

Dit onderzoek maakt in elk geval duidelijk dat onkruid-waardplanten het opschonend effect van resistente gewassen of braak als maatregel tegen wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) teniet kunnen doen. Het belang van onkruidbestrijding ligt daarom naast het voorkómen van concurrentie ook in het verwijderen van 'groene bruggen' voor aaltjes en bodempathogenen.

Referenties

- Hallmann, J., Frankenberg, A., Paffrath, A. & Rau, F., 2004. Occurrence of plant parasitic nematodes in organic farming in Germany. Proceedings XXVII ESN International Symposium, Rome.
- Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door financiering vanuit het DWK-gewasbeschermingsprogramma 397-1 en vanuit EU-QLRT-1999-01462 projekt 'DREAM'. Met dank aan PPO-AGV voor het beschikbaar stellen van de veldjes en de besmettingsgegevens.

Overleving van *Meloidogyne*

C.J. Kok en A. de Heij

Plant Research International

Voor het opstellen van maatregelen om de verspreiding en populatieopbouw van *Meloidogyne*-soorten te beheersen is het van groot belang goede gegevens te hebben over het overleven van *Meloidogyne* in een situatie zonder waardplant. Op grond van dit soort gegevens kan het effect van een braakperiode, het verbouwen van een niet-waardplant en van de keuze van het zaai- en oogsttijdstip worden ingeschat. Verder kan het risico op insleep via grond, machines, schoeisel e.d. worden bepaald als duidelijk is hoe lang belangrijke *Meloidogyne* soorten kunnen overleven in deze omstandigheden.

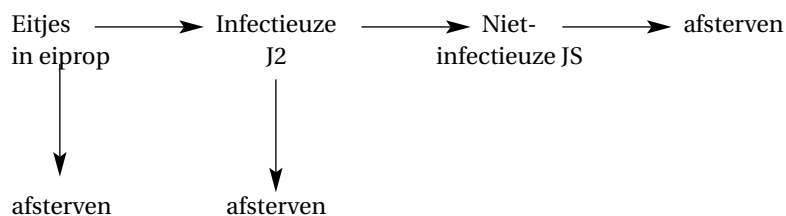
Meloidogyne soorten kunnen overleven als ei in de eiproop of in het tweede juveniele stadium (J2). Behalve de mate van overleven is ook de vraag van belang of overlevende aaltjes nog een plant kunnen infecteren. Schematisch kan het afsterven van een *Meloidogyne* populatie als volgt worden voorgesteld (zie figuur 1).

Eitjes in eiproppen kunnen afsterven door ongunstige uitwendige omstandigheden en door antagonistische micro-organismen, zoals eiparasitaire schimmels. Onder gunstige omstandigheden (voldoende vocht en gunstige

temperatuur) komen de eitjes uit en leveren goed gevoede, infectieuze J2's. Door ongunstige uitwendige omstandigheden en door allerlei antagonisten kunnen deze J2's afsterven. Indien de J2's lange tijd geen waardplant vinden, zullen zij eerst hun infectieuze vermogen verliezen en daarna sterven.

De belangrijkste omgevingsfactoren die het overleven van *Meloidogyne* eieren en J2's bepalen zijn waterpotentiaal (zuigspanning) en temperatuur. De temperatuur bepaalt hoe snel de energiereserves opgebruikt worden. Verder zal bij extreme temperaturen directe sterfte optreden. Het is te verwachten dat J2's en in mindere mate eitjes in eiproppen gevoelig zijn voor droogte.

Effect van uitdrogen op het overleven van eitjes in eiproppen en J2's. Vanuit praktisch oogpunt is overleven van eitjes en J2 aan de lucht (bijvoorbeeld via schoeisel, banden enz) en in kleine hoeveelheden grond (kluiten aan machines, aanhangende grond bij aardappels of ander poot- en plantgoed) van belang om de risico's op verspreiding van *Meloidogyne* in te schatten. Onder deze omstandigheden zal uitdroging een belangrijke factor zijn, die de sterfte van de aal-



Figuur 1: schematische weergave van het afsterven van *Meloidogyne* zonder waardplant.

