

Inventarisatie van resistente onderstammen van komkommer en paprika voor *Meiloidogyne* spp. en *Verticillium dahliae*

Onderstammen voor de biologische teelt van vruchtgroenten



bioKennis



WAGENINGENUR

For quality of life



Onderstammen voor de biologische teelt van vruchtgroenten

Inventarisatie van resistente onderstammen van komkommer en paprika voor *Meiloidogyne* spp. en *Verticillium dahliae*

Caroline Labrie

© 2008 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het kennisnetwerk voor de Biologische Landbouw en Voeding in Nederland (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Zij werken in de cluster Biologische Landbouw (LNV gefinancierde onderzoeksprogramma's) nauw samen. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de onderzoeksprogramma's vindt u op de website www.biokennis.nl. Vragen en/of opmerkingen over het onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl

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
Abstract	1
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Doel	3
2 Onderstammen tegen <i>Meloidogyne</i> spp.	5
2.1 Tolerantie en resistentie	5
2.2 Komkommer	5
2.3 Paprika	9
3 Onderstammen tegen <i>Verticillium</i>	13
3.1 Komkommer	13
3.2 Paprika	13
Referenties	15

Abstract

Ten behoeve van de biologische teelt is een literatuurstudie uitgevoerd waarbij de bestaande kennis over resistentie en tolerantie van onderstammen tegen *Meloidogyne* spp. en *Verticillium dahliae* in komkommer en paprika is geïnventariseerd. Deze studie biedt een overzicht van praktijkonderzoeken en internationale wetenschappelijke literatuur. Voor komkommer zijn nog geen resistente onderstammen tegen *M. incognita* bekend. Wel zijn onderstammen aanwezig die in hoge mate tolerant zijn en waarbij minder knobbels en eitjes ontstaan. Voor paprika is bij verschillende *Capsicum* soorten resistentie aanwezig tegen *M. javanica*. Tegen *M. incognita* is wel gedeeltelijke resistentie, maar geen volledige resistentie aanwezig. Binnen de *Cucurbitaceae* is resistentie tegen *Verticillium dahliae* aanwezig. Nadeel is echter dat de productie met onderstammen vaak lager ligt en/of resistentie tegen andere pathogenen zoals *Phomopsis sclerotioides* ontbreekt. Er zijn nog geen paprika rassen bekend die volledig resistent zijn voor *Verticillium dahliae*, maar wel rassen die tolerant zijn.

Samenvatting

Ten behoeve van de biologische teelt is een literatuurstudie uitgevoerd waarbij de bestaande kennis over resistentie en tolerantie van onderstammen tegen *Meloidogyne* spp. en *Verticillium dahliae* in komkommer en paprika is geïnventariseerd. Deze studie biedt een overzicht van praktijkonderzoeken en internationale wetenschappelijke literatuur.

Komkommer en *Meloidogyne* spp.

Voor komkommer zijn ook in de internationale literatuur nog geen resistente onderstammen tegen *M. incognita* bekend. Wel zijn onderstammen aanwezig die in hoge mate tolerant zijn en waarbij minder knobbels en eitjes ontstaan. Binnen *Cucumis sativus* scoren vooral de *hardwickii* soorten bij veel typen nematoden goed, maar nog niet voor *M. incognita*. Tolerantie voor *M. incognita* is meer aanwezig bij verwanten van de komkommer. *Sycios angulatus* 'Harry', de veelgebruikte onderstam voor komkommer, is in hoge mate tolerant voor *M. incognita*. Daarnaast zijn vooral soorten van *Cucumis metuliferus* tolerant voor *M. incognita* en deze scoren ook goed bij andere nematoden. Ook bij *Cucurbita* spp. zijn tolerante soorten aanwezig voor *M. incognita*. Nadeel van de *hardwickii* en *Cucumis metuliferus* is dat zij moeilijk in te kruisen zijn met komkommers een dunne stam hebben, wat problemen kan geven bij het enten. In dit onderzoek is een overzicht gegeven van deze cultivars.

Paprika en *Meloidogyne* spp.

Bij verschillende *Capsicum* soorten is resistentie aanwezig tegen *M. javanica*. Tegen *M. incognita* werden in de gerefereerde onderzoeken altijd wel een aantal eieren teruggevonden, dus een volledige resistentie is hiervoor niet aanwezig. Wel was bij een redelijk aantal cultivars het aantal eieren in vergelijking met gevoelige cultivars zeer laag, wat wel duidt op redelijke resistentie. In dit onderzoek is een overzicht gegeven van deze cultivars.

Opmerkelijk is dat in de literatuur soorten vaak al resistent worden genoemd, wanneer het aantal wortelknobbels met eieren laag is, maar nog wel aanwezig zijn. In dit verslag is dit dan 'redelijk resistent' genoemd. Ook tolerantie wordt vaak resistentie genoemd. Dit betekent dat de groei nauwelijks wordt belemmerd door de wortelknobbels, maar de nematoden zich wel kunnen vermeerderen. Dit is 'tolerant' genoemd in dit verslag.

Komkommer en *Verticillium dahliae*

Binnen de *Cucurbitaceae* is resistentie tegen *V. dahliae* aanwezig, ook binnen soorten die geschikt zijn als onderstam voor komkommer, zoals de *Cucurbita ficifolia*. Nadeel is echter dat de productie met onderstammen vaak lager ligt en/of resistentie tegen andere pathogenen zoals *Phomopsis sclerotioides* ontbreekt.

Paprika en *Verticillium dahliae*

Er zijn nog geen paprika rassen bekend die volledig resistent zijn voor *Verticillium dahliae*, maar wel rassen die tolerant zijn. In deze literatuurstudie zijn als tolerante rassen 'Snooker', 'Padron' en 'Yolo Wonder' naar voren gekomen. Luesia, 'Podarok' en P1201234 zijn redelijk tolerant.

