

# Bestrijding van wortelknobbelaaltjes in de bodem

Inundatie

Auteurs: Ivonne Elberse en Johnny Visser

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,  
onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit  
PPO nr. 32 361438 00/ PT nr. 14739  
Februari 2013

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

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

Projectnummer: PT nummer 14739, PPO nr: 32 361438 00

**De bloembollensector investeert in dit project via het Productschap  Tuinbouw**

---

## Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Address : Postbus 85, 2160 AB Lisse  
          : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse  
Tel.      : +31 252 46 21 21(receptie)  
Fax       : +31 252 46 21 00  
E-mail    : info.ppo@wur.nl  
Internet  : www.ppo.wur.nl

# Samenvatting

Het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*) vormt een toenemend probleem in dahlia. Gladiool en dahlia zijn goede waardplanten voor het maïswortelknobbelaaltje (*Meloidogyne chitwoodi*). Dit is een quarantaine aaltje en wanneer dit in uitgangsmateriaal wordt aangetroffen, gelden er wettelijke maatregelen van de NVWA. Dit leidt tot voornamelijk economische schade voor de teler. Tot nu toe vallen de problemen met *M. chitwoodi* in gladiool en dahlia mee, maar omdat de NVWA heeft besloten tot strengere inspectie, is de verwachting dat er in de toekomst meer problemen mee zullen zijn.

Bij gladiool is warmwaterbehandeling van het plantmateriaal (kralen) mogelijk, maar bij dahlia leidt dit tot teveel gewasschade. Met behulp van een goed bouwplan, bemonstering en bedrijfshygiëne is het haalbaar om populatiedichtheden van wortelknobbelaaltjes laag te houden en verspreiding te beperken. Echter, praktische maatregelen om een reeds aanwezige besmetting volledig te saneren zijn er tot op heden niet. Zelfs als er slechts enkele individuen overleven, kan dit namelijk in de volgteelt tot grote problemen leiden (besmetting van uitgangsmateriaal), omdat deze aaltjes zich zeer snel vermeerderen. Er is dus behoefte aan een duurzame methode om wortelknobbelaaltjes in de bodem uit te roeien. Het is de verwachting dat dit met inundatie mogelijk moet zijn, omdat dit tegen andere aaltjes een goed bestrijdend effect heeft.

Vragen aan het begin van dit onderzoek waren: 1) Biedt inundatie perspectief?, 2) Hoelang zou de inundatie moeten duren?, 3) Biedt inundatie bij lage temperatuur (in de winterperiode) perspectief?

Hiervoor is een kasproef uitgevoerd, waarbij verschillende tijdsduren van inundatie werden getest bij continu 5°C en/of een dag-/nachttemperatuurregime van 20°C/16°C. Dekzandgrond, licht besmet met *M. chitwoodi*, werd in emmers gedaan en onder water gezet. Na afloop van de inundatie werd als indicatorplant de goede waardplant tomaat 'Moneymaker' gedurende 13 weken geteeld op de grond. Daarna werd het aantal *M. chitwoodi* in de wortels van de tomaten geteld.

De behandeling van 14 weken inundatie bij 20°C/16°C leidde tot 100% bestrijding van de maïswortelknobbelaaltjes. Bij kortere behandelingen bij 20°C/16°C werden nog *M. chitwoodi* teruggevonden in de wortels. 14 Weken inundatie bij 5°C leidde niet tot voldoende bestrijding. Inundatie in de zomerperiode biedt dus perspectief om wortelknobbelaaltjes in de bodem uit te roeien en de inundatie zou ongeveer 14 weken moeten duren.

Verder onderzoek is nodig om te kijken of inundatie ook onder buitenomstandigheden goed werkt tegen *M. chitwoodi* en *M. hapla* en om te testen hoe lang de inundatie onder buitenomstandigheden minimaal moet duren. Hiervoor is meerjarig onderzoek nodig.



# Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING .....	7
1.1	Aanleiding .....	7
1.2	Bestaande kennis bij start project .....	9
1.3	Doelstelling .....	9
1.4	Aanpak .....	9
2	MATERIAAL EN METHODE .....	11
2.1	Opzet .....	11
2.2	Inzet proef .....	11
2.2.1	Tijdsduur 14 weken.....	12
2.2.2	Tijdsduur 12 weken en korter .....	12
2.3	Beëindiging inundatie .....	12
2.4	Nateelt tomaat .....	13
2.5	Eindwaarneming .....	13
2.6	Gegevensverwerking.....	14
3	RESULTATEN .....	15
3.1	Beginbesmetting grond .....	15
3.2	Aaltjes in inundatiewater bij einde inundatie .....	15
3.3	Eindwaarneming .....	15
3.3.1	Wortelknobbelaaltjes .....	15
3.3.2	Andere aaltjes .....	16
4	DISCUSSIE .....	19
5	CONCLUSIE.....	21
6	AANBEVELINGEN .....	21
7	BRONNEN .....	23
	BIJLAGE 1 AANTAL AALTJES BIJ BEGIN PROEF .....	25
	BIJLAGE 2 RUWE DATA AANTAL AALTJES BIJ EINDE PROEF.....	27
	VERVOLG BIJLAGE 2 .....	28
	BIJLAGE 3 GEMIDDELD AANTAL OVERIGE AALTJES BIJ EINDE PROEF .....	29



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) vormen een toenemend probleem in de vollegrondsteelt van bolgewassen en vaste planten. Bij het diagnostiekloket van PPO in Lisse kwamen de afgelopen jaren steeds meer vragen van telers en hun adviseurs binnen over de bestrijding van deze aaltjessoorten. Dit probleem is tweeledig. Ten eerste zorgt de aantasting door wortelknobbelaaltjes voor onverkoopbare planten en soms ook een slechte groei. Ten tweede zijn het maïswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) en het bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje (*M. fallax*) quarantaine aaltjes. Daarom vallen deze onder speciale regelingen van de NVWA. Uitgangsmateriaal, zoals bloembollen en vaste planten, dient vrij te zijn van deze aaltjessoorten.