ARTIKEL

Tabel 1. Alle waterpotentialen zijn gegeven met machten van 10 dus superscript van laatste digit (bv. $-9.8 \cdot 10^6$ of $-9.8 \cdot 10^6$)

% water in de grond (w/w)	Water potentiaal (hP)	Max. overleving (weken)	Uitkomen van eitjes
0	$-9,8 \cdot 10^6$	0	–
1	$-5,5 \cdot 10^5$	> 9*	–
2	$-1,6 \cdot 10^4$	> 9	–
4	$-1,8 \cdot 10^3$	> 9	+
8	$-1,6 \cdot 10^2$	> 9	+

*) zeer weinig overleving

tjes bepaalt. Vooral voor het voorkomen van verspreiding van de quarantaine soorten *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax* zijn deze gegevens van groot belang. Om het overleven van *M. chitwoodi* in grond en aan de lucht te bepalen is een experiment gedaan waarbij aaltjes en eiproppen aan de lucht gedroogd werden op een objectglas (70-75 % r.v., 16 °C). Verder zijn eiproppen bewaard in zand met verschillend watergehalte. Tot negen weken na het inzetten van de proef is het overleven van de aaltjes bepaald. Het bleek dat zowel J2's als eitjes in eiproppen drogen aan de lucht niet overleefden. De resultaten van de bewaring in zand zijn samengevat in Tabel 1. Ook uit deze proef blijkt dat eitjes in eiproppen zeer droge omstandigheden niet kunnen

overleven, maar al bij lage wateractiviteit werden 9 weken na het inzetten van de proef nog levende eitjes aangetroffen. Bij een waterpotentiaal van $-1.8 \cdot 10^3$ hP en hoger kwamen de eitjes uit en werden er J2's in de monsters gevonden.

Het effect van temperatuur op het overleven in grond

Het effect van temperatuur op het overleven van drie *Meloidogyne* soorten is bepaald in een experiment waarin J2's en eiproppen zijn geïncubeerd in zand bij temperaturen van 5 – 10 – 15 – 20 – 25 °C. Gedurende 300 dagen

(voor het experiment met J2's) en 188 dagen (voor het experiment met eiproppen) zijn monsters genomen en het aantal overlevende aaltjes is geteld. Verder is in het experiment met J2's het vermogen tot het infecteren van een waardplant bepaald met een biotoets. Dit alles leverde een groot aantal overlevingsgrafieken op. De resultaten zijn samengevat in Tabel 2.

Het blijkt dat vooral bij lage temperaturen alle drie de soorten goed in staat zijn om te overleven. Bij hogere temperaturen neemt eerst het infectievermogen en daarna de overleving af. Vooral *M. chitwoodi* verliest bij hogere temperaturen het vermogen tot infecteren zeer snel. Opvallend is dat vooral bij *M. hapla* en *M. fallax* bij lagere temperaturen

Tabel 2. Maximale overleving van J2's en eiproppen van drie *Meloidogyne* soorten in zand bij 5 – 10 – 15 – 20 en 25 graden Celcius en de lengte van de infectieuze periode van J2's bij die vijf temperaturen in dagen.

Soort	Max. overleving J2			Max. overleving eitjes	
	Temperatuur (°C)	Overlevingsduur (dagen)	Infectieuze periode (dagen)	Periode van uitkomen (dagen)	Percentage uitgekomen (t.o.v. 25 °C)
<i>M. fallax</i>	5	> 300	>300	–	0
	10	> 300	218	188	102,2
	15	140	140	104	79,6
	20	140	61	83	92,4
	25	140	61	34	100
<i>M. chitwoodi</i>	5	>300	>300	69	11,5
	10	>300	140	181	62,3
	15	61	9	90	79,0
	20	61	9	55	72,1
	25	61	9	34	100
<i>M. hapla</i>	5	>300	>300	–	0
	10	220	140	188	39,5
	15	140	140	104	91,8
	20	62	21	83	97,8
	25	21	21	62	100

een laag percentage van de eitjes uitkomt. Dit verschijnsel is minder sterk bij *M. chitwoodi*. *M. chitwoodi* eitjes kwamen bij 5 °C voor een deel nog uit. Hieruit blijkt dat de in de literatuur aangenomen activiteitsdrempel van 5 °C voor *M. chitwoodi* te hoog is.