1 Inleiding

In de gangbare teelt worden komkommer, tomaat en paprika hoofdzakelijk op substraat geteeld. Als substraat wordt hiervoor vaak steenwol gebruikt. Met deze teeltwijze zijn plantparasitaire nematoden en bodemschimmels redelijk onder controle. In de biologische teelt moet daarentegen wel in de grond worden geteeld, waardoor deze problemen moeilijker te hanteren zijn. Om uitval door aaltjes en schimmels te beperken wordt hierbij wel gebruik gemaakt van onderstammen. Deze zijn geselecteerd vanwege de resistentie of tolerantie voor aaltjes en schimmels of vanwege hun groeikracht om de ent te versterken. In de biologische teelt van vruchtgroenten vormen met name wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) en ook wel de schimmel *Verticillium dahliae* problemen. Planten die zijn geïnfecteerd met wortelknobbelaaltjes zijn vaak gevoeliger voor droogte, blijven achter in groei en productie en zijn gevoeliger voor andere infecties (Hazendonk and Amsing 2002). *V. dahliae* geeft verwelking en leidt eveneens tot productie-verlies.

Deze literatuurstudie valt binnen het kader van het project 'Participatie in Bedrijfsnetwerken Glasgroenten'. Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw en Visserij binnen het programma BO-04-005 Systeem-innovatie Biologische Beschermd Teelten.

1.1 Doel

Doel van dit literatuuronderzoek is het inventariseren van kennis over resistentie en tolerantie van onderstammen tegen *Meloidogyne* spp. en *Verticillum* in komkommer en paprika.

2 Onderstammen tegen *Meloidogyne* spp.

2.1 Tolerantie en resistentie

In het zoeken naar de juiste onderstam om problemen met *Meloidogyne* spp is het belangrijk om onderscheid te maken tussen tolerante en resistente onderstammen. Resistentie is het vermogen van de waardplant om de groei en activiteit van plantparasitaire aaltjes te bemoeilijken. Tolerantie is het vermogen van de waardplant om de nadelige gevolgen van de plantparasitaire aaltjes zo gering mogelijk te houden. Tolerante onderstammen reduceren dus de schade, maar niet de oorzaak van de schade. Tolerante onderstammen hebben namelijk zoveel wortels dat ze ondanks aantasting voldoende blijven functioneren. Als tolerantie van een onderstam niet gepaard gaat met een zekere mate van resistentie, is het nadeel dat ze wel zorg dragen voor vermeerdering van wortelknobbelaaltjes in de bodem. Hierdoor kan het telen van een tolerant ras een sterke toename van het aantal aaltjes in de grond tot gevolg hebben. Dit bemoeilijkt de keuze voor een vervolgteelt (Hazendonk and Amsing 2002).

Resistentie tegen *M. incognita* wordt nog doorbroken bij hoge temperaturen en grote populatiedichtheden (Van der Wurff 2008). De doorbreking bij hoge temperaturen van de resistentie berust op het Mi-gen. Dit gen is namelijk alleen effectief bij temperaturen onder de 28°C. Het Mi-gen geeft resistentie tegen *M. arenaria*, *M. incognita* en *M. javanica*, maar niet tegen *M. chitwoodi* en *M. hapla* (Hazendonk and Amsing 2002).

De mate van vermeerdering van aaltjes is een maat voor de aaltjesresistentie. Dit is de eindpopulatie van de aaltjes in de wortels en de grond (Pf) / aantal aaltjes waarmee de grond in het begin is geïnoculeerd (Oka, Offenbach et al. 2004). Indien Pf/Pi kleiner is dan 1, dan is er sprake van resistentie van de plant. Is Pf/Pi groter dan 1 of nog hoger, dan hebben de aaltjes zich sterker vermeerderd.

2.2 Komkommer

Het wortelknobbelaaltje dat in de biologische teelt van komkommer met name problemen veroorzaakt is *Meloidogyne incognita*. Daarnaast zijn ook *M. javanica*, *M. hapla* en *M. arenaria* belangrijk. Hieronder wordt per soort of geslacht onderstam de mate van tolerantie besproken, gebaseerd op eerder Nederlands en internationaal gepubliceerd onderzoek. Tabel 1 biedt een schematisch overzicht van deze resultaten.

Cucumis sativus

Binnen komkommer (*Cucumis sativus*) zijn geen resistenties aanwezig tegen wortelknobbelaaltjes *M. arenaria*, *M. javanica* en *M. incognita*. Zo testten (Moosavi, Karegar et al. 2006) 15 cultivars op resistentie tegen *M. incognita* race 1. Allen bleken gevoelig. Er is wel resistentie tegen *M. hapla* (Hazendonk and Amsing 2002). Walters et al. (1993) hebben 884 *C. sativus* cultigens (cultivars, veredelingslijnen en PI-nummers) getest op resistentie tegen *M. arenaria* race 2, *M. incognita* races 1 en 3 en *M. javanica*. Bij *M. hapla* hadden alle geteste *C. sativus* cultigens 0 of minder dan 2% wortels met knobbel. Dit geeft aan dat voor *M. hapla* resistenties aanwezig zijn. De meeste onderzochte cultigens in het onderzoek van (Walters, Wehner et al. 1993) waren wel gevoelig voor *M. incognita*. De *C. sativus* cultigens *Cucumis sativus* var. *hardwickii* Alef. lijn LJ 90430 en in mindere mate 'Southern Pickler' kwamen als beste *C. sativus* cultigens in dit onderzoek naar voren. 'Southern Pickler' had 5-23% wortelknobbels bij *M. arenaria* race 2 en 1-69% bij *M. incognita*. LJ 90430 geeft weinig wortelknobbels van *M. arenaria*, *M. hapla* en *M. javanica* (op resp. 5-11, 0 en 8% van de wortels), maar nog wel redelijk veel wortelknobbels van *M. incognita* (33-55%). Ook werden bij LJ 90430 weinig eieren van *M. javanica* en *M. arenaria* teruggevonden (Walters, Wehner et al. 1993). Ook in het onderzoek van (Walters, Wehner et al. 1999) kwam LJ 90430 goed naar voren.

