



# Waardplantgeschiktheid van akkerbouwgewassen en groenbemesters voor het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*

Resultaten van kas- en veldonderzoek

Auteurs | J. Visser, M.G. Teklu, P. Brinkman & L. Molendijk

WPR-OT-974



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

# Waardplantgeschiktheid van akkerbouw- gewassen en groenbemesters voor het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*

Resultaten van kas- en veldonderzoek

J. Visser, M.G. Teklu, P. Brinkman & L. Molendijk

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van Plan van Aanpak Melo en gefinancierd door de Brancheorganisatie Akkerbouw en Topsector Agri en Food, uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR).

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

Lelystad november 2022



---

J. Visser, M.G. Teklu, P. Brinkman & L. Molendijk 2022. Waardplantgeschiktheid akkerbouwgewassen en groenbemesters voor het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*; Resultaten van kas- en veldonderzoek. Wageningen Research, Rapport WPR-3750391800.

Dit rapport is gratis te downloaden op [https:// doi.org/10.18174/585736](https://doi.org/10.18174/585736)

Trefwoorden: Maiswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne chitwoodi*, waardplantstatus, akkerbouwgewassen, groenbemesters, gewasrotatie

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://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-974, Project 3750391800

Foto omslag: proefveld waardplantgeschiktheid *M. chitwoodi*

---

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>11</b>
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	11
1.3 Het maiswortelknobbelaaltjes	11
1.4 Populatiedynamica (Seinhorst-model)	13
<b>2 Opzet en uitvoering</b>	<b>15</b>
2.1 Kasproeven	15
2.2 Veldonderzoek	17
2.2.1 Aanleg dichtheidsniveaus (voorbereiding waardplantgeschiktheids onderzoek)	17
2.2.2 Onderzoek waardplantgeschiktheid (hoofdgewassen en groenbemesters)	19
2.2.3 Nateelt <i>M. chitwoodi</i> -gevoelig gewas (aardappel)	21
2.3 Statistische analyse	24
<b>3 Resultaten</b>	<b>25</b>
Kasproeven	25
3.1.1 Kasproef 2018	25
3.1.2 Kasproef 2019	27
3.2 Veldproef	30
3.2.1 Aanleg dichtheidsniveaus (voorbereiding wpg-onderzoek)	30
3.2.2 Onderzoek waardplantgeschiktheid	32
3.2.3 Nateelt <i>M. chitwoodi</i> gevoelig gewas (aardappel)	42
<b>4 Discussie</b>	<b>49</b>
4.1 Potproeven	49
4.2 Veldonderzoek waardplantgeschiktheid	50
4.2.1 Hoofdgewassen	50
4.2.2 Groenbemesters	53
4.3 Vergelijking pot-veldonderzoek	53
4.4 Nateelt <i>M. chitwoodi</i> gevoelig gewas (aardappel)	55
<b>5 Conclusies</b>	<b>57</b>
5.1 Waardplantgeschiktheid <i>M. chitwoodi</i>	57
5.2 Nateelt <i>M. chitwoodi</i> -gevoelig gewas (aardappel)	59
5.3 Waardplantgeschiktheid <i>M. chitwoodi</i> - <i>M. fallax</i>	60
<b>Literatuur</b>	<b>63</b>
<b>Bijlage 1 Proefveldschema</b>	<b>65</b>

---

---

# Woord vooraf

Op verzoek van de Ito-pootgoedcommissie en de NVWA is enkele jaren geleden het koepelplan Meloidogyne geschreven. Dit koepelplan diende als aanzet voor het ontwikkelen van de benodigde bouwstenen voor de beheersing van het quarantaine aaltjes *Meloidogyne chitwoodi*/*M. fallax* (Mc/f). Op verzoek van BO akkerbouw en de stuurgroep Plan van Aanpak Mc/f zijn enkele onderdelen van dit koepelplan verder uitgewerkt, waaronder het onderzoek naar de waardplantstatus van belangrijke akkerbouwgewassen/rassen voor *M. chitwoodi* en *M. fallax*

Plan van Aanpak Mc/f is een initiatief van stichting PVM, NAV, LTO en BO akkerbouw, om door middel van kennisontwikkeling en -overdracht *M. chitwoodi* en *M. fallax* beter te kunnen beheersen.

In 2019 is het onderzoeksproject gestart waarin de waardplantgeschiktheid van een groot aantal gewassen (cash crops), groenbemesters en mengsels van groenbemesters voor *M. chitwoodi* en *M. fallax* is onderzocht. Het onderzoek aan de groenbemestersmengsels is ingebracht en gefinancierd vanuit de PPS Groenbemesters.

Het HLB heeft als projectpartner het onderzoek aan *M. fallax* uitgevoerd, WUR-OT het onderzoek aan *M. chitwoodi*. Het onderzoeksproject is gefinancierd door de BO Akkerbouw en TKI Agri en Food. De stuurgroep Plan van Aanpak Mc/f is als klankbordgroep betrokken geweest bij onderzoeksproject. Voor u ligt de rapportage van het *M. chitwoodi*-onderzoek uitgevoerd door WUR-OT. Het door het HLB uitgevoerde onderzoek aan *M. fallax* is beschreven in een afzonderlijke rapportage (E. Schepel, Meloidogyne fallax waardplantstatus onderzoek, HLB rapportnr 20-067).





---

# Samenvatting

Het quarantaineorganisme *Meloidogyne chitwoodi* (Mc) is wijd verspreid binnen de Nederlandse akkerbouw. Mogelijkheden om besmettingen met *M. chitwoodi* te beheersen zijn beperkt. Beheersing/bestrijding met chemische middelen (nematiciden) wordt steeds lastiger vanwege verscherpte regelgeving, beschikbaarheid van middelen. Het verminderen van de afhankelijkheid van deze middelen is ook vanuit maatschappelijk- en milieuoogpunt gewenst. De vruchtwisseling speelt een belangrijke rol bij de beheersing van plantparasitaire aaltjes en is de basis van een aaltjesbeheersingsstrategie. Voor een gerichte gewas/ras keuze is betrouwbare informatie over de waardplantstatus (hoe sterk kan *M. chitwoodi* zich vermeerderen) van gewassen/rassen noodzakelijk. Binnen het aaltjesschema (zie [www.aaltjesschema.nl](http://www.aaltjesschema.nl) of [www.best4soil.eu](http://www.best4soil.eu)) is de waardplantstatus voor zover bekend opgenomen. Voor een aantal belangrijke gewassen is de status echter onzeker en bestaat de indruk dat nieuwe rassen van een aantal zogenaamde 'medicijnplanten' zoals luzerne en cichorei niet altijd de lage dichtheden nalaten die je op basis van hun huidige classificering zou mogen verwachten.

In 2019 is een onderzoeksproject gestart waarin, in een aantal potproeven en een veldproef, de waardplantgeschiktheid van een groot aantal gewassen (cash crops), groenbemesters en mengsels van groenbemesters voor *M. chitwoodi* is onderzocht. Het veldonderzoek is uitgevoerd op een dekzandgrond met een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting te Vredepeel (Noord-Limburg).

*M. chitwoodi* vermeerderde zich sterk op **aardappel**, **Japanse haver** en **Italiaans raigras** waarmee de waardplantstatus (goede waard) van deze gewassen werd bevestigd.

**Zomergerst** en **zomertarwe** zijn respectievelijk goede en zeer goede waardplanten voor *M. chitwoodi*. De vermeerdering van *M. chitwoodi* op zomertarwe was betrouwbaar sterker dan op zomergerst. Doordat deze gewassen in juli al beginnen af te rijpen, stop de vermeerdering van de nematoden. In de periode tot aan de teelt van het volgende hoofdgewas, in het volgend voorjaar, neemt door natuurlijke sterfte de besmetting sterk af. Zomergerst en zomertarwe kunnen als gewas/teelt daarom worden geclassificeerd als respectievelijk slechte en matige waard.

**Vlas** kan als een zeer slechte waard voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd. Ook dit gewas wordt in juli geoogst. Als er na de oogst geen waardgewas (groenbemester) wordt geteeld zal de besmetting door natuurlijke sterfte nog verder afnemen en is de besmetting voorafgaand aan de volgteelt erg laag.

In de veldproef zijn drie rassen **zaaiuien** getoetst. Alle rassen bleken een matige tot vrij goede waard te zijn voor *M. chitwoodi*, met kleine, maar wel betrouwbare, verschillen tussen de rassen. De eindbesmetting na het ras RS07751481 was betrouwbaar hoger dan bij het ras Hypark. Zaaiuien staan als slechte waard in het aaltjesschema. Deze resultaten geven aanleiding om dit aan te passen en zaaiuien op te nemen als matige waard.

De eindbesmetting na de teelt van **cichorei** was in zowel de pot- als veldproef zeer laag. Dit gewas kan als zeer slechte waard (niet waard) voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd.

**Witlof** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. De *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van witlof was in de pot- en veldproef laag maar iets hoger dan na cichorei.

Voor **suikerbiet (Urselina)** wijken de resultaten van zowel de pot- als veldproef af van de waardplantstatus zoals die is weergegeven in aaltjesschema. Suikerbiet staat bekend als slechte waard voor *M. chitwoodi* (één stip in het aaltjesschema). Op basis van de potproef zou suikerbiet als matige tot goede waard kunnen worden geclassificeerd en op basis van de veldproef als een stabilisatie-waard. Een gewas waarbij de einddichtheid na de teelt gelijk is aan de dichtheid voor de teelt. Een eenduidige verklaring voor de gevonden verschillen tussen pot- en veldproef en de resultaten uit eerder uitgevoerd onderzoek (jaren negentig) is niet gevonden. Mogelijk spelen de virulentie van de populatie en/of rasverschillen een rol. Vervolgonderzoek is nodig om hierin meer inzicht te krijgen.

In de pot- en veldproef is ook de waardplantstatus van het nieuwe **suikerbiet ras Redukto** getoetst. Dit bietenras blijkt een hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* te bezitten. De besmetting na de teelt van dit ras was zeer laag, slechts 0.12% van de vermeerdering op het gangbare bietenras Urselina.

Bij **luzerne** blijken er grote rasverschillen te bestaan. Het ras Alpha kan op basis van de resultaten van de potproef als slechte waard worden geclassificeerd (dit ras is niet in de veldproef getoetst).



De besmetting van *M. chitwoodi* na de teelt van het luzerne ras Timbale was in de veldproef vrij laag. Dit ras is een vrij slechte waard. Daarentegen kon *M. chitwoodi* zich op de rassen Blue Moon en Artemis vrij sterk vermeerderen. Geconcludeerd kan worden dat deze rassen respectievelijk een matige en een vrij goede waard voor *M. chitwoodi* zijn. Deze resultaten verklaren de soms onverwacht hoge dichtheden die in de praktijk na de teelt van luzerne worden gevonden. Potproeven kunnen inzicht geven in het resistentieniveau van de huidige luzerne-rassen.

**Rietzwenk** (Tower) lijkt een slechte waard voor *M. chitwoodi*. Er zijn echter aanwijzingen dat er rasverschillen bestaan.

De resultaten van de potproeven worden bevestigd door de resultaten van de veldproef. Uitzondering is **rolklaver**. Dit gewas zou op basis van de potproef als matige waard geclassificeerd kunnen worden, maar op basis van de resultaten van de veldproef als zeer slechte waard. Mogelijk is de waardplantstatus op basis van de veldproef een onderschatting omdat het gewas zich zeer traag ontwikkelde, waardoor de vermeerdering minder sterk was.

**Bladrammenas** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. In de herfstteelt groenbemester werden geen betrouwbare verschillen in eindbesmetting gevonden tussen de rassen met resistentie (Terranova) en zonder resistentie (Radical). Ondanks dat er in deze proef geen verschillen werden gevonden blijft het advies aan de praktijk om bij een *M. chitwoodi* besmetting voor een resistent ras te kiezen.

Ook **facelia** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. De resultaten in de veldproef bevestigen daarmee de waardplantstatus zoals die is weergegeven in aaltjesschema.

Het is bekend dat er bij **wikke** rasverschillen bestaan in waardplantstatus (resistentieniveau) voor *M. chitwoodi*. Het in dit onderzoek getoetste ras Amelia blijkt een matige waard voor *M. chitwoodi* te zijn. Potproeven kunnen inzicht geven in het resistentieniveau van de huidige wikke-rassen.