Temperatuurmodellen voor nematoden

De ontwikkeling van nematoden onder invloed van de temperatuur wordt vaak weergegeven met behulp van een temperatuursom gebaseerd op zogenaamde graaddagen. Hierbij wordt het aantal graaddagen berekend door de som te nemen van het verschil tussen de gemiddelde temperatuur op iedere dag en een drempelwaarde. Deze drempelwaarde is de temperatuur waarbij de ontwikkeling van de nematode juist stil ligt. In het algemeen wordt een lineair verband aangenomen tussen de temperatuur en de ontwikkelingssnelheid van de nematode, zolang de temperatuur niet zo hoog wordt dat de nematode daar schade door ondervindt (Trudgill en Perry, 1994). Uit dit simpele, lineaire model volgt dat alle nematoden in het zelfde ontwikkelingsstadium zullen zijn, als ze een bepaalde tem-

peratuursom gehad hebben, onafhankelijk van de feitelijke temperatuur waaraan de nematoden waren blootgesteld (zolang deze temperatuur hoger is dan de drempelwaarde en lager is dan de temperatuur waarbij schade gaat optreden). Uit de resultaten van het experiment met het uitkomen van eitjes bij verschillende temperaturen blijkt dat deze veronderstelling niet juist is. Vooral bij *M. hapla* en *M. fallax* komt een belangrijk deel van de eitjes niet uit bij lage temperaturen, zelfs niet na zeer lange incubatie. Het lijkt alsof de populatie in subpopulaties is verdeeld, die allemaal een eigen activiteitsdrempel hebben. Bij *M. chitwoodi* is dit effect nauwelijks vast te stellen. Het effect van het patroon van uitkomen van *M. hapla* en *M. fallax* in het veld zou kunnen zijn dat de populatie in het voorjaar, als de temperatuur langzaam oploopt, in de tijd verspreid uitkomt. Dit zou zowel de intraspecifieke als de interspecifieke concurrentie tussen de nematoden kunnen verminderen.

Conclusies

Uit de resultaten kan worden opgemaakt dat *M. chitwoodi* complete uitdroging zeer slecht overleeft, maar wel behoorlijk tolerant is voor droge omstandigheden in

grond. De lange overlevingsduur van dit aaltje in droge grond geeft aan dat kluiten en aanhangende grond een gevaarlijke bron kunnen zijn van verspreiding.

M. chitwoodi, *M. hapla* en *M. fallax* kunnen in de grond bij lage temperaturen goed overleven en blijven ook lang infectieus. Bij hogere temperaturen verliezen de aaltjes hun infectieuze vermogen sneller en overleven ook minder lang. Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat *M. chitwoodi* het beste aan lage temperaturen aangepast is, gevolgd door *M. fallax* en *M. hapla*. Het bleek dat het vaak gebruikte temperatuursommodel voor de onderzochte aaltjessoorten niet klopt.

Om op basis van de temperatuur de ontwikkelingssnelheid of het afsterven van de aaltjes te voorspellen, zijn ingewikkeldere modellen nodig. Aan de ontwikkeling van deze modellen wordt momenteel gewerkt.

Referenties

Trudgill, D.L. en Perry, J.N. (1994) Thermal time and ecological strategies - a unifying hypothesis. *Ann. Appl. Biol.* 125: 521-532.

Het onderzoek waar dit artikel op gebaseerd is, vindt plaats in het kader van het onderzoeksprogramma 397 van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

ARTIKEL