



Effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne fallax*

Resultaten bakkenproef inundatie 2022

Auteurs | J.H.M. Visser & L.P.G. Molendijk

WPR-OT 1051



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne fallax*

Resultaten bakkenproef inundatie 2022

Auteurs; J.H.M. Visser & L.P.G. Molendijk

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van BO Akkerbouw uitgevoerd in het kader van Plan van Aanpak Meloidogyne/fallax door de Stichting Wageningen Research (WR)

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, oktober 2023



Rapport WPR-OT-1051

J. Visser & L. Molendijk, 2023. *Effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne fallax*; Resultaten bakenproef inundatie*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1051

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/641705>

Trefwoorden: inundatie, wortelknobbelaaltjes, *Meloidogyne fallax*, bestrijding, bakkenproef

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0317 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-OT-1051

Foto omslag: Inundatie praktijkperceel en inundatie-onderzoek in bakken

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Woord vooraf | 4 |
| Samenvatting | 5 |
| 1 Inleiding | 6 |
| 1.1 Aanleiding | 6 |
| 1.2 Doelstelling | 6 |
| 2 Opzet en Uitvoering | 7 |
| 2.1 Bakkenproef inundatie | 7 |
| 2.2 Analyses | 9 |
| 2.2.1 Grondmonsters | 9 |
| 2.2.2 Cystenzakjes (kunstmatige besmetting met cysteaaltjes) | 9 |
| 2.3 Biotoets met tomaat | 9 |
| 2.4 Statistische analyse | 10 |
| 3 Resultaten en Discussie | 11 |
| 3.1 Effect inundatie op aardappel- en bietencysteaaltjes | 11 |
| 3.2 Effect inundatie op de kunstmatige besmetting van <i>M. fallax</i> en <i>M. chitwoodi</i> | 12 |
| 3.3 Effect inundatie op de natuurlijke besmetting van <i>M. fallax</i> | 12 |
| 4 Conclusie | 14 |
| Literatuur | 15 |

Woord vooraf

Voor u ligt de rapportage van het onderzoek naar de effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van *Meloidogyne fallax* (WUR-OT project 3750447200) dat in opdracht van het Plan van Aanpak Meloidogyne is uitgevoerd. Het project is gefinancierd door de BO Akkerbouw (<https://www.bo-akkerbouw.nl/kennis-en-innovatie/plan-van-aanpak-meloidogyne>). Aanleiding voor dit onderzoek zijn meldingen vanuit de praktijk dat het bedrieglijk wortelknobbelaaltje *Meloidogyne fallax* niet goed met inundatie te bestrijden zou zijn. Uit onderzoek is gebleken dat de verwante soort *M. chitwoodi* zeer goed met inundatie kan worden bestreden. Een bakkenproef is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het effect van inundatie op een *M. fallax* besmetting.

Samenvatting

Het maiswortelknobbelaaltjes *Meloidogyne chitwoodi* en het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *M. fallax* zijn aaltjessoorten die wijd verspreid binnen Nederland voorkomen en aanzienlijke schade kunnen veroorzaken in diverse akkerbouwgewassen en andere vollegrondsteelten. Mogelijkheden om besmettingen met deze aaltjessoorten te beheersen zijn beperkt. *M. chitwoodi* en *M. fallax* zijn quarantaine aaltjes, wat betekent dat vermeerderingsmateriaal zoals aardappelpootgoed vrij moet zijn van deze aaltjessoorten. Al bij een zeer lage veldbesmetting kan het vermeerderingsmateriaal besmet raken. Vermeerderingsmateriaal dient daarom geteeld te worden op percelen die vrij zijn van *M. chitwoodi* en *M. fallax*.

Inundatie, het langdurig onder water zetten van een perceel, is een zeer effectieve methode om een groot aantal bodempathogenen waaronder nematoden te bestrijden. Uit onderzoek dat WUR | OpenTeelten de afgelopen jaren heeft uitgevoerd (onder laboratoriumomstandigheden en op praktijkpercelen) blijkt dat inundatie ook zeer effectief is voor de bestrijding van *M. chitwoodi*. Metingen op praktijkpercelen hebben bevestigd dat met een goed uitgevoerde inundatie (minimaal 12 weken bij >16°C) een *M. chitwoodi*-besmetting volledig kan worden gesaneerd. Het is niet duidelijk of ook *M. fallax* met inundatie goed te bestrijden is.

