

Bodemweerbaarheid en biologische bestrijding tegen *Meloidogyne*

C.J. Kok

Plant Research International, Wageningen; hanscj.kok@wur.nl

ARTIKEL

Meloidogyne-aaltjes hebben een grote reeks natuurlijke vijanden of antagonisten. Verschillende soorten bacteriën, schimmels, roofaaltjes, mijten en andere mesofauna kunnen op *Meloidogyne* parasiteren dan wel zich ermee voeden. Door de gezamenlijke activiteit van deze natuurlijke vijanden kunnen niet alle in de bodem aanwezige *Meloidogyne* aaltjes een waardplant bereiken en infecteren. Het verschijnsel dat maar een bepaald gedeelte van het de bodempopulatie ook echt schade aan een waardplant aanricht wordt bodemweerbaarheid ofwel soil suppressiveness genoemd. In meer recente studies wordt dit begrip gebruikt als een kwantitatieve maat voor de bodemfactoren die de schadelijkheid van een pathogeenpopulatie beïnvloeden.

Er is een aantal situaties bekend waarin de bodemweerbaarheid tegen plantenparasitaire aaltjes in de tijd toenam tot een niveau waarop de schade miniem was. Een duidelijk voorbeeld is het teruglopen van de populaties van het havercystenaaltje *Heterodera avenae* onder monocultures van graan in Groot Brittanië. Dit fenomeen, ook wel decline van de populatie genoemd, kon worden toegeschreven aan de toenemende activiteit van microbiële antagonisten. Het feit dat de aaltjespopulatie aanvankelijk gedurende meerdere jaren op hoog niveau bleef, wordt gezien als de sleutelfactor bij het opbouwen van de populatie van de antagonisten tot

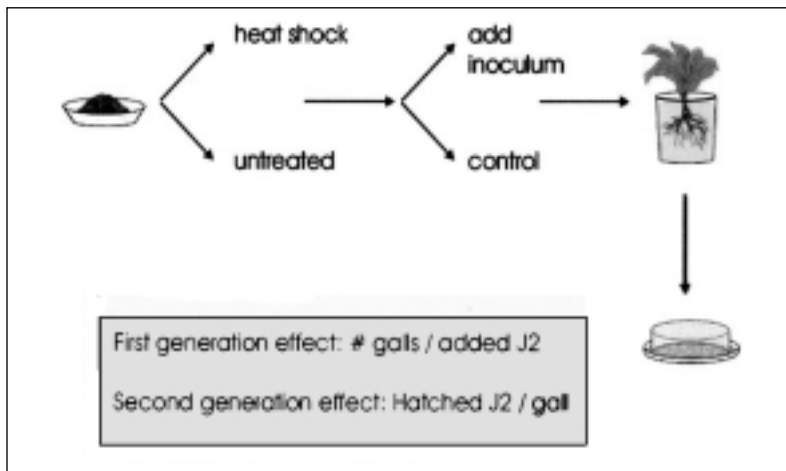
op een niveau waarop een sterke onderdrukking van de aaltjes plaats kon vinden. Dit lijkt een algemeen kenmerk te zijn van het ontstaan van een hoge bodemweerbaarheid: gedurende een lange periode moet er een hoge aaltjespopulatie aanwezig zijn om de antagonisten voldoende te stimuleren.

Ook in Nederland wordt er onderzoek gedaan naar bodemweerbaarheid tegen aaltjes, in het bijzonder tegen *Meloidogyne*, en ook naar de mogelijkheden om bodemweerbaarheid te stimuleren dan wel te behouden. Bij het bestuderen van bodemweerbaarheid tegen *Meloidogyne* moet rekening gehouden worden met de levenscyclus van het aaltje en de verschillende typen antagonisten die hierop aan kunnen grijpen. In principe zijn alleen de stadia van de levenscyclus die met de bodem in contact staan beschikbaar voor antagonisten. Er zijn geen aanwijzingen dat de stadia die in de wortel leven in belangrijke mate door antagonisten beïnvloed worden. Voor *Meloidogyne* betekent dit dat met name de eieren in de eiproppen en de mobiele tweede-stadium juvenielen (J2) bloot staan aan de activiteit van antagonisten. De antagonisten die eieren aantasten vormen een duidelijk andere groep dan de antagonisten die zich op de J2's richten. Eiparasieten zijn meestal algemeen voorkomende rhizosfeerschimmels die voor hun overleven niet afhankelijk zijn van de aaltjes (facultatieve parasieten). Tot deze groep beho-