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) hebben een zeer brede waardplantenreeks. Ze komen o.a. voor in dahlia, gladiol en vele vaste planten. Voor de teelt van vaste planten vormt het noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*) een grote bedreiging. Vele van deze planten zijn een goede waardplant voor *M. hapla*. De schade aan het gewas is meestal niet zo groot (enige groeiremming), maar het grote probleem is dat telers een besmette partij niet kunnen exporteren, maar vaak zelf verder telen. De waarde van de partij daalt hierdoor flink. Verder kunnen telers een besmet perceel niet meer verkopen of verhuren. De vruchtwisseling van bollen met vaste planten is één van de oorzaken dat ook telers van dahlia knollen in toenemende mate schade ondervinden door een aantasting van het noordelijk wortelknobbelaaltje (figuur 1).



Figuur 1 *M. hapla* in dahlia

In 2011 heeft de NVWA nieuwe maatregelen aangekondigd om de quarantaine-aaltjes *M. chitwoodi* en *M. fallax* onder controle te houden. In 2012 is in de bloembollen de keuring te velde op *M. chitwoodi* en *M. fallax* aangescherpt. Tot en met 2011 werden partijen van gladiol en dahlia in het veld gekeurd: planten met een groeiachterstand of uit valplekken werden gerooid en in de wortelpruik beoordeeld op symptomen van *M. chitwoodi*/*M. fallax*. De wortelknobbels veroorzaakt door deze twee aaltjes zijn niet van elkaar te onderscheiden. Omdat in veel gevallen bovengronds geen schade te zien is, zullen op deze manier niet alle aantastingen zijn gevonden. Vanaf 2012 zijn in de “aangewezen gebieden”, de gebieden waar het wortelknobbelaaltje door de NVWA is geconstateerd, per perceel dahlia en gladiol een aantal planten gerooid en daarvan werd de wortelpruik beoordeeld. Buiten de aangewezen gebieden zijn planten in valplekken gerooid en werd de wortelpruik beoordeeld. Hoewel in 2012 geen planten zijn gevonden die besmet waren met *M. chitwoodi* of *M. fallax*, is er bij een dergelijke strengere keuring meer kans dat *M. chitwoodi* of *M. fallax* wordt gevonden op een perceel en/of in het geogste product. In dat geval mag de partij niet worden verhandeld als uitgangsmateriaal of geëxporteerd en behoort de aangetaste plek met een gebied van minimaal 1 km daaromheen vanaf het volgende jaar ook tot de aangewezen gebieden.

Telers zullen dus in toenemende mate behoefte hebben aan een goede methode om wortelknobbelaaltjes in de bodem te bestrijden.

De bloembolgewassen dahlia en gladiool zijn goede waardplanten voor *M. chitwoodi* en *M. fallax*.

Symptomen van *M. chitwoodi* in gladiool zijn te zien in figuur 2. Crocus 'Rememberance' en Iris 'Telstar' zijn waardplanten voor *M. chitwoodi* en Crocus 'Geel' is een waardplant voor *M. fallax*. Tulp, narcis, Muscari, lelie en hyacint zijn geen waardplanten voor deze twee *Meloidogyne* soorten. Van de overige bolgewassen is niet bekend of ze waardplant zijn.

Ook diverse vaste planten zijn goede waardplanten voor *M. chitwoodi*, zoals Iris (vaste plant) en sommige cultivars van Hosta en Geranium. Iris (vaste plant) is ook een goede waard voor *M. fallax*.



Figuur 2 *M. chitwoodi* in gladiool

Wortelknobbelaaltjes overleven in de grond en in plantmateriaal. Doding van de aaltjes in plantmateriaal is mogelijk door een warmwaterbehandeling. Dit kan echter risico's voor het product opleveren. Voor dahlia is dit bijvoorbeeld geen optie, want het gewas verdraagt de temperatuur niet, waarbij wortelknobbelaaltjes voldoende worden bestreden. Warmwaterbehandeling van de kralen van gladiool werkt wel. Veel vaste planten ondervinden ook teveel gewasschade door een warmwaterbehandeling die nodig is om wortelknobbelaaltjes te doden.

Om besmetting van plantmateriaal te voorkomen, moet het worden geplant in schone grond. Natte grondontsmetting (Monam, 300 – 600L/ha) kan onder gunstige omstandigheden de besmetting in de bouwvoor met 60-90% reduceren. Dit is echter slechts eens in de vijf jaar toegestaan, milieubelastend en niet toereikend om een besmetting voldoende te saneren zodat zonder risico vermeerderingsmateriaal geteeld kan worden.

Bestaande informatie over de beheersing van wortelknobbelaaltjes wordt gegeven in de brochure "Beheersing wortelknobbelaaltjes" van het Actieplan aaltjesbeheersing, 2011. Samengevat: Met behulp van een goed bouwplan, groenbemesterskeuze (bijvoorbeeld resistente bladrammenas; het effect van de beste van de resistente bladrammenasrassen is vergelijkbaar met zwarte braak), bemonstering en bedrijfshygiëne is het haalbaar om populatiedichtheden van wortelknobbelaaltjes laag te houden en verspreiding te beperken. Echter, praktische maatregelen om een reeds aanwezige besmetting volledig te saneren zijn er tot op heden niet. Zelfs als er slechts enkele individuen overleven, kan dit namelijk in de volgteelt tot grote problemen leiden, omdat deze aaltjes zich zeer snel vermeerderen. Er is dus behoefte aan een duurzame methode om wortelknobbelaaltjes in de bodem uit te roeien. Het is de verwachting dat dit met inundatie mogelijk moet zijn.