In opdracht van BO Akkerbouw is nu onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het effect van inundatie op een *M. fallax* besmetting.

De effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van *M. fallax* is onderzocht in een bakkenproef onder geconditioneerde omstandigheden; bij een continue temperatuur van 18°C en een inundatie-duur van 14 weken. De proef is uitgevoerd met een zandgrond (Dronten) en een dalgrond (Valthermond), beide met een natuurlijke *M. fallax*-besmetting. Om met meer nauwkeurigheid het effect van de inundatie vast te kunnen stellen, is er naast de natuurlijke besmetting ook een kunstmatige besmetting (inoculumzakjes) met *M. fallax* en de referenties *M. chitwoodi*, aardappelvulteaaltje (*Globodera pallida*) - en bietencysteaaaltjes (*Heterodera schachtii*) aangebracht.

Na 14 weken inundatie bij continu 18°C werd het water afgelaten, de grond terug gedroogd tot veldcapaciteit en werden er (grond) monsters genomen voor het bepalen van de eindbesmetting.

In zowel de bulkgrond (natuurlijke besmetting) als in de inoculumzakjes werd geen *M. fallax*-besmetting meer gevonden. Ook de doding van *M. chitwoodi* en die van de aardappelvulteaaltjes was zeer sterk. Zoals verwacht had een deel van de bietencysteaaaltjes de inundatie overleefd.

Om eventuele besmettingen die onder de detectiegrens liggen toch waar te kunnen nemen, is met het restant van de geïnundeerde grond een biotoets met tomaat uitgevoerd. Door het telen van het voor *M. fallax* en *M. chitwoodi* goede waardgewas tomaat op de geïnundeerde grond zal een mogelijke (niet detecteerbare) rest-besmetting zich op de tomaat vermeerderen en weer toenemen tot een aantoonbare besmetting.

Ook in deze biotoets werd in de gronden die waren geïnundeerd geen besmetting met *M. fallax* of *M. chitwoodi* meer aangetoond. De resultaten van dit onderzoek maken het zeer aannemelijk dat met inundatie ook *M. fallax* goed te bestrijden is. Aanvullende metingen op praktijkpercelen zijn gewenst om deze conclusie verder te onderbouwen en het definitieve bewijs te leveren.

1 Inleiding

Het maiswortelknobbelaaltjes *Meloidogyne chitwoodi* en het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *M. fallax* zijn aaltjessoorten die wijd verspreid binnen Nederland voorkomen en aanzienlijke schade kunnen veroorzaken in diverse akkerbouwgewassen en andere vollegrondsteelten. Mogelijkheden om besmettingen met deze aaltjessoorten te beheersen zijn beperkt. Beheersing/bestrijding met chemische middelen (nematiciden) wordt steeds lastiger vanwege verscherpte regelgeving en beschikbaarheid van middelen. Het verminderen van de afhankelijkheid van deze middelen is daarnaast ook vanuit maatschappelijk en milieuoogpunt gewenst.

M. chitwoodi en *M. fallax* zijn quarantaine aaltjes, wat betekent dat vermeerderingsmateriaal zoals aardappelpootgoed vrij moet zijn van deze aaltjessoorten. Al bij een zeer lage veldbesmetting kan het vermeerderingsmateriaal besmet raken. Vermeerderingsmateriaal dient daarom geteeld te worden op percelen die vrij zijn van *M. chitwoodi* en *M. fallax*. Inundatie blijkt een perspectievolle methode om een besmetting met *M. chitwoodi* volledig te saneren.

1.1 Aanleiding

Inundatie, het langdurig onder water zetten van een perceel, is een zeer effectieve methode om een groot aantal bodempathogenen waaronder nematoden te bestrijden. Deze methode wordt in de bollenteelt al vele jaren ingezet onder andere ter bestrijding van het stengelaaltje *Ditylenchus dipsaci* (Vreeburg, 2011).

Uit onderzoek dat WUR | OpenTeelten de afgelopen jaren heeft uitgevoerd (onder laboratorium-omstandigheden en op praktijkpercelen) blijkt dat inundatie ook zeer effectief is voor de bestrijding van *M. chitwoodi*. Metingen op praktijkpercelen hebben bevestigd dat met een goed uitgevoerde inundatie (minimaal 12 weken bij >16°C) een *M. chitwoodi*-besmetting volledig kan worden gesaneerd (Visser, 2021).