Gewas	waardplantgeschiktheid
<b>Japane haver</b>	. . .
<b>Vlas</b>	. (-)
<b>Zomergerst</b>	.
<b>Zomertarwe</b>	. .
<b>Aardappel</b>	. . .
<i>Ui 'Centro'</i>	. . (.)
<i>Ui 'Hypark'</i>	. . (.)
<i>Ui 'RS07751481'</i>	. . (.)
<b>Zaaiuien</b>	. . (.)
<b>Suikerbiet vatbaar</b>	. . .R
<b>Suikerbiet resistent</b>	-
<b>Cichorei</b>	-
<b>Witlof</b>	.
<i>Luzerne 'Artemis'</i>	. . .
<i>Luzerne 'BlueMoon'</i>	. . (.)
<i>Luzerne 'Timbale'</i>	.
<b>Luzerne</b>	. . .R
<b>Rolklaver</b>	. ?
<b>Italiaans raaigras</b>	. . .
<b>Rietzwenkgras</b>	. (?)
<b>Herfstteelt groenbemers</b>	
<b>Japane haver</b>	. . .
<b>Bladrammenas</b>	-R
<b>Facelia</b>	.
<b>Wikke</b>	.R

- =geen waard, . = slechte waard, . . = matige waard,

. . . = goede waard, R=rasverschillen

---

In de veldproef is ook de vermeerdering van *M. chitwoodi* op een aantal eenvoudige mengsels van groenbemesters onderzocht (bladrammenas+japanse haver, bladrammenas+facelia en bladrammens+wikke). Wanneer in het groenbemestersmengsel een waardgewas was opgenomen, nam de besmetting toe. Na de teelt van de groenbemestersmengsels bladrammenas met japanse haver en bladrammenas met wikke was de *M. chitwoodi* besmetting betrouwbaar hoger dan na de teelt van alleen bladrammenas of bladrammenas met facelia.

*Samengevat: zomergerst, vlas, witlof, cichorei en de resistente suikerbiet zijn slechte tot zeer slechte waardgewassen voor M. chitwoodi. Met de teelt van deze gewassen kan een besmetting (sterk) worden teruggedrongen. Echter onvoldoende om in een volgteelt, zonder risico op besmetting van het product, pootgoed of ander vermeerderingsmateriaal te telen.*

*Van de groenbemesters blijft een resistente bladrammenas de beste keuze om M. chitwoodi te beheersen.*

Het jaar na het waardplantgeschiktheidsonderzoek is op het proefveld een nateelt aardappel (ras: Hansa) uitgevoerd. De teelt van dit gewas geeft inzicht in de effecten van de voorvruchten op de kwaliteit van een gevoelig volggewas. Door de teelt van het voor *M. chitwoodi* zeer gevoelige aardappelras Hansa in combinatie met een *M. chitwoodi* gevoelig jaar (warme zomer) was de knolaantasting in de volgteelt aardappel gemiddeld vrij zwaar.

Ook bijna een jaar zwarte braak, met een door natuurlijke sterfte maximale afname van de besmetting, was onvoldoende om de aantasting te beperken tot een niveau zonder risico op declassering van het product.

Ook bij slechte waardgewassen of resistente rassen als voorvrucht was de aantasting in de nateelt te zwaar om zonder risico op kwaliteitsverlies af te kunnen zetten.

Met uitzondering van de voorvruchten aardappel en rolklaver was er wel een duidelijke relatie tussen de waardplantstatus (maximale eindbesmetting) van de voorvrucht en de mate van knolaantasting in de volgteelt aardappel. Bij de slechte waardgewassen (medicijn-gewassen) vlas, zomergerst en zomertarwe, cichorei, resistente suikerbiet en de groenbemesters bladrammens en facelia was de knolaantasting in de volgteelt aardappel het laagst en in jaren met een sterk te kort aan consumptieaardappelen het waardevlies nog gering. De verwachting is dat deze "medicijn-gewassen" een *M. chitwoodi* besmetting voldoende kunnen onderdrukken zodat in een volgteelt van een minder gevoelige gewassen/rassen (of een minder sterk melo-jaar) het risico op (onacceptabel) schade gering is.

Bij de gewassen die een matige tot goede waard zijn voor *M. chitwoodi* zoals zaaiuien, vatbare luzerne rassen en japanse haver nam de besmetting te sterk toe en was de knolaantasting in de nateelt aardappelen onacceptabel zwaar.

Op besmette percelen wordt door een jaar zwarte braak of teelt van de medicijn gewassen de besmetting nog onvoldoende teruggedrongen om zonder risico op knolbesmetting pootgoed te kunnen telen.



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het quarantaineorganisme *Meloidogyne chitwoodi* (Mc) is wijd verspreid binnen de Nederlandse akkerbouw. Mogelijkheden om besmettingen met Mc te beheersen zijn beperkt. Beheersing/bestrijding met chemische middelen (nematiciden) wordt steeds lastiger vanwege verscherpte regelgeving, beschikbaarheid van middelen. Het verminderen van de afhankelijkheid van deze middelen is ook vanuit maatschappelijk- en milieuoogpunt gewenst.

De vruchtwisseling speelt een belangrijke rol bij de beheersing van plantparasitaire aaltjes en is de basis van een aaltjesbeheersingsstrategie. Voor een gerichte gewas/ras keuze is betrouwbare informatie over de waardplantstatus van gewassen/rassen noodzakelijk. Binnen het aaltjesschema (zie [www.aaltjesschema.nl](http://www.aaltjesschema.nl) of [www.best4soil.eu](http://www.best4soil.eu)) is de waardplantstatus voor zover bekend opgenomen. Voor een aantal belangrijke gewassen is de status echter onzeker en bestaat de indruk dat nieuwe rassen van een aantal zogenaamde 'medicijnplanten' zoals luzerne en cichorei niet altijd de lage dichtheden nalaten die je op basis van hun huidige classificering zou mogen verwachten. Daarnaast is het voor de belangrijke akkerbouwgewassen nodig zeker te zijn dat de maximale besmetting die ze kunnen nalaten goed is gemeten (zie 1.4). Op basis daarvan kunnen de risico's voor de volgteelten goed worden ingeschat.

## 1.2 Doel

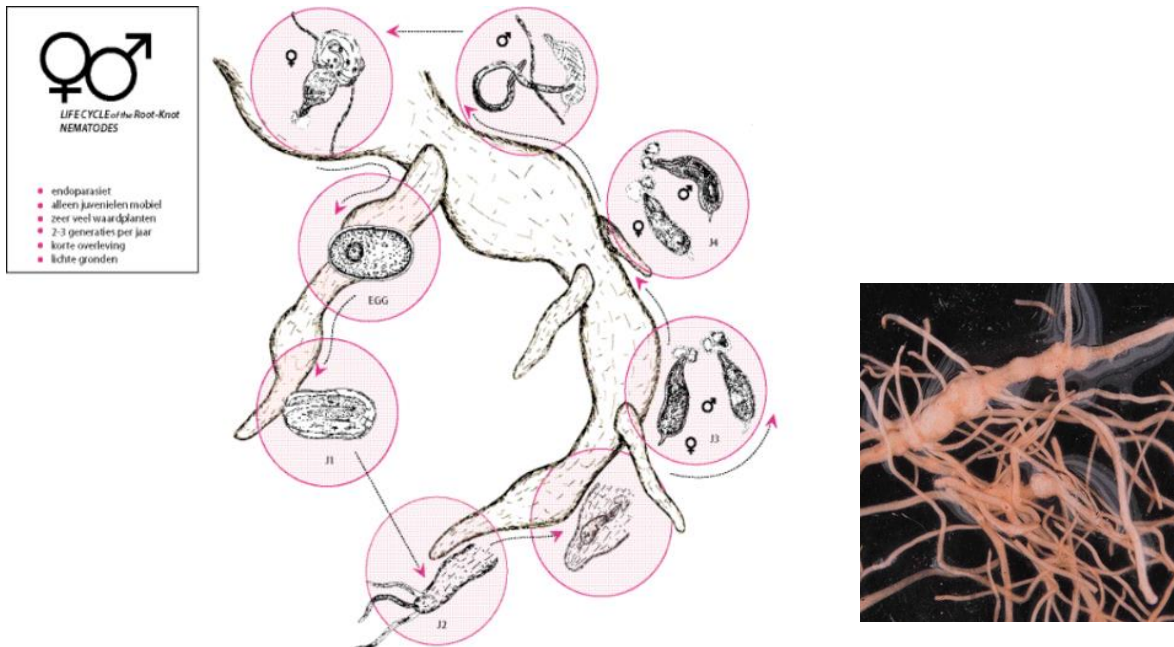
Vaststellen van de waardplantstatus (epidemiologische parameters) van belangrijke akkerbouwgewassen en rassen voor *M. chitwoodi*. Op basis van deze kennis kan een teler gericht zijn gewas- en/of rassenkeuze maken en zo op besmette percelen een slimme gewasrotatie opstellen.

De resultaten zullen worden opgenomen in het beslissingsondersteunende programma's NemaDecide en [www.aaltjesschema.nl/Best4soil](http://www.aaltjesschema.nl/Best4soil).

## 1.3 Het maiswortelknobbelaaltjes

Wortelknobbelaaltjes komen over vrijwel de gehele wereld voor. In Nederland komen de soorten *M. hapla* op de zandgronden en *M. naasi* op zand- en zavelgronden voor. Sinds de jaren tachtig worden in Nederland ook de soorten *M. chitwoodi* en *M. fallax* aangetroffen. In tegenstelling tot cysteaaltjes zijn er geen aanwijzingen dat wortelknobbelaaltjes actief gelokt worden door planten. In het voorjaar komen de juvenielen bij oplopende bodemtemperaturen spontaan uit de eieren. Wortelknobbelaaltjes zijn polyfaag, wat wil zeggen dat ze op meerdere plantensoorten kunnen voeden en vermeerderen. Na penetratie van de wortels worden onder invloed van speeksel van de nematoden reuzencellen gevormd die de voedingsstoffen voor de juveniel aanleveren. Op deze plek van de wortel ontstaat de knobbel (zie foto 1). Het aaltje doorloopt de verschillende stadia en ontwikkelt zich tot mannetje of vrouwtje. Alleen juveniele en volwassen mannetjes zijn mobiel, de vrouwtjes blijven onbeweeglijk. Ze zwellen na verloop van tijd steeds verder op en beginnen eieren te produceren die ze buiten het lichaam afzetten in een gelatineachtige matrix. Het vrouwtje zet onder goede groeiomstandigheden 200-400 eieren af. De wortel barst open en de ei-prop wordt op de knobbel zichtbaar. De mannetjes verlaten de wortels en kunnen vervolgens elders op de wortels vrouwtjes bevruchten. Voor de vermeerdering is het niet noodzakelijk dat er bevruchting plaatsvindt. Bij voldoende hoge temperaturen komen de J2-juvenielen, zonder lokking van een waardplant, uit de eieren en begint de

cyclus opnieuw (zie afbeelding 1a). *Meloidogyne chitwoodi* kan onder Nederlandse omstandigheden, voor zover bekend, maximaal 3 generaties per jaar ontwikkelen. Zeer lage besmettingsniveaus in het voorjaar kunnen toenemen tot dichtheden van soms wel enkele duizenden juvenielen per 100 ml grond als een goede waard wordt geteeld. Zonder waardgewas verhongeren de aaltjes. Dit verklaart waarom de aantallen tijdens zwarte braak of teelt van een niet-waardgewas sterk af kunnen nemen.

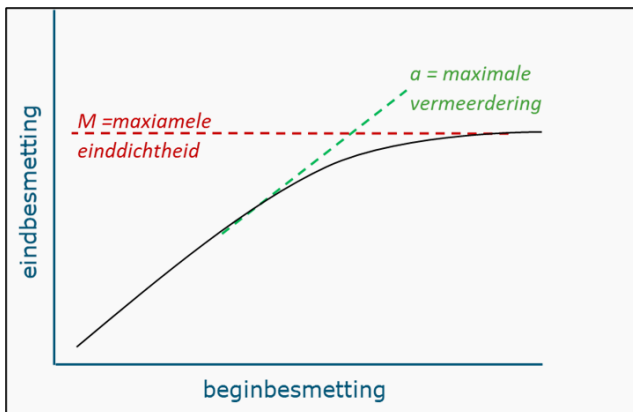


**Figuur 1.** Levenscyclus van het maiswortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi* en aantasting op het wortelstelsel (foto, 1).