ren schimmels als *Pochonia* (vroeger *Verticillium*), *Fusarium*, *Cylindrocarpon* en *Paecilomyces*. Antagonisten van J2's zijn o.a. aaltjesvangende schimmels als *Arthrobotrys* en *Monacrosporium*. Deze groep is ook facultatief parasitair. Andere schimmels, zoals *Harposporium* en *Hirsutella* infecteren de aaltjes via sporen. Deze schimmels zijn wel obligaat parasitair.

Meten van bodemweerbaarheid

Als het begrip bodemweerbaarheid kwantitatief gebruikt wordt, moeten er ook methoden zijn om bodemweeraarheid kwantitatief te bepalen. Voor een behoorlijk aantal bodemgebonden plagen en pathogenen zijn deze meetmethoden inderdaad ontwikkeld. Het algemene principe van deze methoden is dat een bekende hoeveelheid inoculum van het pathogeen wordt toegevoegd aan een toetsplant die in de te onderzoeken grond groeit. De details van de uitvoering hangen af van het pathogeen en de gekozen toetsplant. Dit soort toetsen wordt uitgevoerd onder geconditioneerde omstandigheden. Veldomstandigheden zijn te variabel om bruikbare resultaten te verkrijgen. Voor *Meloidogyne* is een toets ontwikkeld waarin de effecten van antagonisten van J2's en eiparasieten onafhankelijk gemeten kunnen worden. De opzet van deze methode wordt getoond in figuur 1.



Figuur 1. Opzet van de meetmethode voor bodemweerbaarheid tegen *Meloidogyne*.

Bij de methode wordt het bodemonmonster gesplitst in een deel dat een korte hittebehandeling krijgt om de antagonisten uit te schakelen en een deel dat onbehandeld blijft. Aan de grondmonsters wordt een bepaalde hoeveelheid inoculum toegevoegd en het aantal knobbels op de toetsplant wordt geteld. Hiermee wordt de effectiviteit van de antagonisten van J2's bepaald. De maat voor de effectiviteit van de antagonisten van de J2's is het verschil tussen het aantal knobbels op de planten in verhitte en niet-verhitte grond. Het effect van eiparasieten wordt bepaald door het meten van het aantal nieuwe J2's dat geproduceerd wordt. Hiertoe worden wortelstelsels van de biotoetsplanten in een mistkamer gelegd. De effectiviteit van eiparasieten wordt gemeten in het aantal uitgekomen J2's per knobbel.

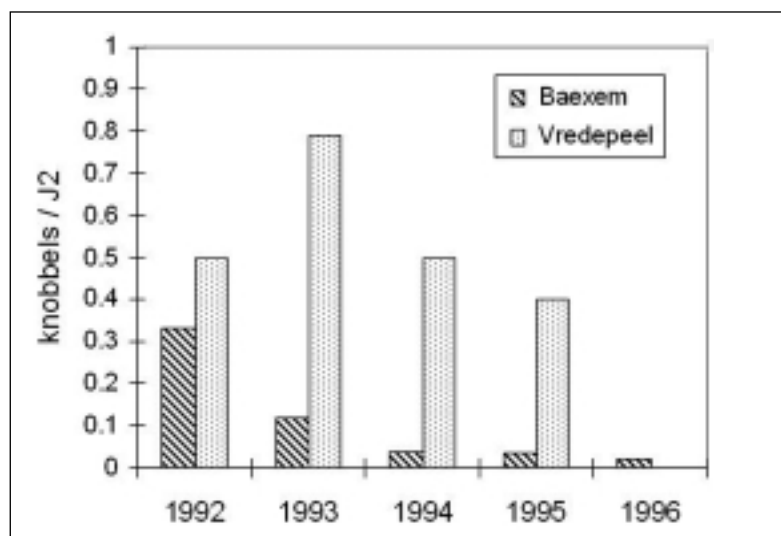
Natuurlijke weerbaarheid tegen *M. fallax*