De techniek wordt inmiddels grootschalig met succes ingezet. Echter, niet alle wortelknobbelaaltjessoorten zijn met inundatie te bestrijden. Bekend is dat het graswortelknobbelaaltje *M. naasi* een inundatie overleeft. Uit de praktijk komen er ook meldingen dat *M. fallax* niet goed met inundatie te bestrijden zou zijn.

De meeste bronnen achter deze veronderstelling zijn niet bekend. Eén concreet voorval is bekend waarbij, na inundatie en een volgteelt suikerbiet (goede waard voor *M. fallax*), een hoge besmetting *M. fallax* werd vastgesteld. Een kanttekening is dat deze inundatie vrij laat in het jaar was gestart. Het tegenvallende resultaat zou hier ook aan het tijdstip van de uitvoering met als gevolg te lage temperatuur kunnen worden geweten. Betrouwbare onderzoeksresultaten met betrekking tot de effectiviteit van inundatie tegen *M. fallax* ontbreken. Het is dan ook niet mogelijk om een uitspraak te doen of inundatie deze *Meloidogyne*-soort volledig bestrijdt.

M. fallax lijkt op steeds meer percelen problemen te veroorzaken in zowel consumptie- als pootgoedteelt. Het is van belang om te weten of inundatie een zinvolle investering is voor de bestrijding van deze soort.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om middels een bakkenproef de effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van het quarantaine aaltje *M. fallax* vast te stellen. De resultaten zullen worden opgenomen in het beslissingsondersteunende programma Gezondgewastool www.gezondgewastool.nl.

Bij effectieve bestrijding van *M. fallax* (en *M. chitwoodi*) met inundatie wordt veel areaal weer geschikt voor zowel pootaardappel als voor ander uitgangsmateriaal zoals bloembollen en vaste planten. Daarnaast is dan het risico voor schade aan andere gevoelige gewassen zoals peen en schorseneren geweken. Internationaal wordt onze positie als exporteur van landbouwproducten versterkt als wij percelen vrij kunnen maken en houden van dit quarantaine-organisme.

2 Opzet en Uitvoering

2.1 Bakkenproef inundatie

De effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van *M. fallax* is onderzocht in een bakkenproef onder geconditioneerde omstandigheden, bij een continue temperatuur van 18°C en met een inundatie-duur van 14 weken. De proef is uitgevoerd met twee grondsoorten, beide met een natuurlijke *M. fallax*-besmetting. De ene grond was een (lichte) zandgrond van een perceel te Dronten met een pH van 6,9, een organisch stofgehalte van 2,6% en een percentage afslibbaar van 6,2%. De andere grond was een dalgrond van een perceel in Valthermond met een pH van 5,2, een organisch stofgehalte van 7,6% en een percentage afslibbaar van 3,4%. Bakken met een inhoud van 42 L en hoogte van 50 cm zijn gevuld met circa 30 L grond, tot 15 cm onder de rand van de bak en afgevuld met water tot enkele cm onder de rand. Als controle om de natuurlijke sterfte te bepalen, zijn bakken met grond onder dezelfde condities bewaard zonder deze te inunderen. De proef is ingezet met vijf herhalingen.

Voor en na de inundatie is de (natuurlijke) *M. fallax*-besmetting bepaald. Na het vullen van de bakken met de grond van de praktijkpercelen en 14 weken na het afdalen van het water, is per bak een grondmonster gestoken om de nematodenbesmetting vast te stellen. Verspreid over de oppervlakte van de bak is met een 12 mm boor circa 1L grond verzameld. Per bak zijn 30 steken genomen, tot op de bodem van de bak. In een submonster van 100 mL grond is de aaltjesbesmetting bepaald (zie 2.2.1).