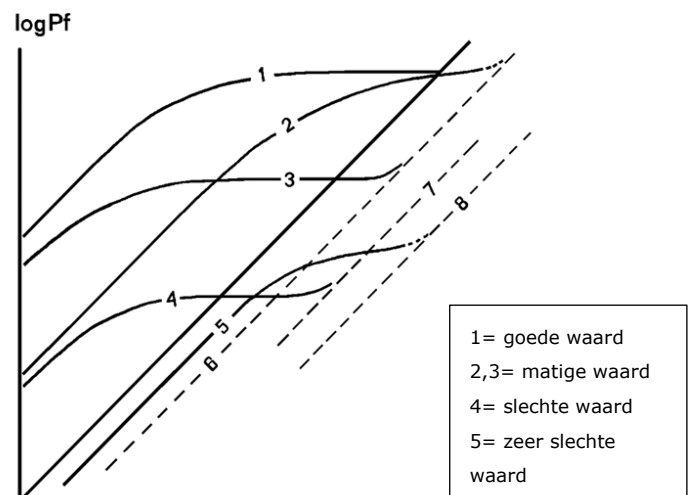
*M. chitwoodi* kan schade veroorzaken in akkerbouwgewassen (aardappel, zaaiuien), vollegrondsgroenten (peen, erwt, schorseneer), vaste planten en bloembollengewassen. De schade uit zich vaak in kwaliteitsbederf maar bij hoge dichtheden verlagen ze ook de kwantitatieve opbrengst. *M. chitwoodi* veroorzaakt vooral problemen op zand-, dal- en zavelgronden en is een quarantaine organisme waarvoor speciale fytosanitaire regels gelden. Vermeerderingsmateriaal moet daarom vrij zijn van deze aaltjessoort. Afkeuring van met deze aaltjes besmet vermeerderingsmateriaal zoals poot aardappelen, aardbeiplanten, aspergeplanten, vaste planten, dahlia en gladiol zijn grote directe schadeposten voor de getroffen telers. Vervolgens zorgt de fytosanitaire regelgeving voor beperkingen en extra kosten in de bedrijfsvoering.

## 1.4 Populatie dynamica (Seinhorst-model)

De vermenigvuldiging, de ratio van eind- en beginpopulatie ( $P_f/P_i$ ) van het aaltje wordt vaak gebruikt om gewassen in te delen naar waardplantstatus. Deze parameter is echter te simplistisch om waardplantrelaties realistisch te beschrijven. De belangrijkste tekortkoming van deze benadering is dat ervan uit wordt gegaan dat de vermenigvuldiging onafhankelijk is van de beginpopulatie. In werkelijkheid echter loopt de vermenigvuldiging terug bij hogere begindichtheden. De mate waarin nematoden zich kunnen vermeerderen (de vermeerderingsfactor; =eindbesmetting ( $P_f$ )/beginbesmetting ( $P_i$ )) is afhankelijk van het besmettingsniveau voorafgaand aan de teelt van een gewas. Bij een lage beginbesmetting ( $P_i$ ) is er voldoende "leefruimte" en voedsel in de wortels. Er is dan geen concurrentie tussen de nematoden en de vermenigvuldiging is dan maximaal. Bij oplopende begindichtheden neemt de beschikbare ruimte en voedsel (per nematode) af, waardoor ook de vermeerdering (vermeerderingsfactor) afneemt. Wanneer er zoveel nematoden aanwezig zijn dat alle beschikbare voedingsplekken bezet zijn daalt de vermeerderingsfactor tot onder de één. De besmetting neemt dan ook niet meer verder toe en is de maximale einddichtheid bereikt. Elk gewas (ras) heeft zijn eigen specifieke maximale einddichtheid. De relatie tussen de begin- en eindbesmetting kan, voor vrijlevende nematodensoorten met meerdere generaties per jaar, zoals *M. chitwoodi*, beschreven worden met een logistisch model (Schomaker, C.H. & Been, T.H., 2006, Teklu 2018. Zie 2.3). Wanneer de eindbesmetting wordt uitgezet tegen de beginbesmetting kan op basis van het logistische model de zogeheten Seinhorstcurve worden gefit (zie figuur 1) en kunnen de populatie dynamische parameters  $a$  (maximale vermeerdering, gemeten bij lage dichtheden) en  $M$  (maximale eindbesmetting; gemeten bij hoge begin dichtheden) worden berekend. Op basis van deze parameters (het verloop van de Seinhorstcurve) kan de waardplantstatus van gewassen worden gedefinieerd (figuur 2).



**Figuur 1.** Relatie tussen beginbesmetting en eind-Besmetting volgens het Seinhorst model met de populatie dynamische parameters  $M$  en  $a$ .



**Figuur 2.** Schematische weergave van de relatie tussen begin ( $P_i$ )- en eindbesmetting ( $P_f$ ) bij verschillende waardgewassen. (Seinhorst, 1970, Schomaker, 2013)

Berekening van bovenstaand verband tussen  $P_i$  en  $P_f$  vereist wel dat er vrij veel metingen met een brede reeks van lage naar zeer hoge begindichtheden beschikbaar moet zijn. Als dit niet het geval is, kunnen  $a$  en  $M$  niet betrouwbaar worden geschat. Informatie over de waardplantstatus van gewassen, geschat op maar één of enkele  $P_i$ -waarde, is dan ook een zwakke basis.





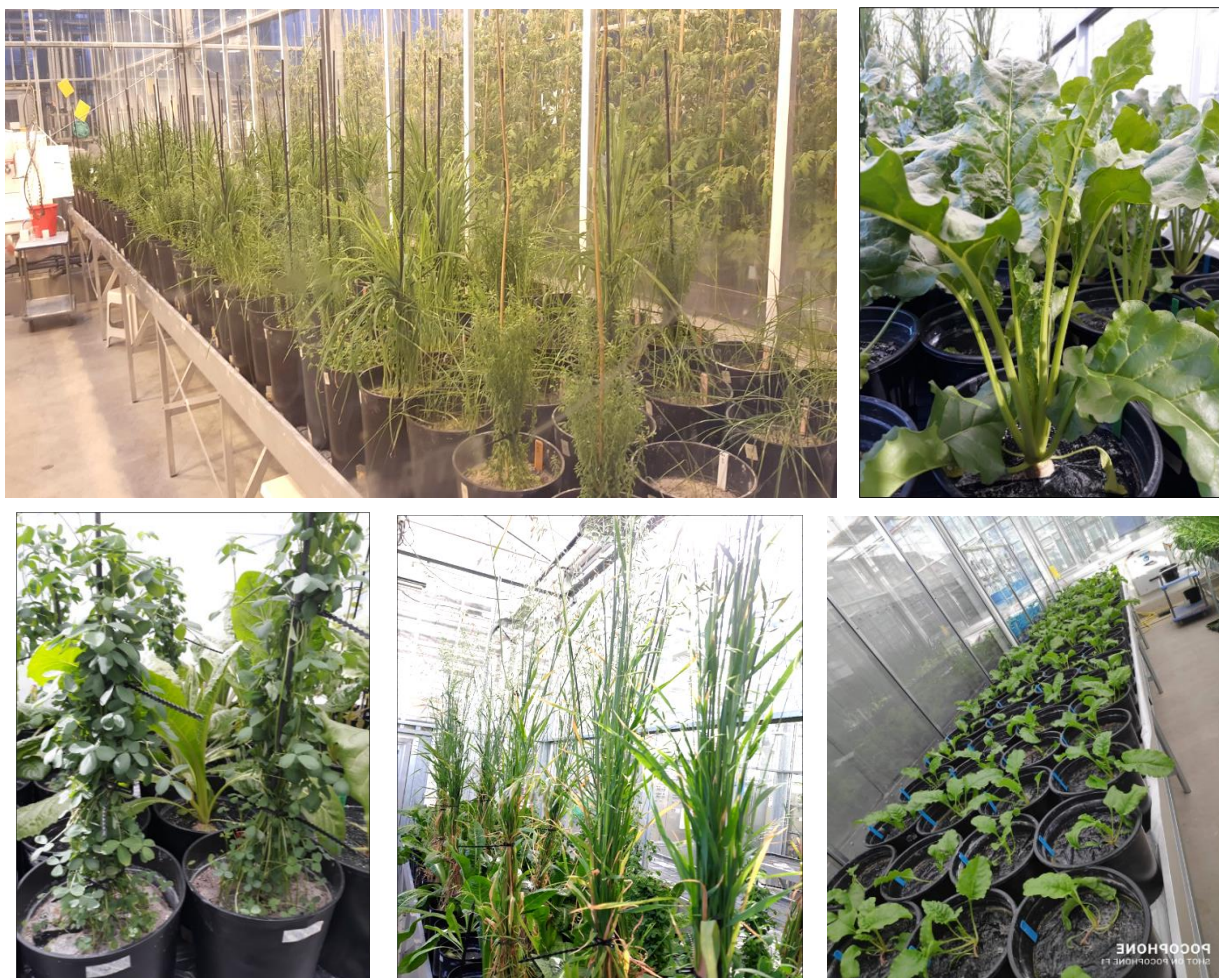
## 2 Opzet en uitvoering

### 2.1 Kasproeven

In 2019 en 2020 zijn door de Plant Science Group van Wageningen Universiteit en Research (WUR) kasproeven uitgevoerd. In potproeven onder geconditioneerde omstandigheden is de waardplantgeschiktheid (het resistentieniveau) van tien gewassen/rassen (zie tabel 1) voor *M. chitwoodi* getoetst. De selectie van de rassen is op basis van de prioritering door de projectgroep van het actieplan Mc/f. De vermeerdering van *M. chitwoodi* op de toetsgewassen wordt vergeleken met de vermeerdering op de voor *M. chitwoodi* goede waard Japanse haver (*Avena strigosa*). De toetsing is uitgevoerd met een dichthedenreeks *M. chitwoodi* zodat met het Seinhorst model de maximale vermeerdering (a) en maximale einddichtheid (M) kan worden berekend.

De zeer lage dichtheden zijn nodig om de maximale vermeerderingsfactor te bepalen en de hoge dichtheden om de maximale populatiedichtheid van het gewas te kunnen schatten.

De vermeerdering is bepaald bij negen *M. chitwoodi*-begindichtheden, oplopend van 0 naar 64 *M. chitwoodi* aaltjes per gram droge grond. Elke dichtheid in vier herhalingen. Proeven zijn uitgevoerd zoals beschreven door Teklu (2014).



**Foto 2.** Kasproeven waardplantgeschiktheidsonderzoek *M. chitwoodi*, 2018 en 2019



**Tabel 1** Gewassen waardplantgeschiktheidsonderzoek *M. chitwoodi*, kasproeven 2018 en 2019.

Toetsjaar	Gewas	Ras	Aantal planten per pot
<b>2018</b>	cichorei	Benulite	1
	witlof	Topmodel	1
	suikerbiet	Urselina	1
	suikerbiet	"resistent"	1
	luzerne	Alpha	10
	Japanse haver (ref.)	Pratex	14
<b>2019</b>	vlas	Marxlin	
	Ui	Hypark	62
	Rietzwenk	Tower	3
	rolklaver	Leo	10
	Japanse haver (ref.)	Pratex	14

### Kasomstandigheden

De proeven zijn uitgevoerd in een geconditioneerde quarantaine kas met een dag-nachtritme van 16 uur licht en een dag- en nachttemperatuur van respectievelijk 18-20°C en 15°C. de luchtvochtigheid werd op 70% gehouden.

### Grondmengsel

De proeven zijn uitgevoerd in 10-liter potten gevuld met kunstgrond. De kunstgrond is een mengsel van zilverzand, gemalen hydro-korrels, kleipoeder en voedingsoplossing (Steiner) en heeft de karakteristieken van een lichte zavelgrond.

### Inoculum

Kort voorafgaand aan het zaaien van de gewassen is de grond geïnoculeerd met suspensies van *M. chitwoodi* aaltjes (j2), afkomstig van een vermeerdering op tomaat. Vanuit de bulk suspensie is een logaritmische reeks aaltjesdichtheden van 0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 en 64 J2 per gram droge grond gemaakt. Om een zo homogeen mogelijke verdeling van de nematoden in de pot te verkrijgen is met lange injectienaalden per pot 20 x 3ml suspensie van de betreffende dichtheid geïnoculeerd.

### Teelt

In tabel x is van elk gewas het aantal planten per pot weergegeven. De bodemvochtigheid in de potten werd voor het zaaien op 10% gebracht en vervolgens op 12 tot 15% gehouden. Elke week werden de potten gewogen en werd de nodige hoeveelheid water toegevoegd om de verdamping en vochtopname door het gewas te compenseren. Tegelijkertijd werden de potten in de kas geroteerd om positie-effecten te voorkomen.

### Eindbesmetting

Vier maanden na zaai is de *M. chitwoodi* besmetting in de grond en in het wortelstelsel bepaald. De grond van elke pot is voorzichtig gemengd en een submonster van 800 gram is gespoeld met een Seinhorst-opspoelkan om de *M. chitwoodi* besmetting in de grond te bepalen.