## 1.2 Bestaande kennis bij start project

Inundatie is een maatregel die vooral toegepast wordt in de oorspronkelijke bollenteeltgebieden in Noord- en Zuid-Holland. Er is vanuit het oude onderzoek bij LBO/PPO (jaren 80 vorige eeuw) en uit de literatuur veel bekend over het effect van inundatie op diverse voor bloembollen belangrijke nematodensoorten. Tegen veel nematodensoorten werkt het goed (tot 100% bestrijding). Inundatie-onderzoek aan de genoemde wortelknobbelaaltjes heeft echter nauwelijks plaatsgevonden. Onder laboratoriumomstandigheden is bestrijding van *M. hapla* door inundatie vastgesteld. In een laboratoriumproef in weckpotten was 100% van de *M. hapla* dood na 3 weken bij 20°C. Bij 15 °C was na 6 weken 67% van de aaltjes dood en na 18 weken 100%. Tussen 6 en 18 weken werd geen meting verricht (Roosjen en Boerma, 1990). De aanvangsbesmetting in deze proef was echter laag.

In recent PPO-onderzoek (Bestrijding van stengelaaltjes door inundatie, PT nr. 13053) was in één van de geteste gronden in één jaar ook een matige besmetting van wortelknobbelaaltjes aanwezig. Na 10 weken inundatie werd er geen enkel wortelknobbelaaltje aangetroffen in de grondmonsters. Het is belangrijk om dit gegeven nu verder te onderzoeken.

## 1.3 Doelstelling

1. Vaststellen of inundatie perspectief biedt voor de bestrijding van wortelknobbelaaltjes in de bodem.
2. Een indicatie krijgen van de benodigde tijdsduur van inundatie.
3. Bepalen van het effect van inundatie bij lage temperatuur (voor toepassing in winterperiode)

## 1.4 Aanpak

Er is een kasproef uitgevoerd met inundatie van natuurlijk besmette grond in emmers. Er zijn verschillende tijdsduren getest en twee temperatuurregimes.

Hoewel *M. chitwoodi* vooral voorkomt in Noord-Limburg, waar inundatie niet mogelijk is, is er toch voor gekozen om inundatie juist tegen *M. chitwoodi* te testen, omdat:

- de kans aanwezig is dat *M. chitwoodi* in de toekomst ook verspreid wordt (bijvoorbeeld via plantmateriaal) naar de bollenteeltgebieden in het westen van het land
- het een quarantaine-organisme is, waarvoor maatregelen nodig zijn om een besmette bodem volledig te kunnen saneren
- er nog geen informatie bekend is over inundatie tegen *M. chitwoodi*. Over inundatie tegen *M. hapla* was al enige kennis beschikbaar. Deze kan vergeleken worden met de resultaten van dit experiment.
- het de verwachting is dat de verwante *M. hapla* en *M. fallax* ongeveer vergelijkbaar op inundatie zullen reageren
- er een geschikt perceel met *M. chitwoodi* voorhanden was



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Opzet

In 2012 werd een kasproef uitgevoerd, in 4 herhalingen (volledig gewarde proef), met 12 behandelingen (tabel 1). Niet van alle geteste tijdsduren is een controlebehandeling in de proef opgenomen. De reden is dat het aantonen van een effect van inundatie t.o.v. een onbehandelde controle hier niet het doel is. Het gaat er om (bijna) 100% bestrijding te behalen. Het was in deze proef dus zinniger om meer verschillende tijdsduren te testen met wat minder controles dan minder tijdsduren met van elke tijdsduur een controle.

Om de zomerperiode na te bootsen, is gekozen voor een temperatuurregime van dag/nacht: 20°C/16°C. De begeleidingscommissie (Productgroep Dahlia) drong er op aan om ook inundatie bij een lage temperatuur te testen. In de winter is het land vaak langdurig leeg en dan is het voor de telers gemakkelijker om inundatie in te plannen. De langjarige gemiddelde bodemtemperatuur in de winter en het vroege voorjaar in Lisse is 5 °C, daarom is in deze proef voor deze temperatuur gekozen.

Tabel 1 Uitgevoerde behandelingen

behandeling	temperatuur (°C)	Inunderen ja/nee	Duur (weken)
1	20	nee	4
2	20	ja	4
3	20	ja	6
4	20	nee	8
5	20	ja	8
6	20	ja	10
7	20	ja	12
8	20	nee	14
9	20	ja	14
10	5	ja	12
11	5	nee	14
12	5	ja	14

Er is voor gekozen om niet direct na de inundatie aaltjes te tellen in de grond, maar om er een goede waardplant (tomaat 'Moneymaker') dertien weken op te laten groeien. Wanneer er na een bepaalde behandeling slechts enkele aaltjes overleven, is er een risico dat deze met een aaltjestelling in een grondmonster niet opgemerkt worden. Door de teelt van een vatbaar gewas krijgen de overgebleven aaltjes de kans om zich te vermeerderen (circa twee generaties) en neemt de detectiekans zeer sterk toe. De biotoets is dus gevoeliger dan een directe aaltjestelling. Indien er na de teelt van het vatbare gewas geen aaltjes worden gevonden in de wortels, mag worden aangenomen dat er door de behandeling een (bijna) 100% doding is gerealiseerd.

### 2.2 Inzet proef

Eind mei werd dekzandgrond, besmet met *M. chitwoodi*, verzameld op een perceel in Noord-Limburg (Vredepeel) en vervoerd naar Lisse. Bij monsternamen voorafgaand aan de proef (half april 2012) bleek de grond matig tot zwaar besmet met *M. chitwoodi* (250 *M. chitwoodi*/100 ml grond); een goede uitgangssituatie voor deze proef. In deze proef draait het om *M. chitwoodi*, maar de andere voorkomende aaltjes (*Pratylenchus crenatus* en *Tylenchorhynchus*) zijn ook geteld. Op 1 juni werd deze grond voorzichtig gemengd en verdeeld in porties voor de verschillende tijdsduren.