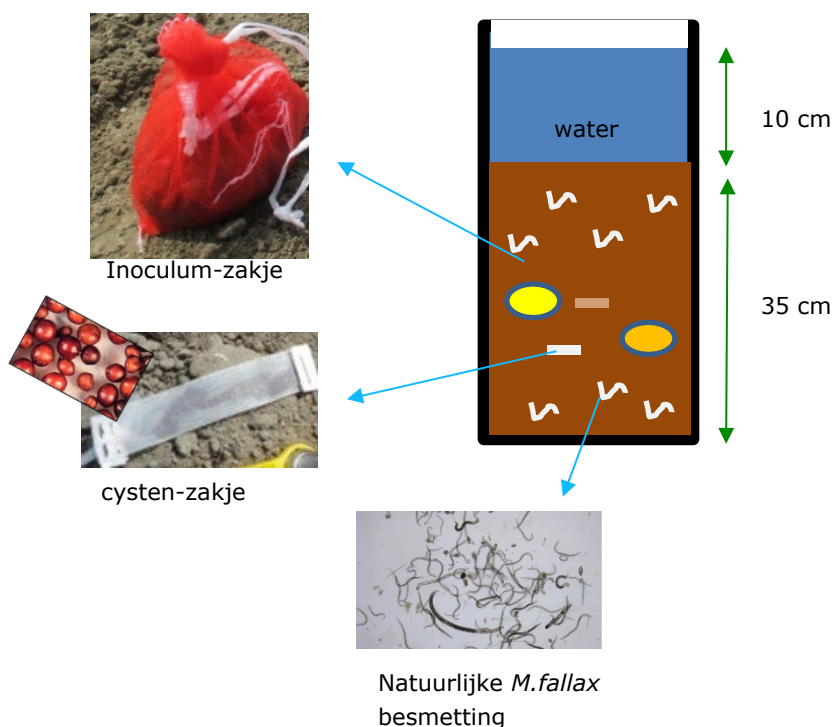


Figuur 1 uitvoering van inundatie in bakken, Lelystad 2022

Om met meer nauwkeurigheid het effect van de inundatie vast te kunnen stellen, is er naast de natuurlijke besmetting ook een kunstmatige besmetting met *M. fallax* in inoculumzakjes aangebracht. De inoculumzakjes zijn gevuld met 1L verhitte grond (48 uur, 70°C) waar 5 g besmette tomatenwortels doorheen zijn gemengd. De grond is eerst verhit om de in de grond aanwezige aaltjesbesmetting te doden. Als controle zijn ook vijf inoculum-zakjes bewaard bij 4 °C. De gemiddelde *Meloidogyne*-besmetting in de tomatenwortels is bepaald door vijf keer 10 g besmette tomatenwortels op zeefjes in de mistkast te plaatsen en zes weken te incuberen. De aaltjes die uit de wortels kropen zijn opgevangen en geteld. Het aantal *Meloidogyne*-aaltjes per gram tomatenwortel is als maat gebruikt voor de beginbesmetting van de inoculumzakjes.

Als referentie-objecten zijn ook zakjes met *M. chitwoodi* besmette tomatenwortels (10 g gemengd door verhitte grond), fijnmazige nylon zakjes met cysten van het aardappelpycysteaaltje (*Globodera pallida*) en zakjes met cysten van het bietencysteaaltje (*Heterodera schachtii*) ingebracht. De aardappelpycysteaaltjes en *M. chitwoodi* zijn als positieve referenten in de proef opgenomen en bietencysteaaltjes *H. schachtii* als negatieve referent. Inundatie is namelijk wel effectief tegen aardappelpycysteaaltjes (Runia, 2013 & Ebrahimi, 2016) en *M. chitwoodi* (Elberse 2013 & Visser, 2021), maar is weinig effectief tegen *H. schachtii*. Aan 5 monsters van 200 cysten is de gemiddelde beginbesmetting (voor inundatie) bepaald. In het oorspronkelijke plan was voorzien om het graswortelknobbelaaltje *M. naasi* als negatieve referent in de proef op te nemen.

Echter, op het moment van inzetten van de proef was er geen inoculum van *M. naasi* beschikbaar. Zowel de inoculumzakjes als de cystenzakjes zijn op circa 15 cm van de bodem ingebracht.



Figuur 2 Schematische weergave van de opzet van de bakkenproef inundatie

Veertien weken na de start van de inundatie is het bovenstaande water afgegoten en is de grond in de bakken (bulkgrond) en de grond in de inoculum-zakjes gedroogd tot veldcapaciteit. De bulkgrond is gemengd en een submonster van 100 ml is genomen voor aaltjesanalyse. Ook de grond uit de zakjes is gemengd en is er een submonster van 100 mL grond genomen om de *Meloidogyne*-besmetting na inundatie te bepalen. De 100 ml grondmonsters zijn met de opspoel-methode (zie 2.2.1) verwerkt. De verwachting was dat door de inundatie de *Meloidogyne*-besmettingen zeer sterk zou zijn afgenomen. Om besmettingen die onder de detectiegrens van de opspoelmethode liggen toch waar te kunnen nemen, is met het restant van de grond een biotoets met tomaat ingezet (zie 2.3). De natuurlijke sterfte van de verschillende aaltjessoorten in de periode van 14 weken is bepaald in niet-geïnundeerde grond.