Het beste voorbeeld van het ontstaan van bodemweerbaarheid tegen aaltjes in Nederland is het proefveld te Baexem, waar in het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw proeven gedaan werden met waardplantgeschiktheid

en schadegevoeligheid voor *Meloidogyne fallax* met een grote reeks landbouwgewassen. Op dit proefveld werd de populatie van *M. fallax* bepaald met zowel extractie van de aaltjes als met een biotoets. Hierdoor kon worden vastgesteld dat de aantallen aaltjes gemeten via de biotoets sterk afnam in de tijd, terwijl de aantallen gemeten via extractie niet afnamen. De conclusie uit de resultaten was dat de inoculum-efficiëntie in de bioassay in de tijd sterk afnam in de monsters uit Baexem, terwijl dit in monsters van de locatie Vredepeel, die tegelijkertijd verwerkt zijn, niet het geval was (zie Fig. 2). De verklaring die hiervoor aangenomen

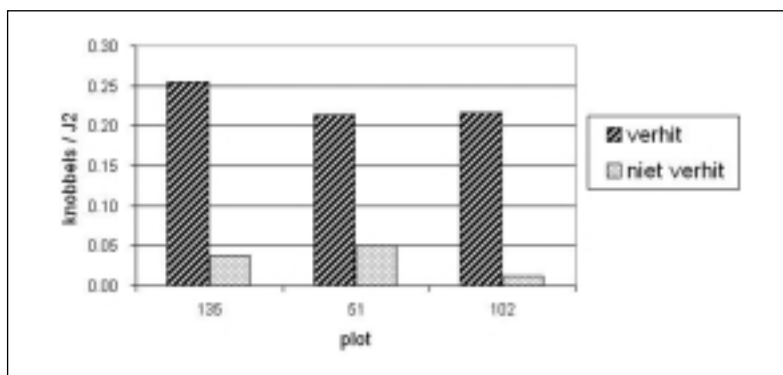
werd is dat de bodemweerbaarheid in de tijd sterk toegenomen is. Het effect van de toegenomen bodemweerstand was zo groot dat het proefveld in 1996 opgegeven werd. In de periode na 1996 kon gedurende enkele jaren *M. fallax* niet meer worden aangetoond in Baexem. Op dit moment wordt *M. fallax* op Baexem sporadisch aangetroffen, maar kunnen ook gewassen die zeer schadegevoelig zijn zonder problemen geteeld worden.

In bepalingen van de bodemweerbaarheid van monsters uit Baexem werd vastgesteld dat verhitten de mate van antagonisme op de J2's sterk verminderde, maar geen effect had op de mate waarin de aaltjes zich vermenigvuldigden (zie Fig. 3 en 4). De conclusie die hieruit getrokken werd is dat de afnemende inoculum-efficiëntie die gevonden werd op Baexem het gevolg is van antagonisten van J2's. De antagonisten die het vaakst werden aangetroffen in Baexem zijn de aaltjesvangende schimmels *Arthrobotrys superba*, *Monacrosporium gephyropagum* en *Monacrosporium parvicolle*. Deze schimmels worden op dit moment nog onderzocht als potentiële biologische bestrijdingsmiddelen tegen *Meloidogyne*.

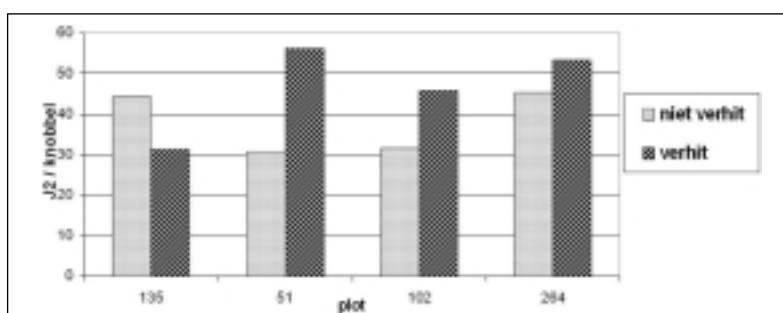


Figuur 2. Het verloop van de inoculum-efficiëntie in biotoetsen voor *Meloidogyne* van de proeflocaties Baexem en Vredepeel 1992-1996 (bron PPO-AGV).

ARTIKEL



Figuur 3. Effect van verhitting op de inoculumefficiëntie van toegevoegde J2's van *Meloidogyne fallax* in drie grondmonsters van proeflocatie Baexem.