### 2.2.1 Tijdsduur 14 weken

Op 1 juni werden zestien emmers gevuld, elk met 8 liter van deze grond. Hierbij werd steeds in elke emmer een schep grond gedaan en dan in elke emmer een volgende schep etc. Om de uitgangssituatie aan aaltjes te bepalen, werd een monster genomen door tijdens het vullen van de emmers af en toe een klein beetje grond in een plastic zakje te doen. Deze monsters waren 400 à 500 g en hiervan werd 100 ml opgespoeld met een Oostenbrink trechter. De spoelfractie stond twee dagen op een wattenfilter en de incubatiefraction werd vier weken geïncubeerd. Hierin werden alle plantparasitaire aaltjes geteld.

De acht emmers, bestemd voor de behandeling van 14 weken inundatie, werden gevuld met water, zodanig dat de grond 5 cm onder water stond. Het vullen gebeurde beetje bij beetje, zodat het water langzaam naar de bodem zakte en de lucht, die in de grond zat, kon ontsnappen. Vier geïnundeerde emmers en vier emmers met grond, maar zonder water, werden weggezet in een quarantainekas met de instellingen: 20°C/16°C (dag/nacht). De werkelijk gemeten temperaturen waren behoorlijk constant en bleken in deze periode overdag ongeveer 23 °C te zijn en 's nachts ongeveer 20 °C. De grond in de onbehandelde emmers werd licht vochtig gehouden. Ook werden vier wel en vier niet geïnundeerde emmers in de koelcel (5°C) gezet. Over alle emmers werd een dichte plastic zak (één zak over vier emmers heen) heengetrokken tot op de grond. De porties grond bestemd voor de overige behandelingen werden in dichte plastic zakken in kratten in de koelcel bij 5°C bewaard. De ervaring is namelijk dat bewaring van enkele maanden bij 5 °C geen effect heeft op de aanwezigheid besmetting.

### 2.2.2 Tijdsduur 12 weken en korter

Op 15 juni werd de inundatie van 12 weken ingezet. Er werden acht emmers op dezelfde manier gevuld en onder water gezet als bij de behandeling van 14 weken inundatie. Ook werd op dezelfde manier een grondmonster genomen voor aaltjesanalyse. Vier van deze emmers werden in de kas erbij gezet en vier emmers werden in de koelcel gezet. Het inzetten van de proef ging op deze manier door, tot na tien weken alle behandelingen waren ingezet.

## 2.3 Beëindiging inundatie

Op 3 september, 14 weken na de start van de inundatie in de eerste emmers (1 juni 2012), werd de inundatie in alle emmers gestopt door onderaan aan de zijkant van de emmers vier gaten te boren en het water eruit te laten lopen (figuur 3). Dit gebeurde in een ruimte waar met Q-organismen gewerkt mag worden. Dit water werd in een emmer opgevangen per behandeling (dus de vier herhalingen bij elkaar). De inhoud van de emmer werd geroerd en na even bezinken over drie zeven (1 x 75u en 2 x 45 u) gegoten. Het materiaal (inclusief aaltjes) dat op een zeef achterbleef, is gedurende vier weken op een filter gezet om de aaltjes te lokken. Daarna werd het aantal nog levende aaltjes geteld.



Figuur 3. De emmers met grond, na beëindiging van de inundatie

## 2.4 Nateelt tomaat

De potten bleven enkele dagen staan om uit te lekken. Op 6 september werd de grond voorzichtig losgewoeld met een lepel en werden de emmers in de kas teruggezet (opnieuw geward). De niet-geïnundeerde emmers kregen een liter water. Op dezelfde dag werd in elke emmer één tomatenplantje (cv Moneymaker, zaai: 23juli) gepoot. Deze planten groeiden hier dertien weken op (instelling kas: 20°C/16°C (dag/nacht) en een daglengte van 14 uur) (figuur 4). De gemeten temperaturen waren tot half september 23°C/20°C (dag/nacht) en daarna liep dit terug naar 22°C/17°C. Twee à drie maal per week kregen de planten water, waarvan eenmaal met voeding (Kristalon). Op 24 en 26 oktober werden de langste planten getopt en enkele dagen later gebeurde dit ook met de andere planten. Regelmatig werden de dieven eruit geknipt.



Figuur 4 De nateelt van indicatorplant tomaat

## 2.5 Eindwaarneming

De planten kregen de dag voor de oogst voor het laatst water. Bij de oogst op 6 december werden de wortels goed schoon gespoeld. Het hele wortelstelsel van elke plant werd vier weken in de mistkamer gelegd voor aaltjesextractie. Elke aaltjessuspensie werd in een telbakje gedaan en er werd een inschatting gemaakt of het onverdund te tellen was (tot aantallen aaltjes van ongeveer 500) of niet. Zo ja, dan werd het geteld. Zo nee, dan werd een schatting gemaakt van het aantal aaltjes in het bakje. Omdat in dit geval het doel is om dicht bij de 100% bestrijding te komen, was het voor dit onderzoek niet relevant om de hoge aantallen exact te bepalen.

Er werden geen grondmonsters genomen. De kans op het vinden van *M. chitwoodi* na deze biotoets is namelijk het grootst in de wortels, want in wortels van een vatbaar gewas lopen de aantallen hoger op dan in de bodem.

De behandelingen waarin geen aaltjes werden aangetroffen in de tomatenwortels en waarbij geen levende aaltjes werden aangetroffen in het afgevoerde inundatiewater, hebben dus voldaan aan de benodigde 100% bestrijding.

Doelaaltje in deze proef was *M. chitwoodi*. Toch is ook naar het effect van inundatie op *Pratylenchus crenatus* gekeken, die ook in de grond aanwezig was bij de start van de proef. Wanneer in de praktijk een perceel geïnundeerd wordt om een ander quarantaine-aaltje *Ditylenchus dipsaci* (stengelaaltje) te bestrijden, wordt door de NWWA namelijk achteraf ook gecontroleerd op indicatoraaltjes om de inundatie al dan niet goed te keuren. *Pratylenchus* spp. is een van de indicatoraaltjes.