Van deze *Cucumis sativus* var. *hardwickii* Alef. lijn LJ 90430 zijn doormiddel van inbred Lines (inteltlijnen) de rassen 'Lucia', 'Manteo' en 'Shelby' geselecteerd. Deze geven minder knobbel (op 6-13% van de wortels) en er vindt geen

vermeerdering plaats van *M. arenaria* race 1 en 2 en *M. javanica* (Pf/Pi=0). De productie van deze cultivars is vergelijkbaar met cultivars 'Calypso' en 'Sumter', alleen de kwaliteit van de vruchten was lager. Nadeel van 'Manteo' is de gevoeligheid voor echte meeldauw (Walters and Wehner 1997; Walters and Wehner 1998).

Recenter onderzoek van (Walters, Wehner et al. 2006) laat zien dat *C. sativus* var. *hardwickii* NC-42 nog weer minder wortelknobbelaaltjes van stadium J3 en J4 had dan *C. sativus* var. *sativus* 'Sumter'. Beiden scoren goed bij *M. hapla*, maar NC-42 scoorde ook goed bij *M. arenaria* races 1 en 2 en *M. javanica*.

Nadeel van *Cucumis sativus* var. *hardwickii* is de dunne stam, waardoor het enten wordt bemoeilijkt (Janse 2008).

De oude komkommer cultivar 'Improved long green' gaf minder en kleinere volwassen vrouwtjes van *M. javanica* in de wortels dan gevoelige cultivars (Khan and Khan 1991).

NUN 4001 RZ van Nunhems wordt resistent genoemd tegen nematoden (Hogendonk and Steenbergen 2004), maar op praktijkbedrijven vertoont deze onderstam toch wortelknobbels (Janse 2008).

Cucumis metuliferus

Cucumis metuliferus wordt ook wel stekelaugurk of Kiwano genoemd. Walters et al. (1993) hebben 24 *C. metuliferus* cultigens getest op resistentie tegen *M. arenaria* (Neal) Chitwood race 2, *M. incognita* (Kofoid and White) Chitwood race 3 en *M. hapla* Chitwood. Bij al deze cultigens had minder dan 9% van de wortels knobbels. Voor *M. hapla* scoorden de meesten zelfs 0%. Ook in het onderzoek van Walters et al. (2006) ontwikkelden zich bij *C. metuliferus* (PI 482454) weinig wortelknobbelaaltjes van *M. incognita* race 3, *M. javanica*, *M. arenaria* races 1 en 2 en *M. hapla*. Walters and Wehner (2002) hebben *C. sativus* en *C. metuliferus* met elkaar gekruist. Bij een aantal van deze kruisingen ontstonden vruchten, maar er is geen levensvatbaar zaad uit gekomen.

Sicyos angulatus

Een onderstam die op dit moment veel gebruikt in de biologische teelt van komkommer is 'Harry'. Dit is een selectie uit *Sicyos angulatus*, een komkommerachtige (Cucurbitaceae familie) uit Azië (Warmenhoven 2005). Deze kalebas wordt ook wel de 'stekelige komkommer' of 'kliskomkommer' genoemd (Anonymous 2005). In Nederland is deze onderstam geselecteerd vanuit Japan tijdens de energiecrises (rond 1980) vanwege de aanwezige temperatuurtolerantie in dit materiaal (Den Nijs 1984; Hogendonk 2004). Bij lage temperaturen kunnen met *Sicyos angulatus* (KJ 100) namelijk nog relatief goede opbrengsten behaald worden (Honink and Bamberg 1984). 'Harry' heeft door de sterke wortelgroei een hoge tolerantie voor *M. incognita* (Van Paassen 2002) en *M. hispanica* (Hazendonk and Amsing 2002). Nadeel van deze soort is de dunne stam en een laag kiempercentage, wat het kop-enten bemoeilijkt (Honink and Bamberg 1984; Van Paassen, Hogendonk et al. 2002). Er is hiervoor een speciale entmethode ontwikkeld (Anonymous 2002b). Het succes van de enting is ook afhankelijk van het ras. Zo is 'Natica' (Enza) en Odessa (Rijk Zwaan) goed te combineren met onderstam 'Harry', maar dit geldt niet voor 'Cum Laude' (Anonymous 2002a). De onderstammen *Sicyos angulatus* 8380-1 en -2 gaven in een aaltjesvermeerderingsproef om onduidelijke reden een dermate vertraagde groei en verdroogd blad, dat waarnemingen niet mogelijk waren. De andere onderstam *Sicyos angulatus* 8381 groeide wel goed weg en had uiteindelijk weinig eitjes van *M. incognita* per gram wortel. Toch is ook deze onderstam niet resistent want er is wel enige vermeerdering van de nematode opgetreden. *Sicyos angulatus* fungeert daarmee dus nog wel als waardplant voor nematoden wat de vervolgteelt bemoeilijkt (Hogendonk 2004).

***Cucurbita* spp.**

In *Cucurbita moschata* (pompoe) is tolerantie aanwezig tegen wortelknobbelaaltjes, maar geen resistentie (Hazendonk en Amsing, 2002; Siguenza et al., 2005).

Cohen et al. (Cohen, Burger et al.) testten 23 *Cucurbita* lijnen op resistentie tegen *M. javanica*. Twee van deze lijnen gaven geen wortelknobbels. Er is nog niet gepubliceerd welke lijnen dit precies zijn. Bij de *Cucurbita* lijnen waren wel knobbels aanwezig, maar deze waren kleiner dan bij komkommer (Cohen, Burger et al. 2007).