De besmetting in het wortelstelsel is bepaald door het hele wortelstelsel in kleine (1 cm) stukjes te knippen en op zeven in een mistkast te plaatsen. Gedurende vier weken werden wekelijks de aaltjes die uit de wortels kropen opgevangen en geteld. De totale wortelstelsels zijn verwerkt om de variatie te minimaliseren. De eindbesmetting is de som van het berekend totaal aantal *M. chitwoodi* aaltjes in de grond en in het wortelstelsel. Om spreiding in de metingen te beperken werden minimaal 200 nematoden geteld. De belangrijkste gegevens van de proef zijn weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2.** Gegevens kasproef resistentie toetsing *M. chitwoodi*, 2018 en 2019

<b>Materiaal</b>	
potmaat	: 10L, hoogte: 27 cm, diameter: 25 cm
grondsoort	: kunstgrond
begindichtheden ( <i>M. chitwoodi</i> /gr grond)	: 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64
<i>M. chitwoodi</i> populatie	: Smakt
<b>Kascondities</b>	
dagtemperatuur	: 18-20 °C (16 uur)
nachttemperatuur	: 15°C (8 uur)
Dag-nacht ritme	: 16 uur – 8 uur
luchtvochtigheid	: Circa 70%
teeltduur	: 16 weken

## 2.2 Veldonderzoek

Het veldonderzoek is uitgevoerd op het *M. chitwoodi*-proefveld van WUR-OT te Vredepeel (Noord-Limburg). Deze dekzandgrond, met een natuurlijke *M. chitwoodi* besmetting, heeft een organisch stofgehalte van circa 4 procent en een pH van ruim 5. In het voorjaar van 2018 is de gras-klover op dit perceel doodgespoten en ingewerkt en zijn de voorbereiding voor het waardplantgeschiktheidsonderzoek (2019) gestart.

### 2.2.1 Aanleg dichtheidsniveaus (voorbereiding waardplantgeschiktheids onderzoek)

Voor het betrouwbaar vaststellen van de waardplantstatus (de populatie dynamische parameters; maximale vermeerdering en maximale einddichtheid) van een gewas/ras is het noodzakelijk om de vermeerdering te meten bij een brede begindichthedenreeks; van zeer lage tot zeer hoge beginbesmettingen. In 2018, het jaar voorafgaande aan het daadwerkelijke waardplantgeschiktheidsonderzoek, zijn vier groenbemesters geteeld die van elkaar verschillen in waardplantstatus voor *M. chitwoodi* (zie tabel 3). Engels raaigras wat een slechte waard is voor *M. chitwoodi*, de matige tot goede waard Italiaans raaigras en de voor *M. chitwoodi* goede waardgewassen rogge en Japanse haver. Japanse haver is niet winterhard en sterft in de winter af waardoor de besmetting, door natuurlijke sterfte, weer zal afnemen.

**Tabel 3.** Voorvruchten waardplantgeschiktheid-proefveld, Vredepeel 2018-2019.

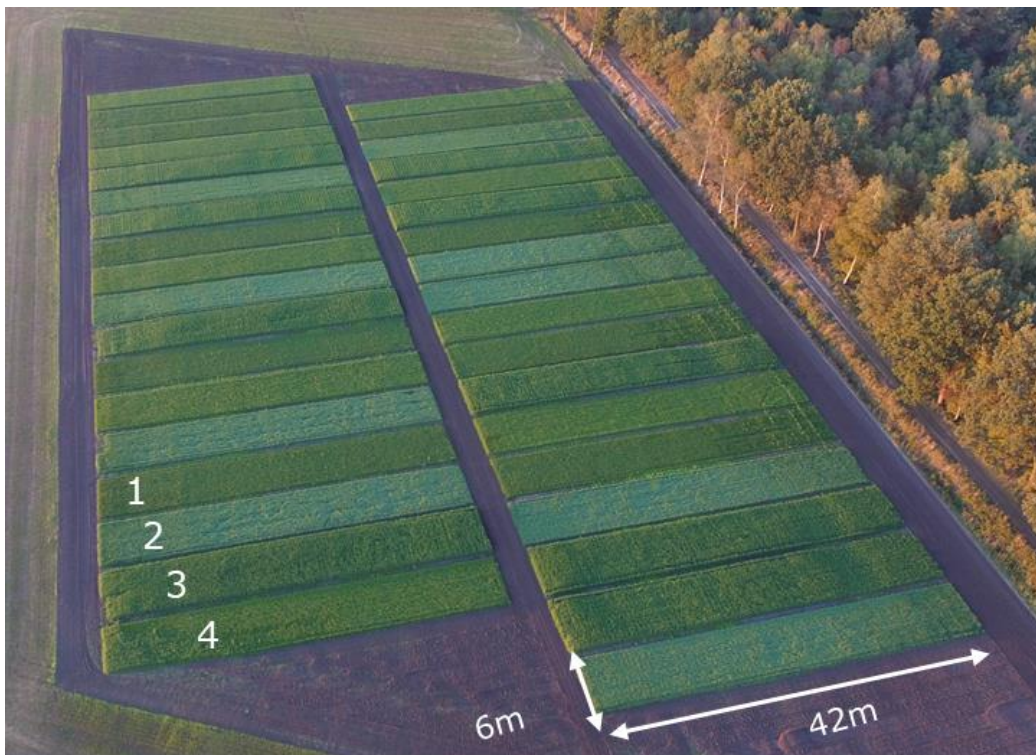
gewas	Ras	Waardplantstatus voor <i>M. chitwoodi</i>	Verwachte dichtheden
Engels raaigras	Mercedes	Slecht	Lage besmetting
Italiaans raaigras	Barprisma	Matig-goed	Matige tot hoge besmetting
Rogge	Ducato	Goed	Hoge besmetting
Japanse haver	Pratex	Goed (niet winterhard, wintersterfte)	Matige besmetting

In voorjaar van 2018, na het beëindigen van de gras-klover teelt, is het hele proefveld ingezaaid met de voor *M. chitwoodi* goede waard Japanse haver (Pratex). Half juli is de Japanse haver geklepeld en ingewerkt en begin augustus zijn op stroken van 6 x 42 meter de vier groenbemesters geteeld (zie foto 3). Per blok van vier stroken zijn de groenbemesters geward. In totaal zijn negen blokken aangelegd. Half maart 2019 zijn, met uitzondering van Japanse haver de groenbemesters doodgespoten. Eind maart zijn de groenbemesters geklepeld en ingewerkt. Begin april is een basisbemesting uitgevoerd en is het proefveld zaai/poot-klaar gelegd voor het waardplantgeschiktheidsonderzoek.

In drie blokken (4 stroken per blok) zijn als voorbereiding op het waardplantgeschiktheidsonderzoek aan groenbemesters de vier groenbemesters (Engels- en Italiaans raaigras, rogge en Japanse haver) opnieuw ingezaaid. Deze groenbemesters zijn op 7 mei gezaaid. Op 16 juli zijn de groenbemesters gemaaid en is het maaisel afgevoerd. Op 6 augustus is het proefveld zaai-klaar gelegd. De stoppel is ingefreesd en vervolgens gespit.

**Tabel 4** Voorbereidingen waardplantgeschiktheid-proefveld, Vredepeel 2018-2019.

Activiteit		
Afbreken teelt voorvrucht gras-klaver	:	maart 2018
Zaai Japanse haver	:	8 mei 2018
Afbreken teelt Japanse haver	:	12 juli 2018
Zaai groenbemesters	:	2 augustus 2018
Afbreken teelt groenbemesters	:	20 maart 2019
Zaai stroken groenbemesters voor wpg-groenbemesters	:	7 mei 2019
Afbreken teelt groenbemesters (maaien)	:	16 juli
Inwerken stoppel	:	6 augustus 2019



**Foto 3**, proefveld waardplantgeschiktheidsonderzoek; aanleggen van populatiedichtheden *M. chitwoodi* door de teelt van verschillende groenbemesters (1= rogge 2= Engels raaigras 3= Japanse haver, 4= Italiaans raaigras)

## 2.2.2 Onderzoek waardplantgeschiktheid (hoofdgewassen en groenbemesters)

In de veldproef is van twintig hoofdgewassen/rassen (cash crops) en tien groenbemesters (inclusief mengsels) de waardplantgeschiktheid (en de populatie dynamische parameters  $a$  en  $M$ ) voor *M. chitwoodi* bepaald. De vermeerdering op de gewassen wordt vergeleken met de vermeerdering op de goede waard gewassen Japanse haver en aardappel en met de natuurlijke sterfte bij zwarte braak (onkruidvrij). Dwars op de groenbemester-stroken zijn, per blok van vier stroken (c.q. voorvruchten) de verschillende toetsgewassen geteeld (proefveldschema: zie bijlage 1). Per strook zijn 11 plots van 3m breed en 6m lang (= breedte van de strook) aangelegd.

### 2.2.2.1 Veldproef waardplantgeschiktheid hoofdgewassen

Alle hoofdgewassen (zie tabel 5), met uitzondering van witlof, zijn 24 april gezaaid of gepoot. De witlof is op 9 mei gezaaid. De opkomst van de cichorei, witlof en rolklaver was vrij onregelmatig. De cichorei is op 17 mei overgezaaid en de rolklaver is op 25 juni bijgezaaid. Ondanks veel handwied-uren lukte het niet om het onkruid in de wikke-veldjes voldoende goed te beheersen. De wikke veldjes zijn op 16 juli gefreesd en direct daarna opnieuw ingezaaid. Alle gewassen zijn volgens gangbare praktijk geteeld. De Japanse haver begon in juli af te sterven en is half juli overgezaaid. De bladrammenas is in juli een keer geklepeld om hergroei te stimuleren.

Op 16 april, voorafgaand aan het zaaien van de hoofdgewassen, is per netto veldje (1.5 x 2.66m) de grondbemonstering uitgevoerd (zie 2.2.2.2.3) voor het vaststellen van de uitgangsdichtheid. In de witlof-veldjes is deze bemonstering op 9 mei, direct voor het zaaien van de witlof, uitgevoerd.

Na de "oogst" van de gewassen (afbreken van de teelt) is de nabemonstering uitgevoerd. Voor de gewassen vlas, zomergerst en zomertarwe is de nabemonstering op 16 juli uitgevoerd, voor aardappel en zaauien op 24 september en voor de overige gewassen op 19 november.

Op elk nabemonsteringstijdstip zijn ook de referentie-objecten braak en Japanse haver bemonsterd.

In onderstaande tabel zijn van de hoofdgewassen het zaai- en "oogst" moment weergegeven en het moment waarop bij het betreffende gewas de nabemonstering is uitgevoerd.



**Foto 4.** Overzicht waardplantgeschiktheidsproefveld, Vredepeel, 31 augustus



**Tabel 5.** Gegevens veldproef waardplantgeschiktheidsonderzoek *M. chitwoodi* hoofdgewassen, Vredepeel 2019

Gewas	ras	zaaidatum	"oogst"moment	Pf bemonstering
Japanse haver (ref.)	Pratex	24 april*	4 nov	5 aug - 2 okt -19 nov
Italiaans raaigras (ref.)	Barprisma	24 april	4 nov	19 nov
Bladrammenas (ref.)	Doublet	24 april	4 nov	19 nov
Aardappel (ref.)	Hansa	24 april	24 sept	2 okt
Vlas	Marxlin	24 april	16 juli	5 aug
Zomergerst	Irina	24 april	16 juli	5 aug
zomertarwe	Tybald	24 april	16 juli	5 aug
zaaiuien	Centro	24 april	24 sept	2 okt
	Hypark	24 april	24 sept	2 okt
	RS 077511481	24 april	24 sept	2 okt
suikerbiet	Urselina	24 april	4 nov	19 nov
	Resistent	24 april	4 nov	19 nov
cichorei	BenuLite	24 april	4 nov	19 nov
Witlof	Topmodel	9 mei	4 nov	19 nov
Luzerne	Artemis	24 april	4 nov	19 nov
	Blue moon	24 april	4 nov	19 nov
	Timbale	24 april	4 nov	19 nov
Wikke	Jose	24 april	4 nov	19 nov
Rietzwenkgras	Tower	24 april	4 nov	19 nov
Rolklaver	Leo	24 april	4 nov	19 nov

\* gewas is half juli overgezaaid.



**Foto 5.** Waardplantgeschiktheid-proefveld Vredepeel, 26 juni 2019

### 2.2.2.2 Veldproef waardplantgeschiktheid groenbemesters

De groenbemesters en groenbemestermengsels (zie tabel 6) zijn op 7 augustus gezaaid. De opkomst en gewasontwikkeling van alle groenbemesters was goed. Er zijn geen groenbemesters over- of bijgezaaid. De teelt van de groenbemesters is op 2 december afgebroken. Het gewas is geklepeld en de stoppel licht ingefreesd. Op 5 augustus, enkele dagen voor het zaaien van de groenbemesters is de voorbemonstering uitgevoerd. Op 2 december zijn de grondmonsters voor het bepalen van de eindbesmetting gestoken.