*Tylenchorhynchus* spp. was ook aanwezig in de grond, maar omdat dit vrijlevende aaltje niet in wortels voorkomt (ecto parasitaire aaltjessoort, gaat niet de wortels in), paste het niet in deze proefopzet om ook naar het effect van inundatie op dit aaltje te kijken.

## 2.6 Gegevensverwerking

De statistische analyse werd uitgevoerd door Biometris van WUR. De resultaten pasten het beste in een negatief binomiale verdeling. Daarom werd de statistische analyse uitgevoerd met een Generalised Linear Model (GLM) op basis van een negatief-binomiale verdeling.

## 3 Resultaten

### 3.1 Beginbesmetting grond

Het aantal plantparasitaire aaltjes aangetroffen in de grond direct voorafgaand aan het inzetten van de behandelingen, is te zien in Bijlage 1. Er was op dat moment een lichte besmetting met het doelaaltje *Meloidogyne chitwoodi* aanwezig. *Pratylenchus crenatus* was aanwezig in hogere aantallen.

### 3.2 Aaltjes in inundatiewater bij einde inundatie

Het aantal plantparasitaire aaltjes dat bij beëindiging van de inundatie werd aangetroffen in het afgetapte inundatiewater, staat weergegeven in tabel 2. Bij een inundatieduur van 8, 10, 12 of 14 weken bij 20°C werden geen plantparasitaire aaltjes aangetroffen in het inundatiewater. Er werden wel enkele aaltjes aangetroffen na een inundatie van 4 of 6 weken. Na inundatie van 12 of 14 weken bij 5°C werden nog vrij veel plantparasitaire aaltjes gevonden in het inundatiewater. Saprofytische aaltjes zijn niet geteld, maar bij de behandelingen waar geen plantparasitaire aaltjes gevonden werden, werden ook weinig saprofytische aaltjes aangetroffen.

Tabel 2 Het aantal plantparasitaire aaltjes dat werd aangetroffen in de totale hoeveelheid afgetapt water per behandeling (er was ongeveer 3 tot 6 liter aftapwater per behandeling).

Behandeling	inundatie	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>
2	4 wk bij 20°C	11	10
3	6 wk bij 20°C	10	7
5	8 wk bij 20°C	0	0
6	10 wk bij 20°C	0	0
7	12 wk bij 20°C	0	0
9	14 wk bij 20°C	0	0
10	12 wk bij 5°C	121	218
12	14 wk bij 5°C	156	266

### 3.3 Eindwaarneming

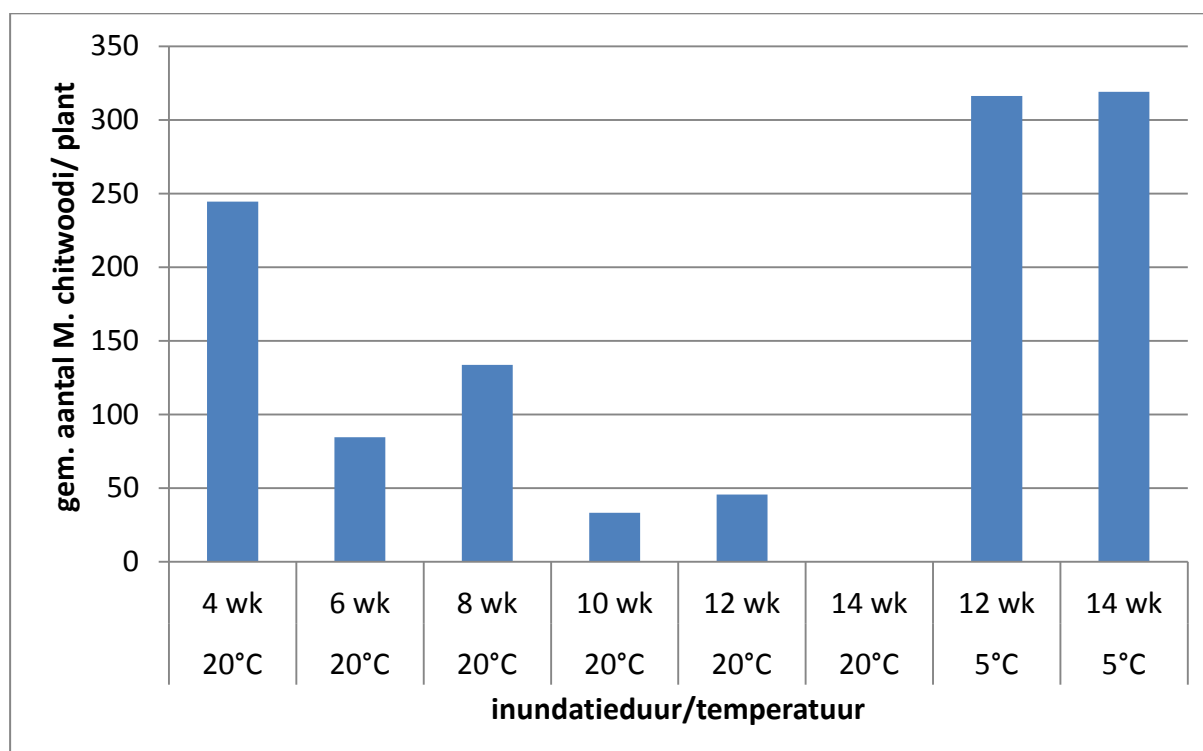
Bijlage 2 toont de ruwe data van de aaltjestellingen in de tomatenwortels.

#### 3.3.1 Wortelknobbelaaltjes

Bij alle inundatiebehandelingen werden er significant minder *M. chitwoodi* teruggevonden in de tomatenwortels dan bij alle controles. Bij een inundatie van 14 weken bij 20°C werden significant minder wortelknobbelaaltjes teruggevonden dan bij alle andere behandelingen (tabel 3, figuur 5), namelijk 0 (in alle herhalingen, zie bijlage 2). De andere inundatiebehandelingen verschillen niet significant van elkaar (tabel 3). In Bijlage 2 is te zien dat bij 10 en 12 weken inundatie bij 20°C in drie herhalingen geen *M. chitwoodi* werd gevonden en in één herhaling wel. Een temperatuurvergelijking kan worden gemaakt: 14 weken inundatie van 5°C werden significant meer wortelknobbelaaltjes gevonden dan bij 14 weken inundatie bij 20°C (tabel 3 en figuur 5).