In met nematoden besmette grond vonden (Echevarria, Castr et al. 2004) productieverhogingen van 55% met de onderstammen 'Shintoza' en 'Camel' (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) ten opzichte van niet geënte planten. De cultivar 'Brava' is ook een *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*. Echter voorlopige resultaten van zeer recent onderzoek naar resistentie tegen *M. incognita* en andere nematoden met de *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata* WS 5299 laten zien dat de aanwezigheid van nematoden in de wortels na de teelt hoog is in vergelijking met andere rassen met enige tolerantie (Janse, Wurff et al. 2008).

Tabel 1. Overzicht van tolerantie bij komkommer.

	<i>M. incognita</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. hapla</i>	<i>M. arenaria</i>	Referentie
<i>Cucumis sativus</i> (komkommer)					
Hardwickii LJ 90430 'Lucia', 'Manteo' En 'Shelby'	33-55% ¹	8% weinig eieren 6-13% Pf/Pi=0	0%	5-11% weinig eieren 6-13% Pf/Pi=0	(Walters, Wehner et al. 1993; Walters, Wehner et al. 1999) (Walters and Wehner 1997)
Hardwickii NC-42		weinig aaltjes	weinig aaltjes	weinig aaltjes	(Walters, Wehner et al. 2006)
Sumter			weinig aaltjes		(Walters, Wehner et al. 2006)
'Southern Pickler' Improved Long Green	1-69%	minder en kleinere aaltjes		5-23%	(Walters, Wehner et al. 1993) (Khan and Khan 1991)
<i>Cucumis metuliferus</i> (Kiwano/stekelaugurk)					
24 cultigens PI 482454	1-9% weinig aaltjes	weinig aaltjes	0-1% weinig aaltjes	1-7% weinig aaltjes	(Walters, Wehner et al. 1993) (Walters, Wehner et al. 2006)
<i>Cucumis</i> spp. <i>overig</i>					
<i>Cucumis anguria</i>	tolerant				(Fassuliotis 1967)
<i>Cucumis ficifolius</i>	tolerant				(Fassuliotis 1967)
<i>Cucumis heptadactylus</i>	tolerant				(Fassuliotis 1967)
<i>Cucumis longipes</i>	tolerant				(Fassuliotis 1967)
<i>Cucumis zeyheri</i>	tolerant				(Fassuliotis 1967)
<i>Sicyos angulatus</i> (kalebas/stekelige komkommer)					
'Harry'	hoge tolerantie, niet geheel resistent				(Van Paassen 2002), (Hogendonk 2004)
<i>Cucurbita</i> spp. (pompoen)					
<i>C. moschata</i> RZ64-01 (TS88-122)	tolerant				(Hazendonk and Amsing 2002), (Siguenza, Schochow et al. 2005)
<i>C. maxima</i> x <i>C. moschata</i> RZ64-01	tolerant				(Hazendonk and Amsing 2002)
<i>C. maxima</i> x <i>C. moschata</i> 'Brava'	redelijk tolerant				(Hazendonk and Amsing 2002)
'Shintoza' en 'Camel'	redelijk tolerant				(Echevarria, Castr et al. 2004)

¹ Percentage van de wortels met wortelknobbels.

Conclusie

Voor komkommer zijn nog geen resistente onderstammen tegen *M. incognita* gevonden. Wel zijn onderstammen aanwezig die in hoge mate tolerant zijn en waarbij minder knobbels en eitjes ontstaan. Binnen *Cucumis sativus* scoren vooral de *hardwickii* soorten bij veel typen nematoden goed, maar nog niet voor *M. incognita*. Tolerantie voor *M. incognita* is meer aanwezig bij verwanten van de komkommer. *Sycios angulatus* 'Harry', de veel gebruikte onderstam voor komkommer, is in hoge mate tolerant voor *M. incognita*. Daarnaast zijn vooral soorten van *Cucumis metuliferus* tolerant voor *M. incognita* en deze scoren ook goed bij andere nematoden. Ook bij *Cucurbita* spp. zijn tolerante soorten aanwezig voor *M. incognita*. Nadeel van de *hardwickii* en *Cucumis metuliferus* is dat zij moeilijk in te kruisen zijn met komkommer en een dunne stam hebben in verband met enten.

2.3 Paprika

In Nederland wordt bij paprika alleen in de biologische teelt gebruik gemaakt van onderstammen. Doel is om de plant een sterker wortelgestel te geven en daarmee meer weerstand tegen bodemziekten. De meeropbrengst van enten in de gangbare teelt is nog niet duidelijk aangetoond. Hierbij wordt vooral gezocht naar groeikrachtige onderstammen om de productie te verhogen. Onderzoek laat zien dat van 11 geteste onderstammen slechts enkele onderstam-bovenstam combinaties tot een hogere productie leiden. Dit waren de onderstammen NR 15 en DRO 3403 met de cultuurrassen 'Derby' en 'Solution' (Sauviller 2006). De conclusie uit een voorgaand onderzoek met diverse onderstammen is dat bij geënte planten minder vruchtabortie optrad, maar dat de totale productie lager was door het lagere gemiddelde vruchtgewicht (Disco 2005). Bij de onderstammen 'Snooker' (S&G) en 'Kentucky' (De Ruiters Seeds) bleef het gewas meer open en was minder groeikrachtig. 'Meteor' (De Ruiters Seeds), BS15 (Bruinsma Seeds) en WS 0005 (Western Seeds) gaven een groeikracht die vergelijkbaar was met niet-geënte gewassen, maar de opbrengsten bleven achter bij niet-geënte rassen (Jakupaj-de Snoo 2004).