Tabel 1 Details bakkenproef inundatie.

| Inundatie-condities | | |
|-----------------------|---|--------------------|
| Inundatie temperatuur | continu 18°C | |
| Inundatie-duur | 14 weken | |
| Bak | Polypropyleen, 42L, h=50cm, Ø=35cm | |
| | | |
| Grondsoorten | | |
| Herkomst | <u>Dronten</u> | <u>Valthermond</u> |
| Grondsoort | Lichte zandgrond | Dalgrond |
| Zuurgraad (pH) | 6,9 | 5,2 |
| Organische stof (%) | 2,6 | 7,6 |
| Afslibbaar (%) | 6,3 | 3,4 |
| | | |
| Toetsorganismen | | |
| <i>M. fallax</i> | Natuurlijke besmetting en Kunstmatige besmetting (inoculumzakjes) | |
| <i>M. chitwoodi</i> | Kunstmatige besmetting (inoculumzakjes) | |
| <i>G. pallida</i> | Kunstmatige besmetting (cystenzakjes) | |
| <i>H. schachtii</i> | Kunstmatige besmetting (cystenzakjes) | |

2.2 Analyses

2.2.1 Grondmonsters

De besmetting van plantenparasitaire aaltjes in de veldgrond (voor en na inundatie) en in de inoculumzakjes met grond en besmette tomatenwortels (na inundatie) is aan een submonster van 100 mL grond bepaald. Het 100 mL grondmonster is over een 180 µm zeef gespoeld. Het op de zeef achtergebleven organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te laten rijpen en uit te laten komen (= incubatiefraction).

De nematoden in de opgevangen suspensie (met deeltjes <180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrinktrechter en opgevangen op drie gestapelde 45 µm zeven. Het materiaal dat is opgevangen op deze zeven is gedurende drie dagen op een filter geïncubeerd bij 20°C, waarna de nematoden zijn afgetapt in 100 mL water (=spoelfraction). Het totale aantal *Meloidogyne*-aaltjes is bepaald door uit de suspensie van zowel de spoel- als de incubatiefraction twee submonsters van 10 mL te tellen. Bij minder dan 100 *M. fallax*-aaltjes in de twee submonsters van 10 ml (per fraction) is ook het aantal *M. fallax*-aaltjes in de rest-suspensie geteld.

2.2.2 Cystenzakjes (kunstmatige besmetting met cysteaaltjes)

Fijnmazige zakjes (cystenzakjes) zijn gevuld met circa 200 cysten van het bietencysteaaltje of circa 150 cysten van het aardappalcysteaaltje. Na de inundatie zijn de cystenzakjes uit de grond gehaald, schoongespoeld en gedroogd. Vervolgens is het exacte aantal cysten per cystenzakje bepaald en zijn de cysten gecrusht in 100 ml water. Uit de 100 ml suspensie zijn drie submonsters van 1 ml genomen. Per submonsters is microscopisch bij een vergroting van 40x het aantal vitale (levende) en dode eieren bepaald.

2.3 Biotoets met tomaat

De verwachting is dat als gevolg van de inundatie de *M. fallax*- en de *M. chitwoodi*-besmetting zeer sterk zullen afnemen, mogelijk tot onder de detectiegrens van de gebruikte analysemethode (100 mL grond spoelen met Oostenbrink-trechter). Wanneer er met deze techniek geen besmetting meer wordt aangetoond, betekent dit niet dat de besmetting ook met honderd procent zekerheid volledig gesaneerd is. Door het telen van het voor *M. fallax* en *M. chitwoodi* goede waardgewas tomaat op de geïnundeerde grond zal een mogelijke (niet detecteerbare) rest-besmetting zich op de tomaat vermeerderen en weer toenemen tot een aantoonbare besmetting.



Figuur 3, 4 en 5. Biotoets tomaat

De biotoets met tomaat is uitgevoerd met zowel de veldgrond (in 5L potten) als de grond in de inoculumzakjes (1L potten). Op de 5L potten werden 5 tomaten zaailingen geplant, op de 1L pot 1 zaailing. Gedurende drie maanden is tomaat op de geïnundeerde grond geteeld (figuur 3, 4 en 5) in een geconditioneerde kas bij 20°C/16°C (16 uur dag/8 uur nacht). Na drie maanden is de *Meloidogyne*-besmetting in het wortelstelsel bepaald door het wortelstelsel van de tomatenplanten schoon te spoelen, gedurende zes weken op zeefjes in de mistkast te plaatsen en de aaltjes die uit het wortelstelsel kruipen op te vangen en te tellen.