**Tabel 6** Gegevens veldproef waardplantgeschiktheidsonderzoek *M. chitwoodi* groenbemesters, Vredepeel 2019

groenbemester	ras	zaaidichtheid (kg/ha)
Japane haver (ref.)	Pratex	80
Bladrammenas	Radical	30
Bladrammenas	Adios	30
Bladrammenas	Terranova	30
Facelia	BeeHappy	10
wikke	Ameli	125
Japane haver + bladrammenas	Pratex + Radical	40+15
Japane haver + bladrammenas	Pratex + Teranova	40+15
Facelia + bladrammenas	BeeHappy + Terranova	7+15
Wikke + bladrammenas	Ameli + Terranova	70+15

### 2.2.2.3 Grondbemonstering en analyse

Voorafgaand aan het zaaien/poten van de gewassen en groenbemesters en na het beëindigen van de teelt zijn grondmonsters gestoken om het effect van de gewassen op de besmetting van *M. chitwoodi* te bepalen. Per netto veldje (1,5 × 2,7 m) is de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Verspreid over het netto veldje is met een 12 mm grondboor ruim 1 L grond verzameld. Van elk veldje is het grondmonster voorzichtig gemengd, waarna een submonster van 100 mL (120 g) is genomen voor het bepalen van de aaltjesbesmetting.

Het 100 mL submonster 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 drie dagen geïncubeerd bij 20°C, waarna de nematoden zijn afgetapt in 100 mL water (=spoelfraction). Het totale aantal *M. chitwoodi*-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. chitwoodi* in de twee submonsters van 10 ml (per fraction) is ook het aantal *M. chitwoodi*-aaltjes in de rest-suspensie geteld.

### 2.2.3 Nateelt *M. chitwoodi*-gevoelig gewas (aardappel)

Op de waardplantgeschiktheid-proef is in 2020 een volgteelt met het voor *M. chitwoodi* gevoelige aardappelras 'Hansa' uitgevoerd. Via de symptoomexpressie in de geogste knollen wordt duidelijk of de mate van waardplantgeschiktheid/resistentie van de "medicijnplanten" en groenbemesters schade in aardappel kan voorkomen of tot een acceptabel niveau kan beperken en goed genoeg is voorvrucht binnen het slimme bouwplan. De teelt van een vatbaar aardappelras na hoofdgewas en/of groenbemester is een gevoelige toets om kleine verschillen in *M. chitwoodi*-besmettingen, die te verwachten zijn na de teelt van gewassen die een slechte of niet waard zijn (een hoog niveau van resistente bezittingen), te meten.

### 2.2.3.1 Nateelt aardappel

Half maart is het proefveld bemest met 500 kg K-60 per ha en 400 kg KAS per ha.

Op 29 april is de hoofdgrondbewerking uitgevoerd en is het proefveld 25 cm diep gespit. Vervolgens zijn op 30 april op de aardappelen cv. Hansa op een plantafstand van 0,75 x 0,38 cm gepoot (zie tabel 7). Direct na het potten zijn de ruggen aangeeard. De aardappelen zijn volgens de voor de regio Zuidoost-Nederland gangbare methode geteeld. Gewasbehandelingen zoals bemesting, beregening en gewasbescherming zijn volgens gangbare praktijkadviezen uitgevoerd. 2020 was een bijzonder warm en ook droog jaar. Het proefveld is vier keer beregend (20 mm); op 17 en 31 mei en op 20 en 30 juli beregend.

Op 14 oktober zijn de aardappelen handmatig geoogst. Per veldje zijn 100 knollen verzameld voor het bepalen van de mate van knolaantasting. In de proef is geen opbrengstbepaling uitgevoerd. Alleen wanneer het besmettingsniveau van *M. chitwoodi* in een perceel zeer hoog is kan er groeiremming optreden met enige opbrengstschade (minder kg geoogst product) tot gevolg.

**Tabel 7** Proefveldgegevens nateelt aardappel, waardplantgeschiktheidsproef, Vredepeel 2020

ras	Hansa
Pootafstand	27 cm
Rij-afstand	75 cm
Pootdatum	30 april 2020
Oogstdatum	14 oktober 2020 (handmatig)

Onderschrift (Tabelonderschrift).



**Foto 6.** Nateelt aardappel op het waardplantgeschiktheid-proefveld Vredepeel, juni 2020

### 2.2.3.2 Beoordeling knolaantasting

De mate van knolaantasting door *M. chitwoodi* is bepaald door uit de totale opbrengst van een veldje aselekt dertig knollen te nemen en deze te beoordelen op symptomen van *M. chitwoodi* – aantasting. De mate van aantasting is verdeeld in vijf klassen (zie tabel 8 en foto's 7 en 8). De knollen zijn op basis van de mate van aantasting ingedeeld in deze klasse en het aantal knollen per klasse is geteld. Op basis van deze classificatie is volgens onderstaande formule de **KnolAantastingsIndex (KAI)** berekend.

$$KAI = \left( (\# \text{ knollen klasse } 0 + 1) \times 0 \right) + (\# \text{ knollen klasse } 2 \times 10) + (\# \text{ knollen klasse } 3 \times 33) + (\# \text{ knollen klasse } 4 \times 100) \quad / \quad (\text{totaal \# beoordeelde knollen})$$

**Tabel 8** Beoordelingsschaal voor knolaantasting van *Meloidogyne chitwoodi* bij aardappel.

Klasse	Symptomen (uitwendig)	Ei-pakketten onder de schil
0	geen knobbels	nee
1	geen knobbels	ja
2	< 30 % knoloppervlakte aangetast	ja
3	30 – 100 % knoloppervlakte aangetast	ja
4	zwaar misvormd	ja

Onderschrift (Tabelonderschrift).



**Foto 7.** Zwaar door *M. chitwoodi* aangetaste aardappelknollen (cv Hansa)



**Foto 8.** *M. chitwoodi* aangetaste knol met ei-pakketten onder de schil

De index loopt van 0 (geen aantasting) tot 100 (zeer zwaar aangetast). Partijen consumptieaardappelen met een KnolAantastingsIndex tussen 0 en 10 worden over het algemeen goedgekeurd en kunnen zonder problemen worden verhandeld. Een index van 10 tot 20 kan problemen geven bij de tarrering en partijen met een index hoger dan 20 geven zeker problemen bij de afzet, met name in jaren dat er voldoende aardappelen op de markt zijn.

Voor aardappelpootgoed geldt echter een nultolerantie: pootgoed moet vrij zijn van *M. chitwoodi*.



## 2.3 Statistische analyse

Het populatiedynamische Seinhorstmodel is gebruikt om de populatie-ontwikkeling van *M. chitwoodi* op de verschillende gewassen te beschrijven. De twee populatiedynamische parameters maximale vermeerdering ( $a$ ) en maximale populatiedichtheid ( $M$ ) zijn geschat volgens de vergelijking

$$Pf = M \times Pi / (Pi + M / a) \quad (1)$$

Dit is het model van Seinhorst voor migratoire nematoden met meerdere generaties per jaar (Teklu, 2018).

Om de gegevens te analyseren en te modelleren is gebruik gemaakt van R versie 4.2.1 (R Core Team, 2022) en RStudio® versie 2022.07.0 (RStudio Team, 2022). Het populatie dynamica model van Seinhorst zoals beschreven door Schomaker & Been (2013) werd gefit om de relatie tussen  $P_i$  en  $P_f$  te beschrijven en de parameters van het model werden geschat. De inverse van de hessiaan (de matrix van de tweede-orde partiële afgeleiden van de functie) werd gebruikt om de standaardfout van de parameters te schatten. Het gemiddelde en de variantie van de  $P_f$  werd berekend na logaritmische transformatie van de gegevens. De logaritme van nul is niet te bepalen. Om toch met een  $P_f$ -waarde van nul te kunnen rekenen, is in de kas- en veldproeven voor verschillende oplossingen gekozen. In de kasproeven werden nulwaarden vervangen door  $0.5 \times P_{f_{\text{minimum}}}$  (de helft van de minimale niet-nulwaarde van het object). In de veldproeven werd de logaritme berekend van  $P_f + 1$ . Deze keuze werd gemaakt, omdat in de kasproeven werd gerekend met aantallen per gram grond en in de veldproeven met aantallen per 100 mL grond. De gangbare methode ( $\log(x+1)$ ) voldeed voor de veldwaarnemingen, maar voor de kasproeven waarin de dichtheid voor een kleinere eenheid werd berekend, zou optellen van één een grote afwijking van de gemeten waarde betekenen. De geschatte waarden van  $a$  en  $M$  werden vergeleken met een Anova gevolgd door een Tukey HSD-test.

De relatieve vatbaarheid van de resistente suikerbiet werd berekend met de verhouding van de populatiedynamische parameters.

$$RSa = a_{\text{res}} / a_{\text{sus}} \times 100 \quad (2)$$

$$RSM = M_{\text{res}} / M_{\text{sus}} \times 100 \quad (3)$$

De definitie van alle parameters wordt gegeven in Tabel 9.

**Tabel 9.** Definitie van de parameters die worden gebruikt in het populatiedynamische Seinhorstmodel

Term	Omschrijving	Dimensie (kas)	Dimensie (veld)
$P_i$	Nematodendichtheid bij planten/zaaien	J2 (g droge grond) <sup>-1</sup>	J2 (100 mL verse grond) <sup>-1</sup>
$P_f$	Nematodendichtheid bij oogst	J2 (g droge grond) <sup>-1</sup>	J2 (100 mL verse grond) <sup>-1</sup>
$a$	Maximale vermeerderingsfactor	-	-
$M$	Maximale populatiedichtheid	J2 (g droge grond) <sup>-1</sup>	J2 (100 mL verse grond) <sup>-1</sup>
$RS$	Relatieve Vatbaarheid	%	%
$RSa$	Relatieve Vatbaarheid gebaseerd op parameter $a$	%	%
$RSM$	Relatieve Vatbaarheid gebaseerd op parameter $M$	%	%

Onderschrift (Tabelonderschrift).

De resultaten van de knolbeoordeling zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows Genstat 19th Edition. De data zijn geanalyseerd met ANOVA. 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.

---

## 3 Resultaten

In onderstaande paragrafen wordt achtereenvolgens de resultaten van de potproeven (2018, 2019), de veldproef waardplantgeschiktheid (2019) en de nateelt aardappelen (2020) beschreven.

### Kasproeven

In 2018 is in een kasproef de vermeerdering van *M. chitwoodi* op een vatbare en resistente suikerbiet, witlof, cichorei en luzerne getoetst. In 2019 is de proef uitgevoerd met vlas, zaaiuien, rietzwenk en rolklaver. In beide proeven wordt de vermeerdering van *M. chitwoodi* op de toetsgewassen vergeleken met de vermeerdering op de voor *M. chitwoodi* goede waard Japanse haver.

#### 3.1.1 Kasproef 2018

Na een teeltduur van 16 weken is de eindbesmetting *M. chitwoodi* bepaald. In onderstaande figuren (figuur 3) is de gemiddelde eindbesmetting, van de 5 herhalingen, per dichtheid uitgezet tegen de besmetting voorafgaand aan de teelt. De stippellijn geeft aan wanneer de eindbesmetting gelijk is aan de beginbesmetting.