Figuur 4. Effect van verhitting op de vermenigvuldiging van *Meloidogyne fallax* op biotoetsplanten in vier grondmonsters van proeflocatie Baexem. Verschillen tussen verhitte en niet-verhitte monsters waren niet significant ($P > 0.05$).

Het onderzoek naar bodemweerbaarheid tegen aaltjes richt zich op dit moment vooral op het stimuleren van bodemweerbaarheid. In de meeste gevallen is het praktisch gezien niet mogelijk gedurende een aantal jaren een hoge populatie van *Meloidogyne* te tolereren, om de antagonistische een kans te geven een hoge populatie op te bouwen. Daarom wordt geprobeerd de opbouw van de populatie van antagonistische te versnellen via verschillende toevoegingen aan de bodem, zoals compost en andere organisch materiaalbronnen.

Biologische bestrijding van *Meloidogyne*

Een manier om de bodemweerbaarheid te vergroten is het toevoegen van antagonistische, ofwel

biologische bestrijding. In tegenstelling tot het stimuleren van natuurlijk voorkomende antagonistische wordt biologische bestrijding met micro-organismen door de wet gezien als bestrijdingsmaatregel en vallen de microbiële middelen onder de bestrijdingsmiddelenwet. Dit heeft belangrijke gevolgen, vooral voor de toelating van biologische middelen. De strenge eisen die de wet stelt maken toelating van een bestrijdingsmiddel tot een kostbare zaak. Alleen als een biologisch middel een grote markt heeft zeer goede eigenschappen wat betreft effectiviteit, houdbaarheid en toedieningswijze, kan verwacht worden dat de investering in de toelating zich zal lonen. Juist door de hoge kosten en de ingewikkelde procedure van toelating is het aantal biologische bestrijdingsmiddelen gebaseerd op micro-organismen dat legaal verkrijgbaar is in Nederland gering. Voor bestrijding van nemato-

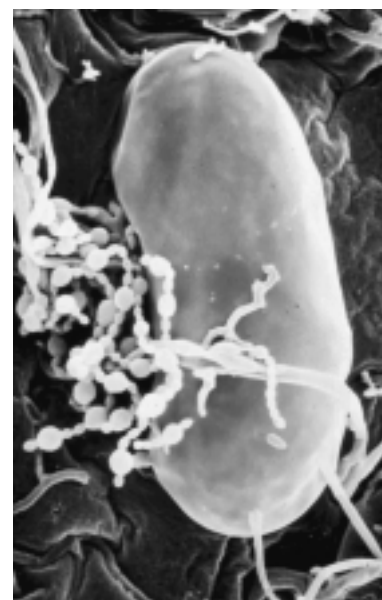
den is zelfs in het geheel geen microbiële middel toegelaten. Wel zien we dat er internationaal een aantal producten ontwikkeld wordt, dat waarschijnlijk binnen enkele jaren op de markt zal verschijnen.

Een antagonist moet aan verschillende voorwaarden voldoen, om geschikt te zijn als basis voor een biologisch bestrijdingsmiddel. Behalve een goede effectiviteit tegen het doelorganisme onder verschillende omstandigheden zijn ook kweekbaarheid en houdbaarheid sleuteleigenschappen voor een succesvol middel. Hiermee moet in feite al rekening gehouden worden op het moment dat een organisme gekozen wordt voor onderzoek naar biologische bestrijding.

Enkele organismen die mogelijkheden bieden als biologische bestrijdingsmiddelen zijn:

Pochonia chlamydosporia (= *Verticillium chlamydosporium*)

Dit organisme is een eiparasiet van aaltjes die actief is tegen zowel cystenaaltjes als *Meloidogyne*. Onder gunstige omstandigheden kan deze schimmel de vermenigvuldiging van *Meloidogyne* sterk rem-



Figuur 5. *Pochonia chlamydosporia* hyphen penetreren een nematodei.