De variatie in onderstammen is beperkt omdat *Capsicum* soorten alleen geënt kunnen worden op *Capsicum* soorten (Kim 1999). In een jong stadium reageren de paprikaplanten heel generatief op enten (Jakupaj-de Snoo 2004). Doordat paprika maar in beperkte mate geënt wordt, is er over enten bij paprika maar beperkt literatuur beschikbaar.

Ook paprika ondervindt schade van wortelknobbelaaltjes. Bij paprika zijn wel resistente onderstammen beschikbaar, al is deze resistentie niet volledig en geldt niet voor alle typen nematoden. Deze resistentie is gebaseerd op het N-gen, welke wordt doorbroken bij hogere temperaturen (Janmaat, Amsing et al. 2006). Recent onderzoek toont aan dat de gedeeltelijke resistentie van 'Carolina Wonder' en 'Charleston Belle' tegen *M. incognita* ook in sub-tropisch klimaat met bodemtemperaturen boven de 30°C stand kan houden. Bij 'Charleston Belle' en 'Carolina Wonder' werden in deze proef respectievelijk 3391 en 550 eieren *M. incognita* per gram verse wortel geteld. Bij 'Keystone Resistant Giant' en 'Yolo Wonder B' waren dit er veel meer met respectievelijk 84.508 en 72.560 eieren per gram verse wortel (Thies, Dickson et al. 2008). Ook in het onderzoek van 2003 was het aantal wortelknobbels met 'Carolina Wonder' minimaal (Thies, Fery et al. 2003). Het ras *Capsicum annum* L. var. *annuum* 'Charleston Belle' is redelijk resistent voor wortelknobbelaaltje *M. incognita* (Chitwood) Kofoid en White (Thies, Fery et al. 2003). In de vervolgteelt met gevoelige komkommer werden op hetzelfde perceel minder eieren van *M. incognita* teruggevonden in de wortels dan op het perceel waar de gevoeligere paprika 'Keystone Resistant Giant' had gestaan (Thies, Davis et al. 2005).

Een soortgelijke proef toonde ook redelijke resistentie tegen *M. incognita* aan bij 'Carolina Cayenne' met 496 eieren per gram verse wortel (Thies, Mueller et al. 1998). 'Carolina Wonder' en 'Charleston Belle' bezitten naast de gedeeltelijke *M. incognita* resistentie ook redelijke resistentie tegen *M. arenaria* en *M. javanica*. Deze zijn echter niet resistent tegen *M. hapla* (Thies and Fery 2000).

De onderstam 'Graffito' heeft een goede tolerantie voor *M. incognita*. Tevens zijn er goede ervaringen met enten, waarbij de productie niet verminderde. 'Arenaria' is redelijk resistent voor *M. incognita*, *M. arenaria* en *M. javanica*. Dit is een diplo-haploid lijn vanuit 'Yolo Wonder' en PM 687 (Morra and Bilotto 2006).

Onderstam 'Snooker' heeft een hoge mate van tolerantie voor wortelknobbelaaltjes (Hazendonk and Amsing 2002). TigerPaw-NR, een nieuw Habanero-type peper (*Capsicum chinense* Jacq.) is redelijk resistent tegen *M. incognita* (Chitwood) Kofoid en White, tegen *M. arenaria* (Neal) Chitwood en tegen *M. javanica* (Treub) Chitwood (Fery and Thies 2007).

Bij een onderzoek met de Capsicum soorten *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. chacoense*, and *C. frutescens* (Tabel 1), bleken de meesten resistent (0 gram eieren per wortelsysteem) of redelijk resistent (<24K eieren per wortelsysteem) tegen *M. javanica*, maar niet tegen *M. incognita*. Alleen *Capsicum annuum* AR-96023 en vooral *C. frutescens* waren wel redelijk resistent tegen *M. incognita*. In een teelt met nematoden infectie werden bij de commerciële cultivars geënt op AR-96023 6 keer minder nematoden eieren per gram wortel gevonden dan bij de niet geënte commerciële cultivars. In een teelt zonder nematoden infectie was de productie van geënt op AR-96023 en niet geënt gelijk (Oka, Offenbach et al. 2004).

Tabel 2. *Overzicht van resistentie en tolerantie bij paprika.*

	<i>M. incognita</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. hapla</i>	<i>M. arenaria</i>	Referentie
<i>Capsicum annuum</i> (paprika)					
'Charleston Belle'	redelijk resistent voor race 3 (3391 ei/g wortel), niet voor race 2	redelijk resistent	niet resistent	redelijk resistent	(Thies, Fery et al. 2003) (Thies, Davis et al. 2005) (Oka, Offenbach et al. 2004) (Thies, Mueller et al. 1998)
'Carolina Cayenne'	redelijk resistent (496 ei/g wortel)	resistent			
'Carolina Wonder'	redelijk resistent voor race 3 (550 ei/g wortel), niet voor race 2	redelijk resistent	niet resistent	redelijk resistent	(Thies, Fery et al. 2003) (Oka, Offenbach et al. 2004)
'Graffito'	hoge tolerantie				(Morra and Bilotto 2006)
'Arenaria'	redelijk resistent	redelijk resistent		redelijk resistent	(Morra and Bilotto 2006)
'Snooker'	niet resistent	redelijk resistent			(Hazendonk and Amsing 2002) (Oka, Offenbach et al. 2004)
'Charleston Hot'	niet resistent				(Oka, Offenbach et al. 2004)
EV 359	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
'Çelica'	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
'Nivla'	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
'Parker'	niet resistent				(Oka, Offenbach et al. 2004)
'Ohad'	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
AR96023	redelijk resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
AR96025	niet resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
RS-28	niet resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
RS-29	niet resistent				(Oka, Offenbach et al. 2004)
RS-50	niet resistent				(Oka, Offenbach et al. 2004)
AX592	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
AX568	niet resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
Overige <i>Capsicum</i> spp.					
<i>C. chinense</i> Jacq Tiger Paw-NR	redelijk resistent	redelijk resistent		redelijk resistent	(Fery and Thies 2007)
<i>C. frutescens</i> 7493	redelijk resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
<i>C. frutescens</i> 7475	Redelijk resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
<i>C. chacoense</i> 7497	niet resistent	redelijk resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
<i>C. baccatum</i> 7470	niet resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)
Nun9453	niet resistent	resistent			(Oka, Offenbach et al. 2004)