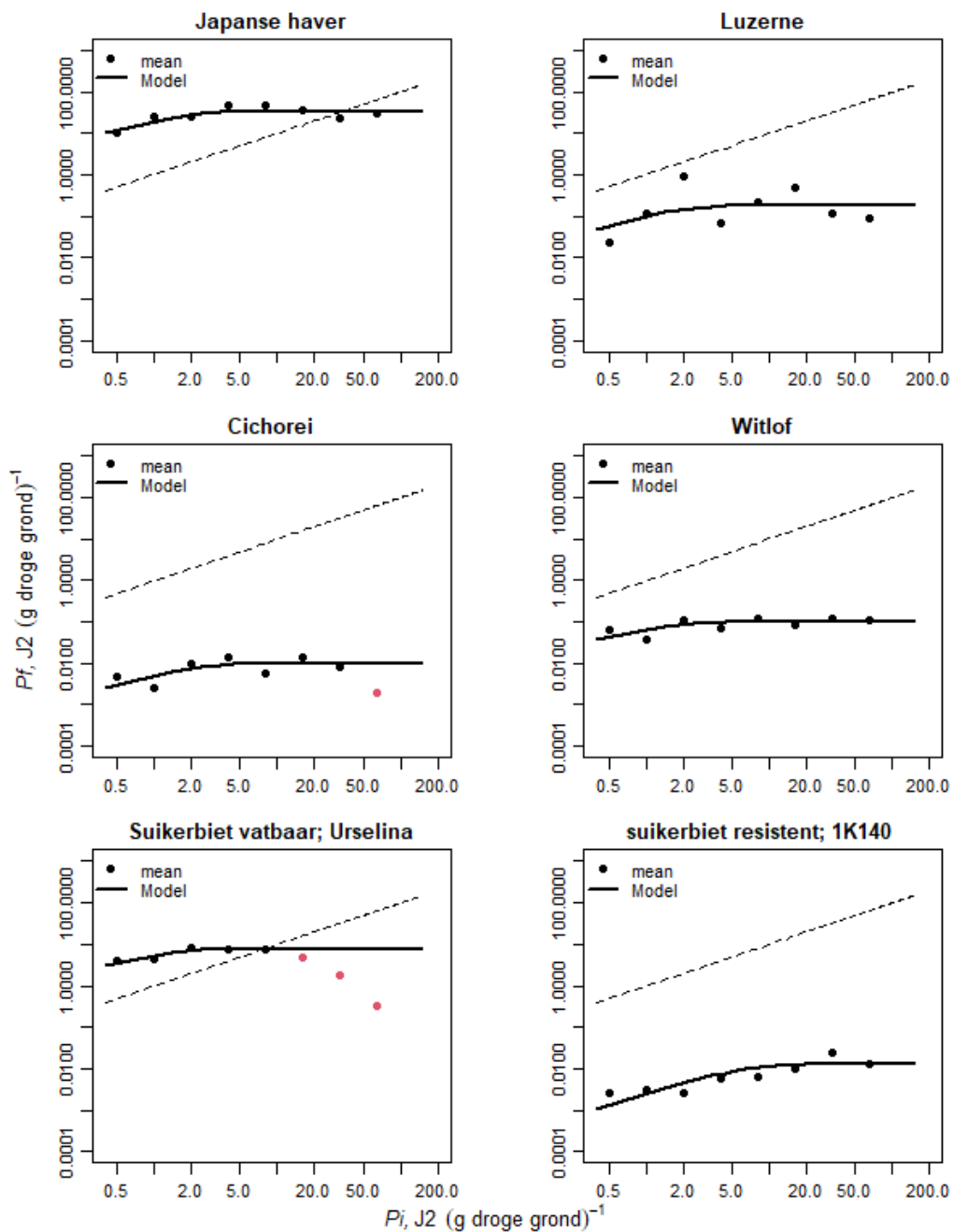
Bij de goede waard Japanse haver (*Avena strigosa*) nam de besmetting sterk toe. Dit referentie gewas heeft de hoogste waarden voor maximale vermeerderingssnelheid ( $a = 29$ ) en maximale einddichtheid (M). De maximale eindbesmetting bij dit gewas is ruim 34 juvenielen per gram grond (tabel 10).

Bij de teelt van luzerne, witlof en cichorei nam de besmetting, bij alle begindichtheden, (sterk) af. De vermeerderingsfactor en maximale einddichtheid van deze gewassen is veel (en betrouwbaar) lager dan die van Japanse haver. De maximale einddichtheid voor luzerne, witlof en cichorei is respectievelijk 0.19, 0.10, en 0.01 *M. chitwoodi* aaltje per gram grond met een vermeerderingsfactor van respectievelijk 0.14, 0.12 en 0.01 (tabel 10).

Bij het vatbare bieten ras (Urselina) nam de besmetting toe tot maximaal 7.7 juvenielen per gram droge grond. De maximale vermeerderingsfactor bij dit ras is 9.8. Bij een lage beginbesmettingen nam de besmetting licht toe en ligt de eindbesmetting boven de beginbesmetting (stippellijn). Bij een beginbesmetting van 8 juvenielen per gram droge grond of hoger was de eindbesmetting lager dan de beginbesmetting en nam het besmettingsniveau af.

Bij deze vatbare biet werd bij een beginbesmettingen van 10 juvenielen per gram droge grond of meer de groei van het gewas geremd. Hierdoor waren er voor de nematoden minder voedingsplekken, en nam de vermeerdering licht af.

De maximale vermeerdering van *M. chitwoodi* op het resistente bietenras is erg laag. Bij alle begindichtheden nam de besmetting bij dit ras af (tabel 11). De maximale eindbesmetting van dit bietenras is 0.01 *M. chitwoodi* aaltje per gram droge grond en ligt daarmee ver onder de maximale eindbesmetting van het gangbare ras (7.7). De maximale eindbesmetting bij het resistente ras is 0.123% van de vermeerdering op het gangbare bieten ras; dat wil zeggen een relatieve vatbaarheid van 0.123%.



**Figuur 3.** Relatie tussen begin- en eindbesmetting *M. chitwoodi* en bij de Japanse haver, luzerne, witlof, cichorei en bij een resistent- en gangbaar bieten ras, kasproef 2018. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 10.** Maximale vermeerderingsfactor ( $a$ ) en maximale populatie dichtheid ( $M$ ) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times P_i / (P_i + M/a)$ ). Waarbij:  $a$  = maximale vermeerderingsfactor;  $M$  = maximale populatiedichtheid in J2aantal *M. chitwoodi* aaltjes per gram droge grond);  $Sea$  en  $seM$  = standaardfout van  $a$  en  $M$ ;  $df$  = vrijheidsgraden,  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie

Gewas	$a$	$M$	$Sea$	$seM$	$R^2$	$df$
Japanse haver	29.51	34.36	7.9	4.48	0.64	6
Luzerne	0.14	0.19	0.12	0.09	0.13	6
Witlof	0.12	0.1	0.05	0.02	0.22	6
Cichorei	0.01	0.01	0	0	0.28	5

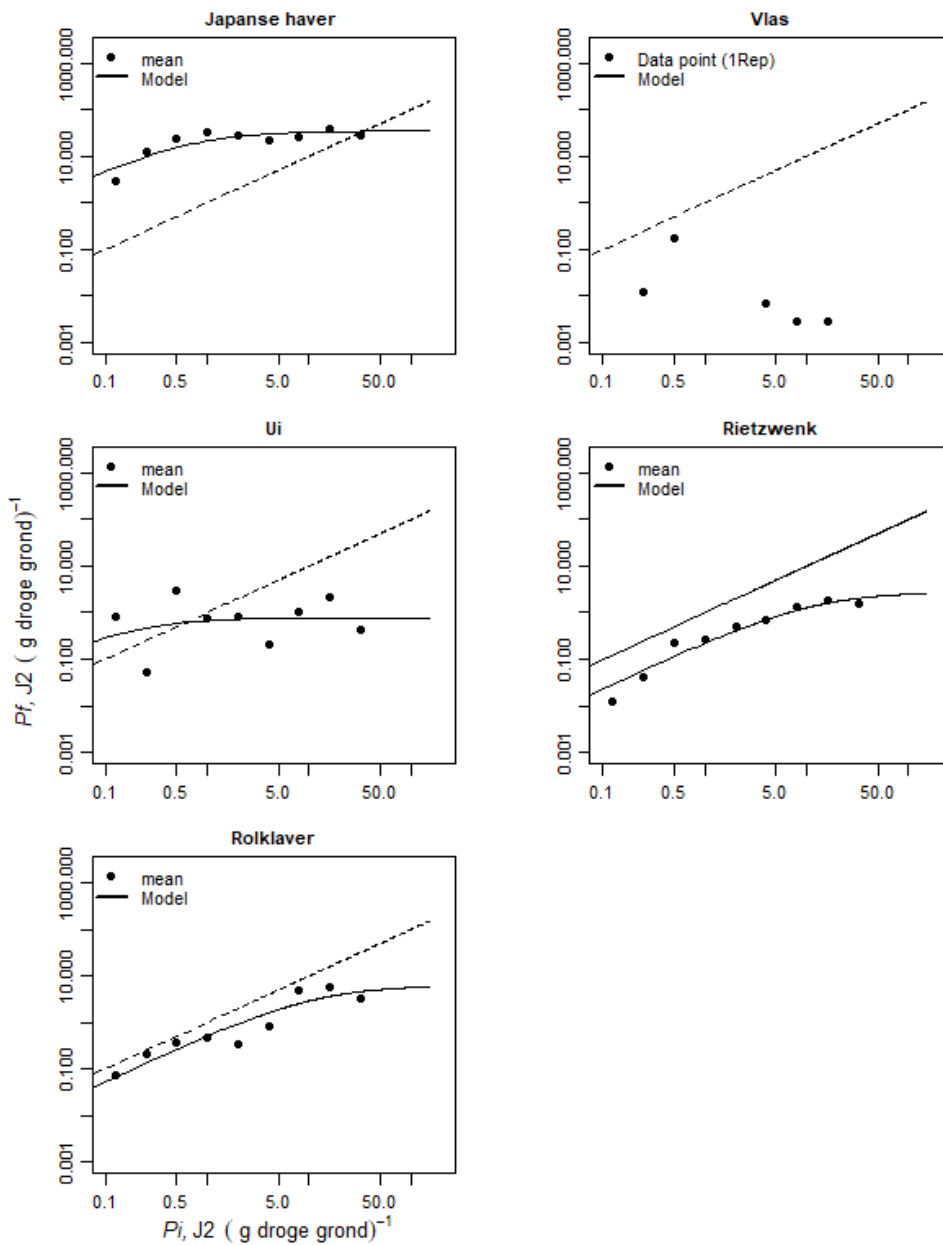
**Tabel 11.** Maximale vermeerderingsfactor ( $a$ ) en maximale populatie dichtheid ( $M$ ) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times P_i / (P_i + M/a)$ ). Waarbij:  $a$  = maximale vermeerderingsfactor;  $M$  = maximale populatiedichtheid in J2aantal *M. chitwoodi* aaltjes per gam droge grond);  $Sea$  en  $seM$  = standaardfout van  $a$  en  $M$ ;  $df$  = vrijheidsgraden,  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie,  $RSa$  (%) and  $RSM$  (%) = relatieve vatbaarheid voor  $a$  en  $M$

Gewas	$a$	$M$	$Sea$	$seM$	$R^2$	$RSa$ (%)	$RSM$ (%)	$df$
Suikerbiet (vatbaar)	9.78	7.71	1.9	0.79	0.78	100	100	3
Suikerbiet (resistent)	0.001	0.01	0	0	0.61	0.01	0.123	6

### 3.1.2 Kasproef 2019

In deze tweede kasproef is de vermeerdering van *M. chitwoodi* op vlas, ui, rietzwenk en rolklaver onderzocht. Ook in deze proef werd na de teelt van Japanse haver de sterkste vermeerdering ( $a=53$ ) en hoogste eindbesmettingen ( $M=35$ ) gemeten (figuur 4, tabel 12).

Na de teelt van vlas was de besmetting met *M. chitwoodi* zeer laag. In slecht vijf van alle monsters (3 grondmonsters en 2 wortelmonsters) werden nog enkele *M. chitwoodi* aaltjes gevonden. Door deze zeer lage aantallen was het niet mogelijk om met het Seinhorstmodel de maximale vermeerdering en maximale einddichtheid voor vlas te berekenen. De teelt van zaaiuien in de potten met kunstgrond bleek lastig. De groei was erg onregelmatig. Hierdoor nam de spreiding in de metingen van de eindbesmetting sterk toe. De maximale vermeerderingsfactor voor ui (in deze proef) is 4.9 met een vrij lage maximale einddichtheid van 0.78 aaltjes per gram droge grond. Zowel rietzwenk als rolklaver hebben een lage maximale vermeerderingsfactor, respectievelijk 0.23 en 0.54. De maximale populatiedichtheid van rolklaver ( $M=6.24$ ) ligt dicht bij de evenwichtsdichtheid (eindbesmetting=beginbesmetting) en is wat hoger dan die van Rietzwenk ( $M=2.77$ ).



