent) of een bevroering van de levenscyclus, zoals door stilleggen van het eistadium (Wuyts *et al.*, 2006). In het laboratorium is een aantal plantextracten getoetst op overleving van wortelknobbelaaltjes. Middelen PPO V, W, X, Y en Z (Figuur 1 en 2) laten een nagenoeg 100% doding of verdooving zien. Opvallend is dat een extract van bovengrondse delen van *Tagetes patula* cv. *groundcontrol* geen dodend of verdoovend effect heeft (Figuur 2), maar de wortels wel (Figuur 1). In vervolgonderzoek zal gekeken worden of deze middelen perspectief bieden qua wettelijke toelating en effectiviteit bij toepassing in grond.

Biologische bestrijders

Van het toedienen van natuurlijke vijanden aan de bodem zonder rekening te houden met het lokale bodemmilieu wordt weinig effect verwacht. In tegenstelling tot bovengrondse plagen, waar het nut van natuurlijke vijanden ruimschoots bewezen is, verloopt de aanpak onder de grond moeizaam. Dit geldt voor zowel de effectiviteit in de bodem als het tijdrovende- en dure aspect van wettelijke toelating van nieuwe gewasbeschermingsmiddelen.

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*.

In de afgelopen jaren zijn diverse biologische bestrijders in dit onderzoek getest. De bacterie *Pasteuria penetrans* is een van de meestbelovende bestrijders die bovendien zeer persistent is. Maar niet elke bacteriestam bestrijdt elk soort wortelknobbelaaltje even goed (zie ook Davies & Williamson, 2006) en er kan sprake zijn van fytoxiciteit zoals bij chrysanten. Een product met



Figuur 2. Overleving van *M. incognita* juvenielen (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.

P. penetrans uit Japan had was zeer effectief tegen *Meloidogyne javanica* met een doding van vijftien procent en in variërende mate tegen *M. incognita*-isolaten. Er zijn hiervoor wel grote aantallen bacteriën nodig, namelijk een miljoen sporen per ml grond.

Grondontsmetting

Voor grondontsmetting zijn diverse alternatieven beschikbaar zoals biofumigatie en anaerobe biologische grondontsmetting (BGO). Bij biofumigatie (McSorley *et al.*, 1997) wordt gebruik gemaakt van glucosinolaathoudende gewassen zoals Brassiceae en Crotalariceae, die bij hakselen gasvormige isothiocyanaten vrijgeven en aaltjes kunnen doden. Er wordt gebruik gemaakt van de natuurlijke afweerreactie van deze planten. De meeste kruisbloemigen bevatten zwavelhoudende glucosinolaten die na vraat of kneuzing door middel van een enzym (*myrosinase*; Eyles *et al.*, 2006) worden omgezet. Zodra de celstructuur van de plant wordt verstoord komen de twee componenten samen en vormen een giftige- en gasvormige stof. 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 en een goede afdichting van de bodem is

daarbij belangrijk.

Biofumigatie heeft het grote voordeel dat de planten op het bedrijf gekweekt kunnen worden en dat dit voldoet aan alle normen voor de biologische teelt. 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. De werking van deze gasvormige isothiocyanaten komt namelijk overeenkomt met metam natrium (Tsao *et al.*, 2002). Je kunt bediscussiëren dat langdurig gebruik van biofumigatie kan leiden tot aanpassing (adaptatie) van het wortelknobbelaaltje zoals bekend voor *M. hapla* (Mela-keberhan *et al.*, 2008). Ook is 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. Andere nadelen zijn dat het onderwerken arbeidsintensief is en dat er na afloop een wachttijd nodig is van ongeveer tien dagen. De thiocyanaten kunnen namelijk fytoxisch zijn. 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. Om die redenen

wordt er nu door verschillende marktpartijen gewerkt aan gedroogde mosterd in korrelvorm en aan extracten in vloeibare vorm om de bedrijfszekerheid te vergroten.

Bij biologische grondontsmetting (BGO) wordt zuurstof onttrokken aan de bodem door onderwerpen van organisch materiaal. Het is arbeidsintensief maar lijkt makkelijker te standaardiseren dan biofumigatie waardoor de voorspelbaarheid van de mate van effectiviteit toeneemt.

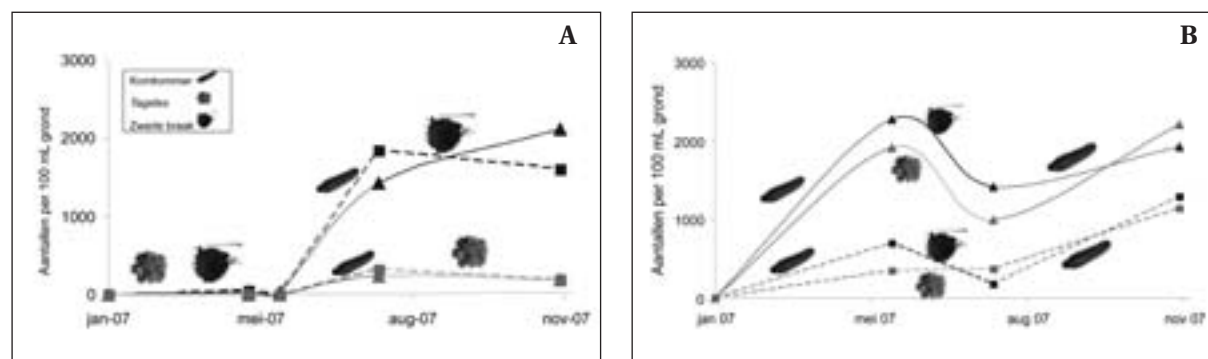
Blok *et al.* (2000) waren de eersten in Nederland die deze kennis in praktijk brachten met een veldproef waarbij biofumigatie naast anaerobe grondontsmetting getoetst werd tegen verschillende bodemziekteverwekkers, namelijk *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*, en *Rhizoctonia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