Tabel 3 Gemiddeld aantal *M. chitwoodi* per plant (geheel wortelstelsel) per behandeling. Statistische groep: wanneer de letters tussen twee behandelingen verschillen, zijn de resultaten significant verschillend van elkaar (GLM met negatief binomiale verdeling).

behandeling	temperatuur (°C)	Inunderen ja/nee	Duur (weken)	gem. aantal <i>M. chitwoodi</i>	statistische groep
1	20*	nee	4	9225	....e
2	20	ja	4	244	.bc..
3	20	ja	6	84	.b...
4	20	nee	8	3750	...de
5	20	ja	8	134	.b...
6	20	ja	10	33	.b...
7	20	ja	12	46	.b...
8	20	nee	14	2586	..cde
9	20	ja	14	0	a....
10	5	ja	12	316	.bcd.
11	5	nee	14	33480	....e
12	5	ja	14	319	.bcd.



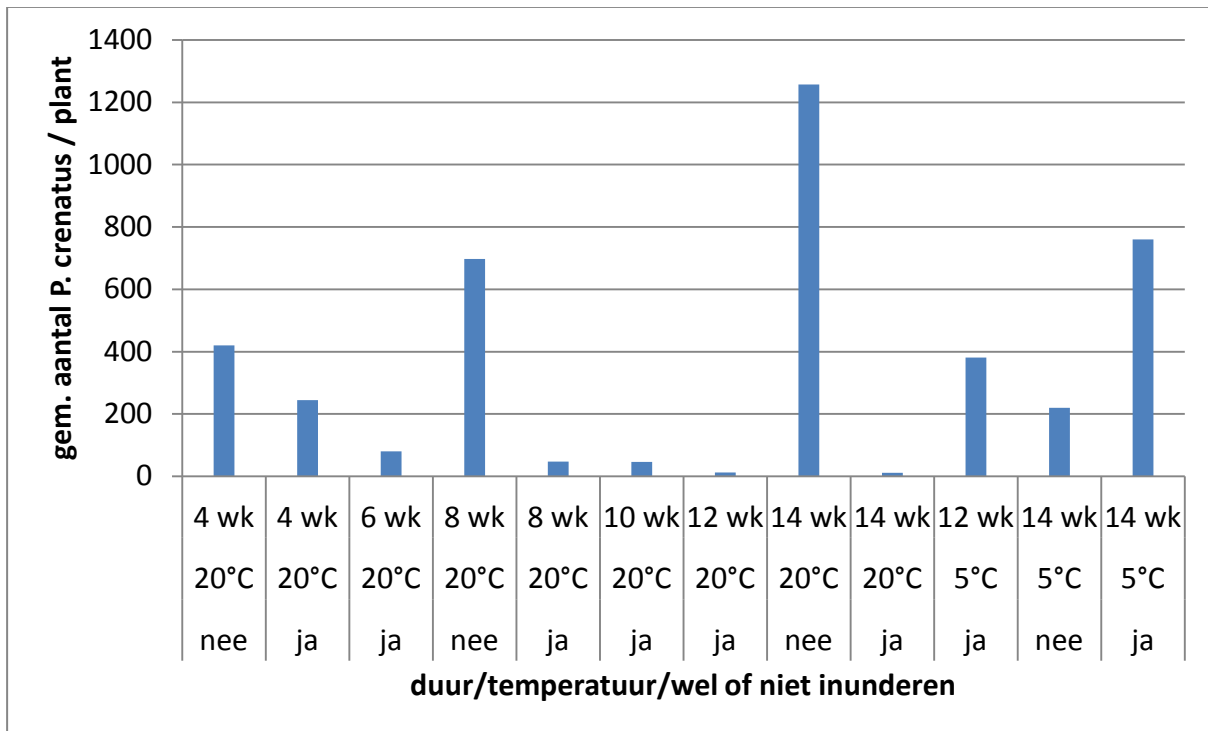
Figuur 5 Gemiddeld aantal *M. chitwoodi* in de wortels van 1 plant, na inundatie en tomatenteelt van 13 weken (indicatorplant). Resultaten onbehandelde controles niet weergegeven.

### 3.3.2 Indicatoraaltjes

Bij geen van de behandelingen werd 100% bestrijding van *Pratylenchus crenatus* gehaald. Het minste aantal *P. crenatus* werd aangetroffen in de tomatenwortels bij 12 (12 aaltjes) en 14 weken (11 aaltjes) inunderen bij 20°C. Deze behandelingen verschilden onderling niet. 4 Weken inunderen bij 20°C of 14 weken inunderen bij 5°C verlaagde het aantal *P. crenatus* niet, t.o.v. de bijbehorende onbehandelde controles



(Bijlage 3 en figuur 6). De andere behandelingen hadden wel een significant verlagend effect. De aantallen *P. crenatus* in de onbehandelde controles liepen duidelijk minder ver op dan bij *M. chitwoodi*.