2.4 Statistische analyse

De data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows Genstat 18th Edition.

De nematodentellingen zijn, na $10\log(x+1)$ -transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. Met de student T-test (Genstat procedure ATTEST) zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Wanneer de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de gevonden verschillen tussen de objecten betrouwbaar.

Significante verschillen tussen objecten worden in de tabellen weergegeven door verschillende letters.

Objecten met gemeenschappelijke letters zijn, met 95% zekerheid, niet verschillend van elkaar. In de tabellen zijn de terug-getransformeerde gemiddelden, de medianen, weergegeven.

3 Resultaten en Discussie

De resultaten van het effect van veertien weken inunderen op de natuurlijke *M. fallax* besmetting en de kunstmatig aangebrachte besmetting van *M. fallax*, *M. chitwoodi* en aardappel- en bietencysteaaltjes (cysten) worden afzonderlijk besproken.

3.1 Effect inundatie op aardappel- en bietencysteaaltjes

Aardappel- en bietencysteaaltjes zijn als referentie-objecten opgenomen in de proef. Bekend is dat aardappelpcysteaaltjes zeer goed door inundatie worden bestreden. Bietencysteaaltjes zijn weinig gevoelig en kunnen een inundatie overleven. In niet-geïnundeerde grond is de natuurlijke sterfte van beide aaltjessoorten bepaald. De beginbesmetting voor de aardappelpcysteaaltjes was gemiddeld 134 levende eieren per cyst en voor de bietencysteaaltjes gemiddeld 195 levende eieren per cyst.

Er is geen natuurlijke sterfte waargenomen bij de besmetting met aardappelpcysteaaltjes (zie tabel 2). Het gemiddelde aantal levende eieren per cyst na een periode van 14 weken bij continu 18°C verschilt niet betrouwbaar van de beginbesmetting. In de geïnundeerde grond nam de besmetting van aardappelpcysteaaltjes zeer sterk af. De doding was het sterkst in de dalgrond (99%) en was betrouwbaar hoger dan de ook al zeer sterke doding in de zandgrond. Het gemeten dodingspercentage is mogelijk nog een lichte onderschatting. Een levend/dood bepaling direct na inundatie kan ten onrechte cysten met levende inhoud aantonen, omdat het niet zeker is dat de eieren tijdens de inundatie al zodanig degenereren dat ze op het moment van de bepaling als dood worden geteld. Het kleine maar betrouwbare verschil in doding tussen de dalgrond en de dekzandgrond kan mogelijk verklaard worden door het verschil in organische stofgehalte. De doding van nematoden door inundatie is het gevolg van de zuurstofloosheid die in de bodem ontstaat en de toxische stoffen die worden gevormd bij de anaerobe afbraak van organisch materiaal. Mogelijk dat door het hogere organische stofgehalte van de dalgrond de inundatie iets effectiever is geweest. De natuurlijke sterfte in 14 weken bij 18°C van bietencysteaaltjes (gemeten in niet geïnundeerde grond) was groot. Gemiddeld nam de besmetting met 78% af, waarbij er geen verschil tussen de twee grondsoorten is waargenomen. De afname (doding) van de bietencysteaaltjes-besmetting in de geïnundeerde bakken is minder sterk dan de natuurlijke sterfte. Door inundatie nam de besmetting maar met gemiddeld 33% af. Ook hier werd geen verschil tussen de twee grondsoorten gevonden. Mogelijk gaan door de inundatie (stress, zuurstofloosheid) een deel van de juvenielen in de eieren in een soort rusttoestand (dormant stage) waardoor ze de inundatie kunnen overleven. Een andere mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat bietencysteaaltjes inundatie (sowieso) kunnen overleven en de inundatie de natuurlijke lokking remt, waardoor een groter deel van de besmetting de inundatie overleeft.

De sterke doding van de aardappelpcysteaaltjes en de overleving van de bietencysteaaltjes laat zien dat het inundatieproces goed is verlopen en de inundatie technisch is geslaagd.