Het dodend effect van BGO 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*), wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*), en aardappelcystenaaltje (*Globodera pallida*) getypeerd als goed, maar het effect op

virusoverbrengende trichodoriden was wisselend. Ook werd geconstateerd dat BGO in de praktijk goed en langdurig 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 het gras, voldoende om uitval van planten door ziekteverwekkers te voorkomen en de "bodemweerbaarheid" te versterken. Op dit moment wordt gewerkt aan een bedrijfszekerdere methode waarbij gras wordt vervangen door een fermentatiepoeder. Een effectieve afdichting van de grond door plastic blijft voor deze methoden cruciaal.

Teeltsystemen

Ook teeltsystemen kunnen een effectieve methode zijn om productieverliezen door aaltjes terug te dringen: bij het Baijens-systeem 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. 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. Ondanks een tegenvallende productie van het



Figuur 3. 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.

Referenties

teeltsysteem in de eerste teeltronde, werd het resultaat daarna aanmerkelijk beter. Zowel de grond in het Baijens- als het reguliere teeltsysteem was in het begin van het jaar gestoomd en bevatte dus zeer weinig aaltjes. In het reguliere teeltsysteem namen de aaltjes gedurende het jaar explosief toe, en dit had een sterk productieverlies tot gevolg. Het Baijens-systeem gaf veel minder aaltjestoename en behaalde dezelfde productie als het gebruikelijke systeem in zowel teeltrondes twee als drie. De effectiviteit van de grondontsmetting, zoals door gebruik van *Tagetes*, is dus van doorslaggevend belang voor het succes omdat, bij afwezigheid van het wortelknobbelaaltje, de productie in het Baijens systeem per definitie minder hoog is dan in een gebruikelijk systeem.

Vooraf na afloop van de teelt van *Tagetes* is er een langdurig onderdrukkend effect op wortelknobbelaaltjes (Figuur 3A). Dat het geen wondermiddel is wordt duidelijk na afloop van een teelt komkommer: er is weinig effect te zien op aaltjes (Figuur 3B). 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*.

Conclusies

Uit het onderzoek komt naar voren dat er op dit moment nog geen middel of werkwijze voorhanden is dat de problematiek van het wortelknobbelaaltje op een eenvoudig manier oplost. Het bodemleven in de kasteelt vormt duidelijk geen uitzondering op de natuurlijke complexiteit die we kennen uit de bodemecologie. Dit betekent dat in de toekomst de beslissingssystematiek van het telen, binnen de context van maatschappelijk verantwoord ondernemen, er niet eenvoudiger op wordt en dat de tijd van simpele en eenduidige oplossingen voorbij is.

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 tegen wortelknobbelaaltjes in de kasteelt biedt een raamwerk waarin de effectiviteit van de genoemde technieken verder kan worden uitgediept en met het bodemleven en bodemtype in verband kan worden gebracht.

- Blok WJ, Lamers JG, Termorshuizen AJ & Bollen GJ (2000) Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* 90: 253-259
- Bouwman-van Velden P & Janse J (2009) 'Volledige resistentie tegen alle aaltjes is een utopie' *Onder Glas* 6: 56-57
- Castro CE, Belsler NO, McKinney HE & Thomason IJ (1990) Strong repellency of the root knot *Meloidogyne incognita* by specific inorganic ions. *Journal of Chemical Ecology* 16 (4): 1199-1205
- Davies KG & Williamson VM (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
- Holterman MHM, Wurff AWG van der, Elsen SJJ van den, Megen HHB van, Bongers AMT, Holovachov OV, Bakker J & Helder J (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): 1792-1800
- Melakeberhan H, Mennan S, Ngouajio M & Dudek T (2008) Effect of *Meloidogyne hapla* on multi-purpose use of oilseed radish (*Raphanus sativus*). *Nematology* 10 (3): 375-379
- McSorley R, Stansly PA, Noling JW, Obreza TA & Conner JM (1997) Impact of organic soil amendments and fumigation on plant-parasitic nematodes in Southwest Florida vegetable fields. *Nematropica* 27: 181-189
- Tsao R, Peterson CJ, Coats JR (2002) Glucosinolate breakdown products as insect fumigants and their effect on carbon dioxide emission of insects. *BMC Ecology* 2: 5
- Eylen D van, Indrawati, Hendrickx M, Loey A van (2006) Temperature and pressure stability of mustard seed (*Sinapis alba* L) myrosinase. *Food Chemistry* 97: 263-271
- Wurff AWG van der, Janse J, Kok CJ & Zoon FC (2010) Biological control of root knot nematodes in organic vegetable and flower greenhouse cultivation. Report 321. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Bleiswijk, pp 64
- Wuyts N, Swennen R, De Waele D (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