Figuur 6 Gemiddeld aantal *Pratylenchus crenatus* in de wortels van 1 plant, na inundatie en tomatenteelt van 13 weken (indicatorplant)



## 4 Discussie

Hoewel de besmetting van de grond met *M. chitwoodi* half april in het perceel matig/zwaar was, was de besmetting op het moment van inzetten van de behandelingen laag, vooral bij de behandelingen/onbehandelde controles met een tijdsduur van 14 weken. Waarschijnlijk komt dit door de natuurlijke sterfte (half april tot moment waarop de veldgrond verzameld is, eind mei), want het aantal wortelknobbelaaltjes neemt snel af wanneer er geen waardplant aanwezig is. Juist 14 weken inundatie bij 20°C is op het eerste gezicht de meest perspectiefvolle behandeling (geen wortelknobbelaaltjes in de wortels en in het inundatiewater gevonden). Bij de onbehandelde controles van 14 weken en inundatie van 14 weken bij 5°C was het aantal wortelknobbelaaltjes toch flink opgelopen. Het is dus aannemelijk dat het feit dat er geen wortelknobbelaaltjes werden aangetroffen na 14 weken inundatie bij 20°C en nateelt van tomaat, kan worden toegeschreven aan deze behandeling en niet aan de lage begindichtheid. Toch is het wel wenselijk om in vervolgonderzoek te testen of ook bij hogere begindichtheden een goede werking wordt behaald. Omdat bij een inundatieduur van 14 weken bij 20°C geen *M. chitwoodi* werden teruggevonden en bij 10 en 12 weken inundatie bij 20°C er slechts in één van de vier herhalingen *M. chitwoodi* in de wortels werd gevonden, is dit een perspectiefvolle methode om wortelknobbelaaltjes te bestrijden. Er is nog wel verder onderzoek onder buitenomstandigheden nodig, om o.a. de minimale tijdsduur vast te stellen.

In de proef in weckpotten van Roosjen en Boerma (1990) was 100% van de verwante *M. hapla* dood na 3 weken bij 20°C. Bij 15 °C was na 6 weken 67% van de aaltjes dood en na 18 weken 100%.

In het onderzoek van Vreeburg en Korsuize (2011) werd er na 10 weken inundatie geen enkel wortelknobbelaaltje meer aangetroffen in de grondmonsters. In beide onderzoeken werden echter aaltjes geteld in de grond, direct na inundatie. In de huidige proef was pas na 14 weken inundatie bij 20°C 100% bestrijding behaald. In deze proef is echter een strengere methode gebruikt dan gebruikelijk, door de aaltjes te tellen in de wortels van de goede waard tomaat (die na de inundatie 13 weken (is circa twee generaties) op de grond is geteeld). De resultaten kunnen dus niet goed met elkaar worden vergeleken. Het is de vraag of de kleine aantallen aaltjes na 10 en 12 weken inunderen gevonden zouden zijn als er geen goede waardplant gedurende 13 weken op had gestaan.

Bij inundatie bij 5°C (van 12 of 14 weken) werd ongeveer 99% minder *M. chitwoodi* teruggevonden in de wortels dan bij de onbehandelde controle bij 5°C. Toch werden er nog ruim 300 *M. chitwoodi* per wortelstelsel van tomaat aangetroffen. Om een perceel besmet met een quarantaine-organisme schoon te krijgen, mogen er geen aaltjes teruggevonden worden na de inundatie, dus inundatie van 14 weken bij 5°C werkte niet goed genoeg. Telers zouden graag hun land in de winter onder water zetten in plaats van in de zomer, omdat het niet ten koste gaat van een teelt en het land gedurende een lange tijd onder water gezet kan worden. Wanneer het niet om een quarantaine-organisme gaat, kan winterinundatie wellicht interessant zijn. Om een perceel vrij te krijgen van een quarantaine-aaltje lijkt inundatie van 14 weken in de winter niet voldoende te werken. Het is ook de vraag of een langere inundatie in de winter wel voldoende zou werken, want Roosjen en Boerma vonden na 18 weken inundatie bij 5°C een bestrijding van 93% van het verwante noordelijk wortelknobbelaaltje *M. hapla*. Al met al lijkt inundatie tijdens de winterperiode niet perspectiefvol.

Het effect van de inundatie op het indicatoraaltje *Pratylenchus crenatus* is wat betreft het inundatiewater gelijk aan dat op *M. chitwoodi*: na inundatie van 8, 10, 12 of 14 weken bij 20°C werden deze aaltjes niet teruggevonden in het inundatiewater. Bij de overige behandelingen wel.

*P. crenatus* wordt bij alle behandelingen in de tomatenwortels aangetroffen. Bij 12 of 14 weken inundatie bij 20°C waren deze aantallen het laagst, resp. gemiddeld 12 en 11 aaltjes per wortelstelsel. De bestrijding was dus nergens 100% en zou dus worden afgekeurd door de NWWA. In dit onderzoek werd echter de lat hoger gelegd, door pas te bemonsteren na nateelt van de waardplant tomaat.

In onderzoek, meer conform de praktijk, van Vreeburg en Korsuize (2011) werd in meerdere inundatieproeven na 12 weken inundatie in inundatiebakken buiten geen *Pratylenchus* spp. meer teruggevonden (bodemtemp gemiddeld 16 à 17 °C) in de grond.

In het afgevoerde inundatiewater, waarin geen *M. chitwoodi* en *P. crenatus* werd aangetroffen, werden ook nauwelijks saprofytische aaltjes aangetroffen. Dit komt overeen met de resultaten van Vreeburg en Korsuize (2011). Inundatie doodt dus ook gunstig bodemleven. Hoe groot dat effect is, kan uit dit onderzoek niet worden afgeleid.

## 5 Conclusie

- Inundatie biedt perspectief om wortelknobbelaaltjes in de bodem te bestrijden
- Een indicatie voor de benodigde inundatieduur is ongeveer 14 weken in de zomerperiode
- Inundatie van 14 weken bij 20°C was in deze proef niet voldoende om het indicatoraaltjes *Pratylenchus crenatus* volledig te bestrijden. Enkele *P. crenatus* werden nog aangetoond
- Inundatie tijdens de winterperiode lijkt niet perspectiefvol
- Inundatie doodt ook gunstig bodemleven. Hoe groot dat effect is, kan uit dit onderzoek niet worden afgeleid.