**Figuur 4.** Relatie tussen begin- en eindbesmetting *M. chitwoodi* en bij de Japanse haver, vlas, ui, rietzwenk en rolklaver, kasproef 2019. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 12.** Maximale vermeerderingsfactor (*a*) en maximale populatie dichtheid (*M*) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$ ). Waarbij: *a* = maximale vermeerderingsfactor; *M* = maximale populatiedichtheid in J2aantal *M. chitwoodi* aaltjes per gam droge grond); *Sea* en *seM* = standaardfout van *a* en *M*; *df* = vrijheidsgraden,  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie

<b>Gewas</b>	<b><i>a</i></b>	<b><i>M</i></b>	<b><i>Sea</i></b>	<b><i>seM</i></b>	<b><math>R^2</math></b>	<b><i>df</i></b>
Japanse haver	53.15	34.78	15.97	6.61	0.76	7
vlas	n b*	n b	NA	NA	NA	NA
ui	4.91	0.78	10.11	0.38	-0.09	7
Rietzwenk	0.23	2.77	0.05	1.32	0.92	7
Rolklaver	0.54	6.24	0.16	0.45	0.84	7

\* *Niet berekend*

## 3.2 Veldproef

### 3.2.1 Aanleg dichtheidsniveaus (voorbereiding wpg-onderzoek)

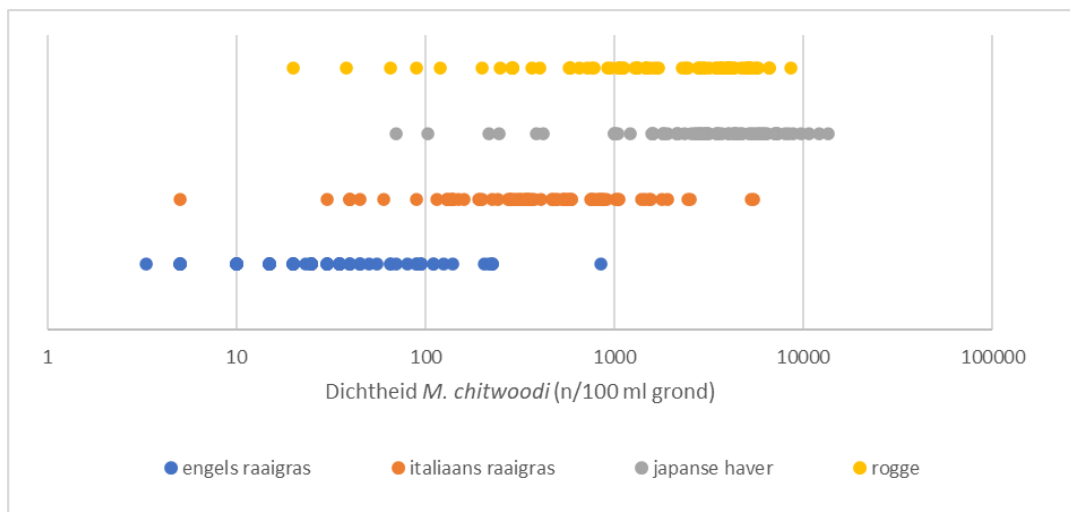
#### 3.2.1.1 Hoofdgewassen

In 2018 zijn op het proefveld stroken met Engels raaigras, Italiaans raaigras, rogge en Japanse haver geteeld om een dichthedenreeks van *M. chitwoodi* besmetting op te bouwen. Door de teelt van deze gewassen, die verschillen in waardplantgeschiktheid voor *M. chitwoodi*, werd een brede dichthedenreeks gerealiseerd. De laagste dichtheid, van 1 *M. chitwoodi*/100 ml grond, werd (in voorjaar 2019) gevonden na de voor *M. chitwoodi* slechte waard Engels raaigras (zie tabel 13). Na de teelt van Japanse haver werd de hoogste dichtheid gemeten; 13590 *M. chitwoodi*/100 ml grond.

Door de natuurlijke variatie in *M. chitwoodi* dichtheden voorafgaand aan het zaaien van de gewassen in 2018, varieert de (eind) besmetting ook binnen een gewas sterk (zie tabel 13 en figuur 5).

**Tabel 13.** Besmetting *M. chitwoodi* (n/100 ml grond) na de teelt (2018) van groenbemesters, waardplantgeschiktheidsproef Vredepeel april 2019.

Gewas	Ras	Waardplantstatus voor <i>M. chitwoodi</i>	Gemiddeld (n/100 ml grond)	minimum	maximum
Engels raaigras	Mercedes	Slecht	42	1	225
Italiaans raaigras	Barprisma	Matig-goed	558	5	2530
Rogge	Ducato	Goed	2517	20	8520
Japanse haver	Pratex	Goed (niet winterhard, wintersterfte)	4154	65	13590



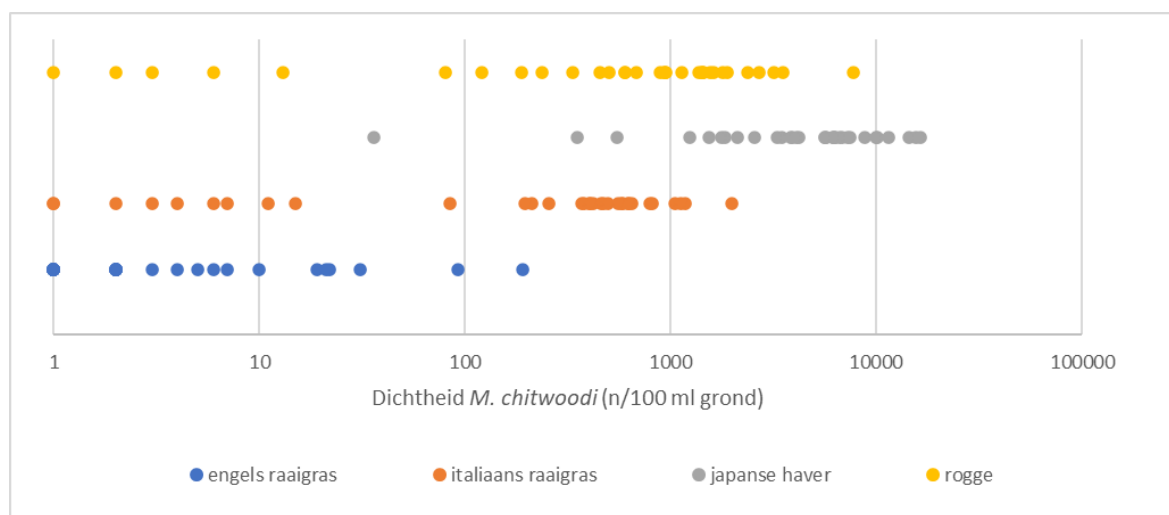
**Figuur 5.** Dichtheden *M. chitwoodi* gemeten in voorjaar 2019 na de teelt van verschillende groenbemesters (2018)

### 3.2.1.2 groenbemesters

Begin mei zijn, als voorbereiding op het waardplantgeschiktheidsonderzoek aan groenbemesters, op drie blokken (4 stroken per blok) de vier groenbemesters Engels- en Italiaans raaigras, Japanse haver en rogge opnieuw ingezaaid. Op 16 juli is de teelt van deze groenbemesters afgebroken. Door de teelt van deze gewassen werd een brede dichthedenreeks gerealiseerd (tabel 14), variërend van zeer laag na Engels- en Italiaans raaigras en rogge (1 *M. chitwoodi*/100 ml grond) tot zeer hoge dichtheden na de teelt van Japanse haver (16341 *M. chitwoodi*/100 ml grond).

**Tabel 14** Besmetting *M. chitwoodi* (n/100 ml grond) na de (zomer)teelt van groenbemesters, waardplantgeschiktheidsproef groenbemesters, Vredepeel augustus 2019.

Gewas	Ras	Waardplantstatus voor <i>M. chitwoodi</i>	Gemiddeld (n/100 ml grond)	minimum	maximum
Engels raaigras	Mercedes	Slecht	13	1	192
Italiaans raaigras	Barprisma	Matig-goed	447	1	1988
Rogge	Ducato	Goed	1232	1	7691
Japanse haver	Pratex	Goed (niet winterhard, wintersterfte)	5801	36	16341



**Figuur x.** Dichtheden *M. chitwoodi* gemeten begin augustus 2019 na de (zomer)teelt van verschillende groenbemesters, Vredepeel 2019



### 3.2.2 Onderzoek waardplantgeschiktheid

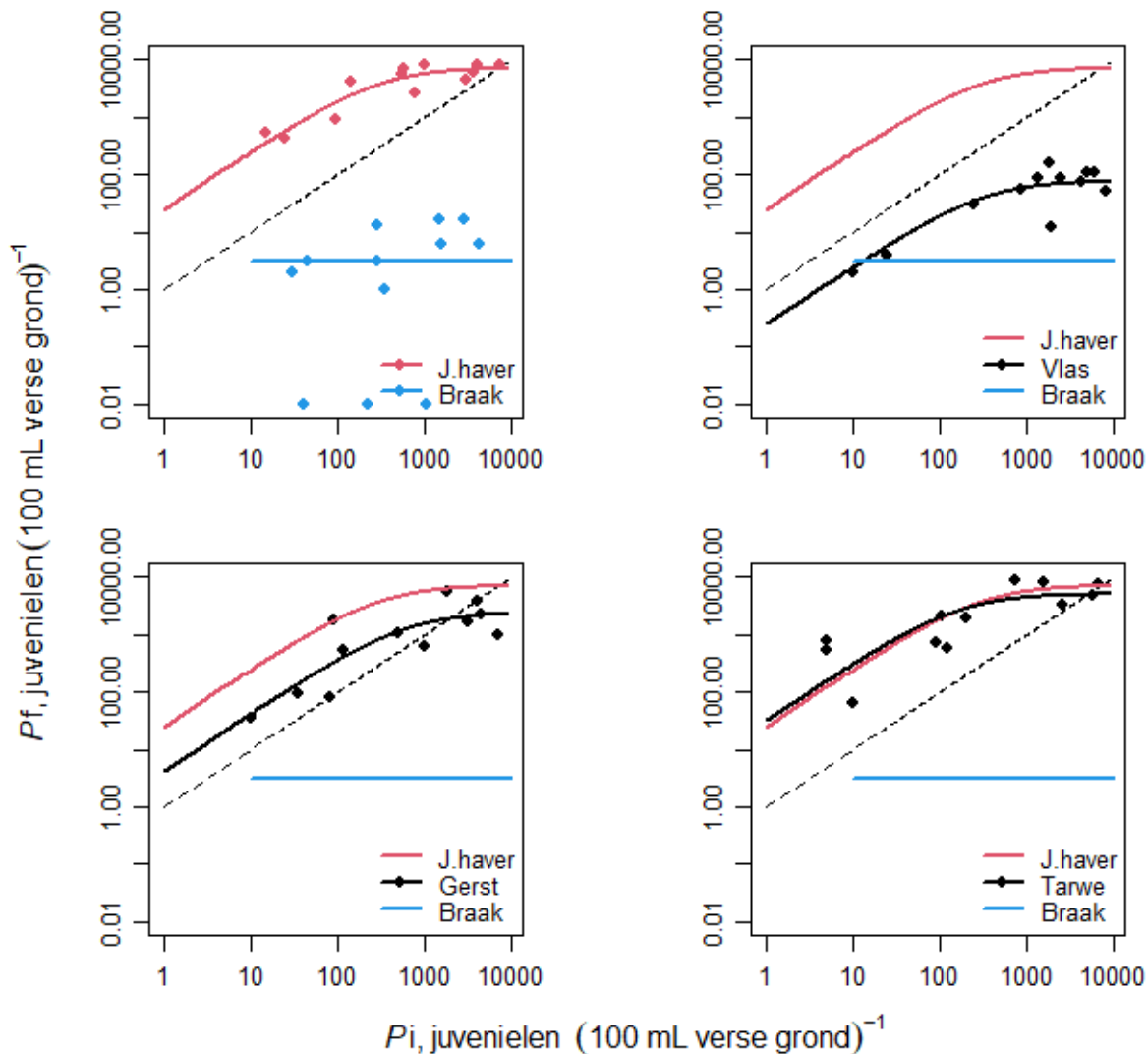
Na de oogst (afbreken van de teelt) van de gewassen is de eindbesmetting *M. chitwoodi* bepaald. De nabemonstering bij vlas, zomergerst en zomertarwe is op 5 augustus uitgevoerd. De aardappelen en zaaiuien zijn in september geoogst. Bij deze gewassen is de nabemonstering op 2 oktober uitgevoerd. Een maand later, op 4 november, is de nabemonstering bij de overige gewassen uitgevoerd. De eindbesmetting van de gewassen wordt vergeleken met de besmetting na zwarte braak (afname van de populatie door natuurlijke sterfte) en de goede waard Japanse haver.

#### Gewassen die in juli zijn geoogst (Pf-5 augustus)

Begin augustus is de *M. chitwoodi* besmetting in de braak veldjes door natuurlijke sterfte afgenomen tot gemiddeld 3 *M. chitwoodi* per 100 ml grond. Bij de goede waard Japanse haver is de besmetting sterk toegenomen tot een maximale dichtheid (M) van ruim 7000 *M. chitwoodi* per 100 ml grond.

Van de gewassen die in augustus zijn geoogst, is de vermeerderingsfactor (a) van vlas het laagste, gevolgd door gerst (Tabel 15, figuur 6). De a van tarwe was significant hoger, maar verschilde niet significant van de hoogste waarde van de goede waard Japanse haver.

De maximale einddichtheid van vlas (M=78) was significant hoger dan de gemiddelde Pf in de braak, maar lager dan van de andere gewassen. De M van gerst (2426) was beduidend hoger, maar significant lager dan van tarwe (M=5121) en Japanse haver. De M van tarwe en Japanse haver verschilde niet significant.



**Figuur 6.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor vier gewassen die geoogst zijn in augustus 2019. De  $P_i$  is bepaald in maart 2019. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde; wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergegeven op logaritmische schaal. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 15.** Maximale vermeerderingsfactor (*a*) en maximale populatie dichtheid (*M*) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$  bij oogst in augustus 2019. Waarbij: *a* = maximale vermeerderingsfactor; *M* = maximale populatiedichtheid in J2 aantal *M. chitwoodi*-aaltjes per 100 mL verse grond); *se a* en *se M* = standaardfout van *a* en *M*;  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie, *df* = vrijheidsgraden. Verschillende letters achter de *a*- en *M*-waarden geven significante verschillen tussen de gewassen weer.