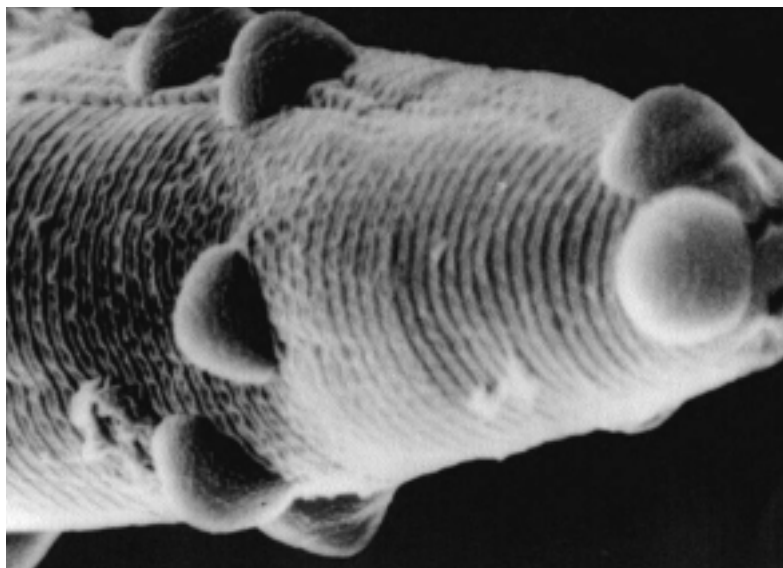
men. *Pochonia* is sinds het begin van de tachtiger jaren uitgebreid onderzocht, maar er zijn nog steeds problemen met de effectiviteit, vooral bij waardplanten waar de eiproppen van *Meloidogyne* ook in de wortel kunnen voorkomen. Verder lijken de problemen rond een efficiënte massakweek nog niet opgelost.

Paecilomyces lilacinus

Deze schimmel is een eiparasiet en is met succes getest tegen *Meloidogyne* en *Radopholus* op banaan. Een commercieel middel gebaseerd op deze schimmel was enkele jaren verkrijgbaar in de Filipijnen en Australië, maar de firma die dit middel op de markt bracht is niet meer actief. Het Duitse bedrijf Prophyta werkt momenteel aan de massakweek van deze schimmel en aan een toelating voor Europa.

Pasteuria penetrans

Pasteuria penetrans is een bacterie die een obligate parasiet is van aaltjes. Sporen van deze bacterie kunnen zich aan nematoden hechten, waarna de bacterie zich in het aaltje kan ontwikkelen. *Pasteuria* sporen kunnen bijzonder lang overleven in de bodem (tot 12 jaar). Twee grote problemen hebben tot nu toe de ontwikkeling van *Pasteuria* als commercieel middel bemoeilijkt. Ten eerste hebben veel stammen van *Pasteuria* een beperkte gastheerrange, zodat het lastig is een middel te maken dat breed inzetbaar is. Ten tweede was *Pasteuria* tot voor kort niet te kweken zonder



Figuur 6. *Pasteuria penetrans* sporen aangehecht aan een nematode.

nematoden. De problemen rond de toepasbaarheid van *Pasteuria* lijken nu voor een belangrijk deel opgelost. Uitgebreide testen met veel isolaten van *Pasteuria* hebben laten zien dat een aantal isolaten wel een brede gastheerrange heeft. Verder heeft een Japans bedrijf een methode ontwikkeld om *Pasteuria* zonder nematoden als gastheer op grote schaal te kweken. Hoewel deze methode geheim gehouden wordt, stelt dit bedrijf wel materiaal ter beschikking voor onderzoek.

Bij de ontwikkeling van microbiële middelen tegen nematoden lijken de belangrijkste problemen niet te liggen op het gebied van het vinden van efficiënte antagonisten. Het grootste probleem is duidelijk de investering die nodig is voor de toelating van een bestrijdingsmiddel. Verder zijn efficiënte kweekmetho-

den en formuleringen die een langdurige bewaring mogelijk maken cruciale stappen, die vaak onvoldoende onderzocht zijn. Toch is het duidelijk dat er een grote belangstelling is voor het ontwikkelen van biologische middelen, vooral in het kader van het wegvallen van efficiënte en goedkope chemische nematiciden. De wereldwijde uitbanning van het belangrijkste nematicide, methylbromide, is een stimulans voor de ontwikkeling van alternatieven. Maar het lijkt onwaarschijnlijk dat biologische middelen een vergelijkbare efficiëntie en lage prijs zullen bereiken als dergelijke chemische middelen.

Dit artikel is onder andere gebaseerd op onderzoek dat wordt uitgevoerd in het programma 397 van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Resultaten van het onderzoek van Leendert Molendijk (PPO-AGV) zijn in dit artikel verwerkt.