## 6 Aanbevelingen

- Inundatieonderzoek uitvoeren onder buitenomstandigheden (inundatiebakken) in de zomerperiode, bij hogere begindichtheden. Hierbij zou inundatie tegen zowel *M. chitwoodi* als *M. hapla* en eventueel aanwezige indicatoraaltjes moeten worden getest bij enkele verschillende tijdsduren, die rond de 14 weken liggen. De proeven zouden meerdere jaren achter elkaar moeten worden uitgevoerd, omdat er grote weersverschillen tussen jaren kunnen optreden.
- Bij de eindwaarneming ook grondmonsters nemen, zodat ook het effect van inundatie op eventueel aanwezige andere indicatoraaltjes en saprofytische aaltjes kan worden bepaald.
- Daarna zouden op een perceel met wortelknobbelaaltjes bij een teler voorafgaand en na inundatie grondmonsters moeten worden geanalyseerd, om te kijken hoe het onder praktijkomstandigheden werkt (figuur 7).



Figuur 7 Inundatie tegen andere aaltjes in de praktijk



## 7 Bronnen

Roosjen, Js. & Boerma, M. (1990), Effecten van inundatie op de populatie van de nematoden *Globodera pallida*, *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus* spp. en de schimmels *Rhizoctonia solani* en *Sclerotinia sclerotiorum*.

Runia, W, Molendijk, L, Ludeking, D. en Schomaker, C. (2011). Doorontwikkelen biologische grondontsmetting (BGO), Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollgerondsgroente, Lelystad, en Wageningen UR Glastuinbouw Bleiswijk, 78 p.

Vreeburg, P. & Korsuize, A. (2011) Bestrijding van stengelaaltjes door inundatie. Invloed van de duur van inundatie op bestrijding van stengelaaltjes en indicatoraaltjes in de bodem. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit. Lisse, 30 p.





## Bijlage 1 Aantal aaltjes bij begin proef

Aantal plantparasitaire aaltjes per 100 ml grond, bij de start van de behandelingen en onbehandelde controles. Monsters in enkelvoud. Melo = *M. chitwoodi*, Pra = *P. crenatus*. Er is weergegeven bij welke behandelingen/onbehandelde controles de monsters horen (zie nummers behandelingen in tabel 1). Spoelfractie = aaltjes die los in de grond aanwezig waren; incubatiefraction = aaltjes die aanwezig waren in organisch materiaal zoals wortelresten.

duur behandeling	hoort bij behandeling	spoelfractie		incubatiefraction		totaal	
		Melo	Pra	Melo	Pra	Melo	Pra
4 weken	1 en 2	23	130	2	24	25	154
6 weken	3	8	87	10	59	18	146
8 weken	4 en 5	30	59	0	23	30	82
10 weken	6	18	81	4	20	22	101
12 weken	7 en 12	7	32	4	23	11	55
14 weken	8, 9, 10, 11	6	34	0	1	6	35



## Bijlage 2 Ruwe data aantal aaltjes bij einde proef

Aantal aaltjes per plant (geheel wortelstelsel) van tomaat

Behandeling	Temperatuur (°C)	Inunderen ja/nee	Duur (weken)	Herhaling	<i>M. chitwoodi</i>	<i>P. crenatus</i>
1	20	nee	4	A	15000	225
1	20	nee	4	B	5640	135
1	20	nee	4	C	2760	240
1	20	nee	4	D	13500	1080
2	20	ja	4	A	14	111
2	20	ja	4	B	398	165
2	20	ja	4	C	81	393
2	20	ja	4	D	485	309
3	20	ja	6	A	45	65
3	20	ja	6	B	7	48
3	20	ja	6	C	122	49
3	20	ja	6	D	164	160
4	20	nee	8	A	1350	510
4	20	nee	8	B	3570	540
4	20	nee	8	C	7440	780
4	20	nee	8	D	2640	960
5	20	ja	8	A	0	53
5	20	ja	8	B	154	38
5	20	ja	8	C	69	40
5	20	ja	8	D	312	59
6	20	ja	10	A	133	72
6	20	ja	10	B	0	25
6	20	ja	10	C	0	8
6	20	ja	10	D	0	79
7	20	ja	12	A	0	5
7	20	ja	12	B	183	9
7	20	ja	12	C	0	10
7	20	ja	12	D	0	25
8	20	nee	14	A	6720	2460
8	20	nee	14	B	684	948
8	20	nee	14	C	1980	1080
8	20	nee	14	D	960	540
9	20	ja	14	A	0	9
9	20	ja	14	B	0	6
9	20	ja	14	C	0	23
9	20	ja	14	D	0	7

Zie ook volgende pagina

## Vervolg Bijlage 2

Behandeling	Temperatuur (°C)	Inunderen ja/nee	Duur (weken)	Herhaling	<i>M. chitwoodi</i>	<i>P. crenatus</i>
10	5	ja	12	A	920	680
10	5	ja	12	B	98	347
10	5	ja	12	C	231	302
10	5	ja	12	D	16	193
11	5	nee	14	A	24000	220
11	5	nee	14	B	5520	180
11	5	nee	14	C	86400	300
11	5	nee	14	D	18000	180
12	5	ja	14	A	34	90
12	5	ja	14	B	128	482
12	5	ja	14	C	840	1995
12	5	ja	14	D	274	471

## Bijlage 3 Gemiddeld aantal indicatoraaltjes bij einde proef

Gemiddeld aantal *Pratylenchus crenatus* per plant (geheel wortelstelsel) per behandeling. Statistische groep: wanneer de letters tussen twee behandelingen verschillen, zijn de resultaten significant verschillend van elkaar (GLM op basis van negatief binomiale verdeling).

behandeling	temperatuur (°C)	Inunderen ja/nee	Duur (weken)	gem. aantal <i>P. crenatus</i>	statistische groep
1	20*	nee	4	420	...de.
2	20	ja	4	244.5	...d..
3	20	ja	6	80.5	.bc...
4	20	nee	8	697.5	....ef
5	20	ja	8	47.5	.b....
6	20	ja	10	46.0	.b....
7	20	ja	12	12.3	a.....
8	20	nee	14	1257.0	.....f
9	20	ja	14	11.3	a.....
10	5	ja	12	380.5	...de.
11	5	nee	14	220.0	..cd..
12	5	ja	14	759.6	....ef