Tabel 2 Effect van inundatie op een kunstmatig aangebrachte besmetting van aardappel- en bietencysteaaltjes in zandgrond (Dronten) en dalgrond (Valthermond), bakkenproef 2022. Deze soorten dienen als referenten.

| Grondsoort | Inundatie | Aardappelpcysteaaltjes (levende eieren/cyst) | | Bietencysteaaltjes (levende eieren/cyst) | |
|----------------------|-----------|---|--------|---|-------|
| Zand (Dronten) | Nee | 143 | . . c* | 42 | a . . |
| | Ja | 3,4 | . b . | 127 | . b . |
| Dalgrond (Valth.) | Nee | 157 | . . c | 44 | a . . |
| | Ja | 1,9 | a . . | 133 | . b . |
| Beginbesmetting (Pi) | | 134 | . . c | 195 | . . c |

*Significanties zijn berekend per aaltjessoort.

3.2 Effect inundatie op de kunstmatige besmetting van *M. fallax* en *M. chitwoodi*

In de bakken is, in de vorm van inoculumzakjes met grond met besmette tomatenwortels, een kunstmatige besmetting met *M. fallax* en *M. chitwoodi* aangebracht. De beginbesmetting in de inoculumzakjes was vrij zwaar: omgerekend ruim 17.000 *M. fallax* per 100 mL grond en ruim 6500 *M. chitwoodi* per 100 mL grond in de zakjes. De natuurlijke sterfte in 14 weken bij 18°C is groot. De besmetting van *M. fallax* nam met meer dan 99% af, de *M. chitwoodi*-besmetting met meer dan 98%. Voor *M. fallax* (Mf) was de natuurlijke sterfte in dalgrond sterker dan in de zandgrond (zie tabel 3). De eindbesmetting in dalgrond (50 Mf/100 mL grond) is betrouwbaar lager dan in zandgrond (104 Mf/100 mL grond). Ook voor *M. chitwoodi* ligt de besmetting in dalgrond lager dan in zandgrond, maar het verschil is niet statistisch betrouwbaar.

Als controle zijn er ook inoculumzakjes bij 4°C bewaard. In deze zakjes werd geen betrouwbare afname van de *Meloidogyne*-besmettingen waargenomen. De gemiddelde *M. chitwoodi*-besmetting na 14 weken bewaren bij 4 °C was wel veel lager dan de gemiddelde beginbesmetting maar het verschil was niet statistisch betrouwbaar door de vrij grote spreiding tussen de herhalingen.

Het blijkt dat in deze proef de inundatie de *M. fallax*-en *M. chitwoodi*-besmetting heeft gesaneerd. In de grondmonsters die direct na de inundatie zijn genomen werd geen enkele *M. fallax* en *M. chitwoodi* meer gevonden. Dit kan betekenen dat de besmetting volledig is gesaneerd of dat deze is gedaald tot onder de detectiegrens.

Met de restanten van de (geïnundeerde) gronden is een biotoets met tomaat ingezet (zie 2.3). Met deze biotoets kunnen zeer lage besmettingen, onder de detectiegrens van de opspoelmethode, worden aangetoond. Ook in de biotoets met de geïnundeerde gronden werd geen besmetting met *M. fallax* of *M. chitwoodi* meer aangetoond. In de biotoets met de niet-geïnundeerde grond werd nog wel een (zware) besmetting van zowel *M. fallax* als *M. chitwoodi* gevonden.

Tabel 3 Effect van inundatie en bewaring bij 4 °C op een kunstmatig aangebrachte besmetting van *M. fallax* en *M. chitwoodi* in zandgrond (Dronten) en dalgrond (Valthermond) en eindbesmetting in de biotoets met tomaat uitgevoerd met de geïnundeerde gronden, bakkenproef 2022.

| | | <i>Meloidogyne fallax</i> | | | | <i>Meloidogyne chitwoodi</i> | | | |
|-----------------|-----------|---|-----------|--|---------|---|-------|--|-----|
| | | Besmetting na inundatie (n/100 mL grond) | | Eindbesmetting biotoets tomaat (n/100 mL grond) | | Besmetting na inundatie (n/100 mL grond) | | Eindbesmetting biotoets tomaat (n/100 mL grond) | |
| beginbesmetting | | 17239 | . . . d | | | 6391 | . . c | | |
| 4° °C bewaring | | 17484 | . . . d | 9924 | . . . d | 2775 | . . c | 6578 | . b |
| Grondsoort | Inundatie | | | | | | | | |
| Zandgrond | Nee | 104 | . . c . * | 1134 | . b . . | 101 | . b . | 5451 | . b |
| | Ja | 0 | a . . . | 0 | a . . . | 0 | a . . | 0 | a . |
| Dalgrond | Nee | 50 | . b . . | 2285 | . . c . | 67 | . b . | 6743 | . b |
| | Ja | 0 | a . . . | 0 | a . . . | 0 | a . . | 0 | a . |

*Significanties zijn berekend per aaltjessoort-experiment.