Conclusie

Bij verschillende *Capsicum* soorten is resistentie aanwezig tegen *M. javanica*. Hierbij werden in het onderzoek van Oka, Offenbach et al. (2004) geen eieren teruggevonden. Tegen *M. incognita* werden in de gerefereerde onderzoeken altijd wel een aantal eieren teruggevonden, dus een volledige resistentie is hiervoor niet aanwezig. Wel was bij een flink aantal cultivars het aantal eieren in vergelijking met gevoelige cultivars zeer laag, wat wel duidt op een redelijke resistentie.

Opmerkelijk is dat in de literatuur soorten vaak al resistent worden genoemd, wanneer het aantal wortelknobbels met eieren laag is, maar nog wel knobbels met eieren aanwezig zijn. In dit verslag is dit dan 'redelijk resistent' genoemd. Ook tolerantie wordt vaak resistentie genoemd. Dit betekent dat de groei nauwelijks wordt belemmerd door de wortelknobbels, maar de nematoden zich wel kunnen vermeerderen. Dit is 'tolerant' genoemd in dit verslag.

3 Onderstammen tegen *Verticillium*

3.1 Komkommer

In een onderzoek waarbij diverse *Cucurbitaceae* zijn onderzocht op gevoeligheid voor *Verticillium dahliae*, kwam naar voren dat *Benincasa cerifera* en *B. hispida* (meloen) zeer gevoelig waren voor *V. dahliae*. De *Cucurbita* soorten (pompoen) bleken wel vaak resistentie tegen *V. dahliae* te bevatten. Dit waren *Cucurbita coloquinella*, *C. ficifolia*, *C. maxima*, *C. moschata*, *C. patissonia* en *C. turbaniformis*. *C. pepo* (courgette) was niet altijd resistent. Deze *Cucurbita* soorten waren echter allen wel gevoelig voor *Phomopsis sclerotoides* (zwartwortelrot). Ook bij *Lagenaria siceraria* (fleskalebas) werd resistentie gevonden tegen *V. dahliae* (Alabouvette, Rouxel et al. 1974).

Ook (Lauenstein 1955) vonden resistentie tegen *Verticillium* spp bij *Cucurbita ficifolia* (vijgbladpompoen). Dit soort werd vroeger veel als onderstam gebruikt bij komkommer ter bescherming tegen bodempathogenen, zoals *Verticillium* en vooral *Fusarium* (Styczynska 1959; Van Uffelen 1982). In Azië wordt *Cucurbita ficifolia* als onderstam gebruikt in de winterteelt vanwege de betere groei bij lage (bodem)temperaturen (Dieleman and Arkesteijn 2006). De productie van enten op *Cucurbita ficifolia*, ligt zonder besmetting echter lager dan de productie van enten op KJ100 (*Sicyos angulatus*) (Van Uffelen 1985). Ten opzichte van niet geënt vond (Lauenstein 1955) minder aantasting en een productieverhoging bij *Cucurbita ficifolia*.

Recenter onderzoek op praktijkbedrijven toonde *V. dahliae* resistentie bij 64-05 RZ/Azman (Rijk Zwaan) en bij TZ 184 (Tezier) (Hogendonk and Steenbergen 2004). Andere onderstammen voor komkommer die resistent worden genoemd tegen *Verticillium* zijn RZ 64-01, 64-02 van Rijk Zwaan (Anonymous 1998).

Conclusie

Binnen de *Cucurbitaceae* is resistentie tegen *V. dahliae* aanwezig, ook binnen soorten die geschikt zijn als onderstam voor komkommer, zoals de *Cucurbita ficifolia* of *C. moschata*. Nadeel is echter dat de productie met onderstammen vaak lager ligt en/of resistentie tegen andere pathogenen zoals *Phomopsis sclerotoides* ontbreekt.

3.2 Paprika

Paprika rassen die volledig resistent zijn voor *Verticillium dahliae* zijn niet bekend. Het enige bekende resistentie gen tegen *Verticillium* in *Solanaceae* is het tomaten-Ve gen (Gayoso, de la Ilarduya et al. 2007). Wel zijn er paprikarassen die tolerant zijn. Een veelgebruikte onderstam in de biologische teelt van paprika is 'Snooker' (S&G) (Anonymous 2003), vanwege de goede overgang van onderstam naar cultuurras en omdat deze ondanks de niet volledige resistentie, wel sterk is tegen *Verticillium* (Boonekamp 2006; Koning 2008).

In een onderzoek met *C. annuum* cultivars en *C. chinense* is *V. dahliae* gekwantificeerd en hierbij kwam de cultivar 'Luesia' goed naar voren. In de wortels van 'Luesia' is het namelijk het minste *V. dahliae* teruggevonden, gevolgd door P1201234, 'Padron' en SCM331. Bij *Capsicum chinense* cv. C118 werd het meeste *V. dahliae* gevonden. De hoeveelheden *V. dahliae* in de hypocotyl waren het laagst bij 'Luesia', 'Padron' en P1201234, gevolgd door C118 en het hoogst bij SCM331 (Gayoso, de la Ilarduya et al. 2007).

Cultivars 'Luesia', maar ook 'Podarok' zijn redelijk tolerant voor *V. dahliae* (Palloix, Pochard et al. 1990). Paprika cultivars 'Padrón' en met name 'Yolo Wonder' zijn weer toleranter voor *V. dahliae* dan 'Luesia' (Pomar, Novo et al. 2004; Novo, Gayoso et al. 2007). Als respons op *V. dahliae* zijn er verschillen tussen cultivars in de ophoping van sulfaat. Bij resistente rassen stijgt het sulfaatgehalte sneller dan bij gevoelige rassen. 'Yolo Wonder' had na inoculatie met *V. dahliae* een snellere stijging van elementaire sulfaat (phytoalexin) in de plant dan in de minder tolerante cultivar 'Luesia' (Novo, Gayoso et al. 2007).

Recente testen met de paprika onderstammen 'Graffito', 'Graffito' x 'Arenaria', 'P 02' (diplo-haploid lijn) en 'Tresor' toonden aan dat geen van deze onderstammen in staat bleek om de uitval door *V. dahliae* te verminderen (Morra and Bilotto 2006).

Conclusie

Er zijn nog geen paprika rassen bekend die volledig resistent zijn voor *Verticillium dahliae*, maar wel rassen die tolerant zijn. In deze literatuurstudie zijn als tolerante rassen 'Snooker', 'Padron' en 'Yolo Wonder' naar voren gekomen. Luesia, 'Podarok' en P1201234 zijn redelijk tolerant.

Referenties

- Alabouvette, C., F. Rouxel et al. (1974).
 'The search for a rootstock resistant to *Phomopsis sclerotoides* and *Verticillium dahliae* for greenhouse melon and cucumber growing.' *Pepinieristes Horticultures Maraichers* 152: 19-24.
- Anonymous (1998).
 'Veredlungsunterlagen bei Gurken unter Glas 1998.' Institut für Gemüsebau.
- Anonymous (2002a).
 'Met onderstam 'Harry' meer komkommers.' *Groenten en Fruit week* 2.
- Anonymous (2002b).
 "'Harry' eindelijk te enten.' *Groenten en Fruit week* 15.
- Anonymous (2003).
 'Iedere ent vraagt specifieke onderstam. Biologische teelt.' *Groenten en Fruit* Retrieved 12 september 2003, from http://www.weekbladgroentenenfruit.nl/artikelen/id4709-41360/iedere_ent_vraagt_specifieke_understam.html.
- Anonymous (2005).
 'Bur cucumber, *Sicyos angulatus*.' from <http://www.ct-botanical-society.org/galleries/sicyosangu.html>.
- Boonekamp, G. (2006).
 'Geënte paprika in grondteelt wel succesvol.' *Groenten en Fruit week* 38.
- Cohen, R. & Y. Burger et al. (2007).
 'Introducing grafted cucurbits to modern agriculture - The Israeli experience.' *Plant Disease* 91(8): 916-923.
- Den Nijs, A.P.M. (1984).
 'Ervaringen met een nieuwe onderstam voor komkommer: *Sicyos angulatus*.' *Groenten en Fruit* april 1984: 38-41.
- Dieleman, A. & M. Arkesteijn (2006).
 'Een goede onderstam voorkomt ziekten en bespaart energie.' *Onder Glas* 3(maart 2006): 58-59.
- Disco, A. (2005).
 'Perspectief enten paprika vaag.' *Groenten en Fruit* 10.
- Echevarria, P.H. & A.R. Castr et al. (2004).
 'Influence of rootstocks and soil treatment on the yield and quality of greenhouse-grown cucumbers in Spain.' *Acta Horticulturae* 633.
- Fassuliotis, G. (1967).
 'Species of *Cucumis* resistant to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita acrita*.' *Plant Disease Reporter* 51: 720-723.
- Fery, R.L. & J.A. Thies (2007).
 "'TigerPaw-NR', a root-knot Nematode-resistant, Habanero-type pepper.' *Hortscience* 42(7): 1721-1722.
- Gayoso, C. & O.M. de la llarduya et al. (2007).
 'Assessment of real-time PCR as a method for determining the presence of *Verticillium dahliae* in different Solanaceae cultivars.' *European Journal of Plant Pathology* 118(3): 199-209.
- Hazendonk, D.A. & J.J. Amsing (2002).
 'Beheersing van nematoden in de grond.' Wageningen UR.
- Hogendonk, L., J. Amsing, F. Zoon, P. Steenbergen & M. de Jongh (2004).
 'Biologisch uitgangsmateriaal komkommer. Eigenschappen en toepasbaarheid van de onderstam *Sicyos angulatus*.' *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen UR*.
- Hogendonk, L. & P. Steenbergen (2004).
 'Onderstammen voor biologische geteelde groentegewassen.' *Biokas en Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Wageningen UR*.
- Honink, A. & Bamberg (1984).
 'Neue Veredelungsunterlage für Gurken unter Glas.' *Gemüse* 2: 45-46.
- Jakupaj-de Snoo, E. (2004).
 'Onderstam wil maar geen succes worden in paprika.' *OOGST Tuinbouw* 1 oktober 2004: 30-31.