3.3 Effect inundatie op de natuurlijke besmetting van *M. fallax*

Zowel de zandgrond uit Dronten als de dalgrond uit Valthermond waren vrij zwaar besmet met *M. fallax*; beide bevatten ruim 1300 *M. fallax* per 100 mL grond.

In 14 weken bij continu 18°C nam de *M. fallax*-besmetting door natuurlijke sterfte met 60% (zand) tot 65% (dalgrond) af (zie tabel 4). In de geïnundeerde grond werd na 14 weken geen *M. fallax* meer in het grondmonster, dat kort na de inundatie werd genomen, gevonden. Ook in de biotoets met tomaat, die is uitgevoerd met het restant van de geïnundeerde grond, is geen *M. fallax* meer gevonden. Het is dus zeer aannemelijk dat de inundatie de besmetting met *M. fallax* volledig heeft gesaneerd.

Tabel 4 Effect van inundatie op een natuurlijke *M. fallax*-besmetting in zand (Dronten) en dalgrond (Valthermond) en eindbesmetting in de biotoets met tomaat, bakkenproef 2022.

| | | Beginbesmetting | | Eindbesmetting | | Afname van de populatie | Eindbesmetting biotoets tomaat | |
|------------|-----------|------------------|---|------------------|-----|-------------------------|--------------------------------|-----|
| Grondsoort | Inundatie | (n/100 mL grond) | | (n/100 mL grond) | | (%) | (n/100 mL grond) | |
| Zandgrond | Nee | 1344 | a | 471 | . b | 65 | 153 | . b |
| | Ja | 1392 | a | 0 | a . | 100 | 0 | a . |
| Dalgrond | Nee | 1360 | a | 563 | . b | 59 | 126 | . b |
| | Ja | 1366 | a | 0 | a . | 100 | 0 | a . |

4 Conclusie

In de bakken is een geslaagde inundatie uitgevoerd, die volgens verwachting de (kunstmatige) besmetting met aardappelcysteaaltjes (*G.pallida*) en het maiswortelknobbelaaltje *M. chitwoodi* zeer goed heeft bestreden. De resultaten van dit onderzoek maken het zeer aannemelijk dat met inundatie ook *M. fallax* goed te bestrijden is. In zowel de grondmonsters als in de biotoets met tomaat werd na 14 weken inundatie bij continu 18°C geen *M. fallax*-besmetting meer gevonden. Aanvullende metingen op praktijkpercelen zijn gewenst om deze conclusie verder te onderbouwen.

Literatuur

- Ebrahimi, N., Viaene, N., Aerts, J., Debode, J. & Moens, M., 2016. Agricultural waste amendments improve inundation treatment of soil contaminated with potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *European Journal of Plant Pathology* 145, p.755–775.
- Elberse, I., Visser, J., 2013. Bestrijding van wortelknobbelaaltjes in de bodem; Inundatie. Projectrapport, PPO nr. 32 361438 00/ PT nr. 14739.
- Runia, W.T. & Molendijk, L.P.G, 2013. Effectiviteit inundatie voor de bestrijding van *Globodera pallida* en *Verticillium dahliae*. PPO-AGV (nu WUR-Open Teelten) projectrapport 3250224101.
- Runia, W.T., Molendijk, L.P.G., Stevens, L.H., Postma, J. & Schilder, M.T., 2014. Inundation as tool for management of *Globodera pallida* and *Verticillium dahliae*. *Proc. VIIIth IS on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*. Eds: M.L. Gullino et al. *Acta Hort.* 1044, ISHS.
- Visser, J.H.M., Postma, J., Brinkman, P., Geel, W. van. & Molendijk, L.P.G, 2021. Effectiviteit van inundatie voor de bestrijding van *Meloidogyne chitwoodi*, WUR| Open Teelten, Projectnummer 3750377500 Rapport WPR-914, <https://doi.org/10.18174/561880>.
- Vreeburg, P. & Korsuize 2011. Twaalf weken inundatie noodzakelijk voor de bestrijding van stengelaaltjes. *Bloembollenvisie* 224, p.20-21

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT 1051

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