- Janmaat, L. & J. Amsing et al. (2006).
 'Beheersing ziekten en plagen vraagt om kennis en stuurmanskunst van de glastuinder.' Biokas 2006. Gewasbescherming.
- Janse, J. (2008).
 'Persoonlijke communicatie. Wageningen UR Glastuinbouw.'
- Janse, J. & A. Wurff et al. (2008).
 'Onderzoek resistentie onderstammen tegen wortelknobbelaaltjes. Voorlopige resultaten voorjaar 2008.' Wageningen UR Glastuinbouw.
- Khan, A.A. & M.W. Khan (1991).
 'Penetration and development of *Meloidogyne incognita* race 1 and *Meloidogyne javanica* in susceptible and resistant vegetables.' *Nematropica* 21(1): 71-77.
- Kim, W.K. (1999).
 'Effects of rootstocks on the growth and contents of capsaicins and sugars in hot pepper (*Capsicum annuum* L.)' MSc Thesis, Kyung Hee University, Korea.
- Koning, H. (2008).
 'Persoonlijke communicatie.' Syngenta.
- Lauenstein, A. (1955).
 'Research on the origin and possible control of cucumber wilt in glasshouse cucumbers.' *Arch Gartenb.* 3: 133-160.
- Moosavi, S.S. & A. Karegar et al. (2006).
 'Responses of some common cucumber cultivars in Iran to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, under greenhouse conditions.' *Iranian-Journal-of-Plant-Pathology* 42(2): Pe241-252.
- Morra, L. & M. Bilotto (2006).
 'Evaluation of new rootstocks for resistance to soil-borne pathogens and productive behaviour of pepper (*Capsicum annuum* L.)' *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 81(3): 518-524.
- Novo, M. & C.M. Gayoso et al. (2007).
 'Sulphur accumulation after *Verticillium dahliae* infection of two pepper cultivars differing in degree of resistance.' *Plant Pathology* 56(6): 998-1004.
- Oka, Y. & R. Offenbach et al. (2004).
 'Pepper rootstock graft compatibility and response to *Meloidogyne javanica* and *M-incognita*.' *Journal of Nematology* 36(2): 137-141.
- Palloix, A. & E. Pochard et al. (1990).
 'Recurrent selection for resistance to *verticillium-dahliae* in pepper.' *Euphytica* 47(1): 79-89.
- Pomar, F. & M. Novo et al. (2004).
 'Changes in stem lignins (monomer composition and crosslinking) and peroxidase are related with the maintenance of leaf photosynthetic integrity during *Verticillium* wilt in *Capsicum annuum*.' *New Phytologist* 163(1): 111-123.
- Sauviller, C. (2006).
 'Onderstammen bij paprika (nog) niet aan de orde.' *ProeftuinNieuws* 18: 22-23.
- Siguenza, C. & M. Schochow et al. (2005).
 'Use of *Cucumis metuliferus* as a rootstock for melon to manage *Meloidogyne incognita*.' *Journal of Nematology* 37(3): 276-280.
- Styczynska, J. (1959).
 'Efforts to propagate *Cucurbita ficifolia* in Poland for use as a rootstock for grafting cucumbers cultivated under glass.' *Biul Warzyw* 4: 383-390.
- Thies, J.A. & R.F. Davis et al. (2005).
 'Host resistance and metam sodium for managing root-knot nematodes in a pepper-cucumber rotation.' *Hortscience* 40(7): 2080-2082.
- Thies, J.A. & D.W. Dickson et al. (2008).
 'Stability of resistance to root-knot nematodes in 'Charleston belle' and 'Carolina wonder' bell peppers in a sub-tropical environment.' *Hortscience* 43(1): 188-190.

- Thies, J.A. & R.L. Fery (2000).
 'Characterization of resistance conferred by the N gene to *Meloidogyne arenaria* Races 1 and 2, M-hapla, and M-javanica in two sets of isogenic lines of *Capsicum annuum* L.' *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(1): 71-75.
- Thies, J.A. & R.L. Fery et al. (2003).
 'Response of bell pepper cultivars near-isogenic for the N gene to *Meloidogyne incognita* in field trials.' *Hortscience* 38(7): 1394-1396.
- Thies, J.A. & J.D. Mueller et al. (1998).
 'Use of a resistant pepper as a rotational crop to manage southern root-knot nematode.' *Hortscience* 33(4): 716-718.
- Van der Wurff, A. (2008).
 'Bericht glasgroenten. Antagonisten tegen knobbelaltjes en natuurlijke ontsmetting.' *Biokennis* april 2008.
- Van Paassen, R.A.F. (2002).
 'Harry' droger telen en meer belasten.' Wageningen UR.
- Van Paassen, R.A.F. & L. Hogendonk et al. (2002).
 'Inventarisatie uitval geënte biologische komkommer.' *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Wageningen UR.
- Van Uffelen, J.A.M. (1982).
 'Het enten op *Cucurbita ficifolia*.' *Groenten en Fruit* 3 februari 1982: 30-31.
- Van Uffelen, J.A.M. (1985).
 'Enten bij latere teelten.' *Groenten en Fruit* 12 april 1985: 50-51.
- Walters, S.A. & T.C. Wehner (1997).
 'Lucia', 'Manteo', and 'Shelby' root-knot nematode-resistant cucumber inbred lines.' *Hortscience* 32(7): 1301-1303.
- Walters, S.A. & T.C. Wehner (1998).
 'Independence of the mj nematode resistance gene from 17 gene loci in cucumber.' *Hortscience* 33(6): 1050-1052.
- Walters, S.A. & T.C. Wehner (2002).
 'Incompatibility in diploid and tetraploid crosses of *Cucumis sativus* and *Cucumis metuliferus*.' *Euphytica* 128(3): 371-374.
- Walters, S.A. & T.C. Wehner et al. (1993).
 'Root-knot nematode resistance in cucumber and horned cucumber.' *Hortscience* 28(2): 151-154.
- Walters, S.A. & T.C. Wehner et al. (1999).
 'Greenhouse and field resistance in cucumber to root-knot nematodes.' *Nematology* 1: 279-284.
- Walters, S.A., T.C. Wehner et al. (2006).
 'Penetration rates of root-knot nematodes into *Cucumis sativus* and *C-metuliferus* roots and subsequent histological changes.' *Nematropica* 36(2): 231-242.
- Warmenhoven, M.G. (2005).
 'Literatuuronderzoek komkommeronderstam *Sicyos angulatus*.' *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Wageningen UR.