Gewas	<i>a</i>		<i>M</i>		<i>se a</i>	<i>se M</i>	$R^2$	<i>df</i>
Braak‡	-	-	3	a	-	--	-	11
Japane haver	24.9	c	7258	d	6.73	1471	0.83	10
Vlas	0.2	a	78	b	0.11	20	0.75	10
Gerst	4.2	b	2426	c	1.85	1090	0.69	10
Tarwe	32.3	c	5121	d	19.56	2754	0.51	10

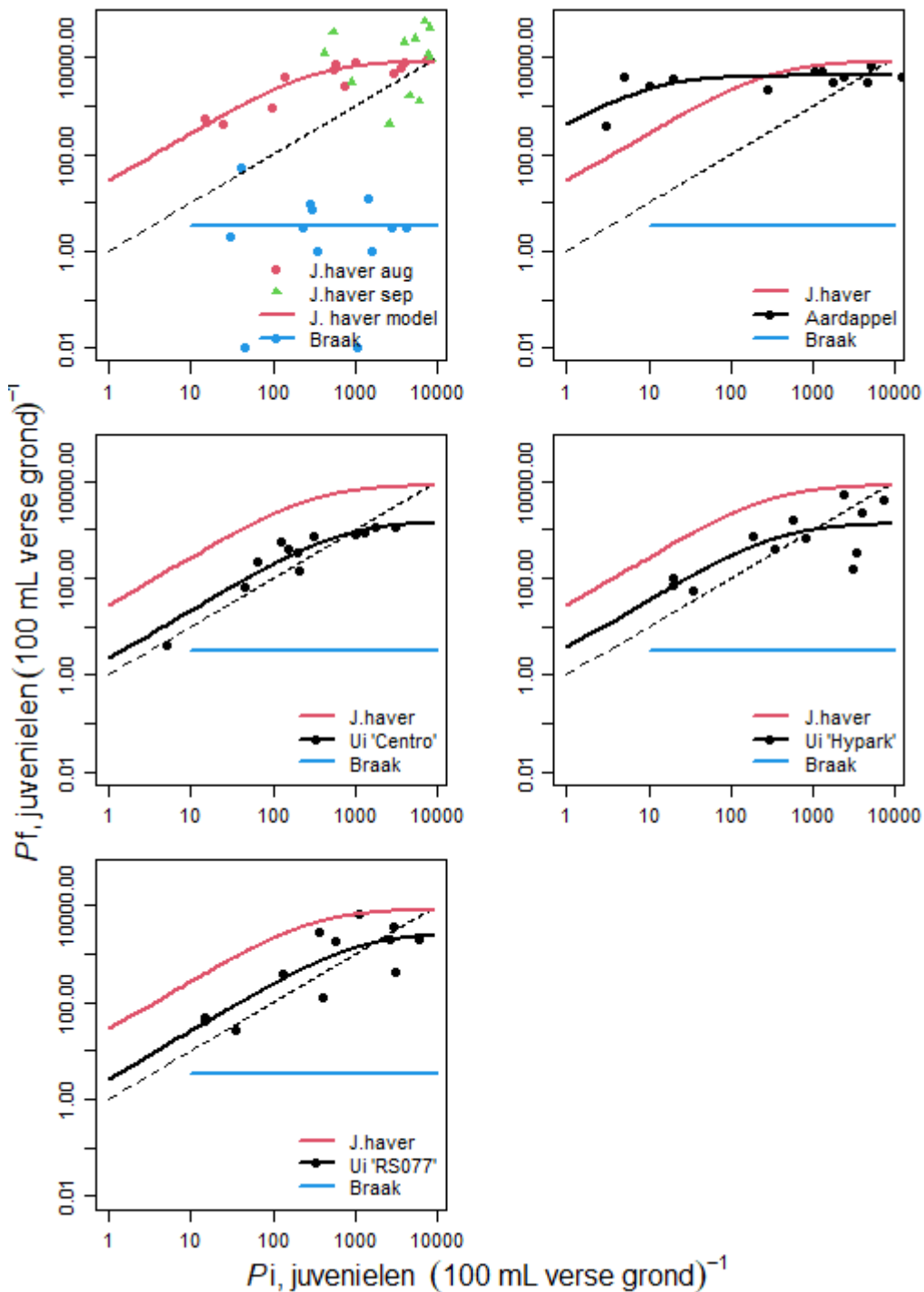
‡ Voor Braak is de waarde van *M* berekend als de gemiddelde *Pf*

### Gewassen die in september zijn geoogst (Pf-2 oktober)

De gemiddelde besmetting in de braak-veldjes is begin oktober 3 *M. chitwoodi* per 100 ml grond. De Japanse haver begon eind juni af te sterven en is half juli overgezaaid. De maximale einddichtheid in de Japanse haver-veldjes is ten opzichte van de meting begin augustus toegenomen tot 8473 *M. chitwoodi* per 100 ml grond.

De *a* van de drie uienrassen 'Centro', 'Hypark' en 'RS077' verschilde onderling niet significant van elkaar (gemiddeld 2.8), maar wel van zowel aardappel als Japanse haver (Tabel 16, figuur 7). De *a* van aardappel was zeer hoog (*a*=485) en betrouwbaar hoger dan van Japanse haver (*a*=28). De *M* van het uienras 'RS077' was significant hoger dan de *M* van 'Hypark', maar beide rassen verschilden niet van het ras Centro. De *M* van de uienrassen 'Centro' en 'Hypark', respectievelijk 1512 en 1371 *M. chitwoodi* per 100 ml grond, was significant lager dan van aardappel en Japanse haver, maar de *M* van uienras 'RS077' was alleen significant lager dan die van Japanse haver

.



**Figuur 7.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor vier gewassen die geoogst zijn in september 2019. De  $P_i$  is bepaald in maart 2019; voor Japanse haver is bij de  $P_f$ -bepaling van september de  $P_f$  van augustus als  $P_i$  genomen. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde; wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergeven op logaritmische schaal. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 16.** Maximale vermeerderingsfactor (*a*) en maximale populatie dichtheid (*M*) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$  bij oogst in september 2019. Waarbij: *a* = maximale vermeerderingsfactor; *M* = maximale populatiedichtheid in J2 aantal *M. chitwoodi*-aaltjes per 100 mL verse grond); *se a* en *se M* = standaardfout van *a* en *M*;  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie, *df* = vrijheidsgraden. Verschillende letters achter de *a*- en *M*-waarden geven significante verschillen tussen de gewassen weer.

Gewas	<i>a</i>		<i>M</i>		<i>se a</i>	<i>se M</i>	$R^2$	<i>df</i>
Braak‡	-	-	3	a	-	-	-	-
Japanse haver	28.0	b	8473	e	18.17	2724	0.31	22
Aardappel	485.0	c	4197	d	231.43	783	0.44	10
Ui 'Centro'	2.2	a	1512	bc	0.55	613	0.88	10
Ui 'Hypark'	3.7	a	1371	b	2.15	671	0.53	10
Ui 'RS07751481'	2.6	a	2731	cd	1.28	1833	0.67	10

‡ Voor Braak is de waarde van *M* berekend als de gemiddelde *Pf*

### Gewassen die in november zijn geoogst (Pf-19 nov.)

Ook begin november werd bij het braak-object een gemiddelde eindbesmetting van 3 *M. chitwoodi*/100ml grond gevonden. De maximale einddichtheid in de veldjes met Japanse haver (gewas is half juli overgezaaid) is ten opzichte van de meting begin oktober nog weer verder toegenomen tot 12232 *M. chitwoodi* per 100 ml grond.

De maximale vermeerderingsfactor *a* van *M. chitwoodi* op de gewassen die in november werden geoogst verschilde duidelijk van elkaar (Tabel 17, figuur 8 ). Er waren vier groepen te onderscheiden die onderling significant verschilden:

1. Suikerbiet resistent (a-waarde 0.075)
2. Witlof (a-waarde 0.5)
3. Rietzwenkgras, suikerbiet vatbaar, luzerne 'Artemis' en luzerne 'Timbale' (a-waarde 1.1-3.0)
4. Luzerne 'Blue Moon', Italiaans raaigras en Japanse haver (a-waarde 12-25)

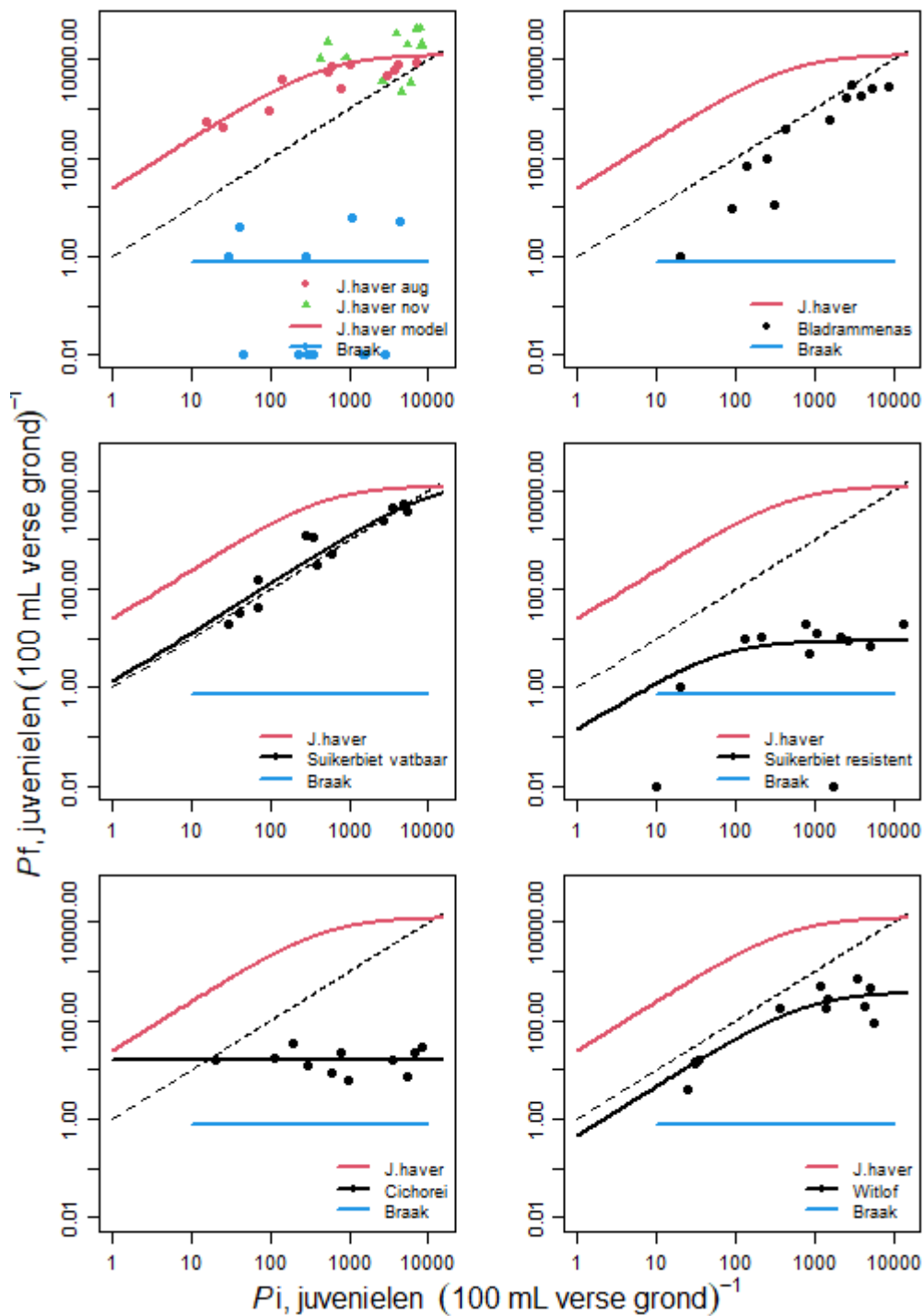
Op drie gewassen was de maximale vermeerderingsfactor niet te bepalen. Voor bladrammenas was het niet mogelijk om het Seinhorstmodel te fitten, voor cichorei werd de maximale vermeerdering al bij de laagste *Pi*-waarden bereikt en voor rolklaver werd een negatieve waarde van *a* geschat.

De maximale einddichtheid *M* van *M. chitwoodi* op de gewassen die in november werden geoogst verschilde sterk en was voor alle gewassen hoger dan de overleving in de zwarte braak (Tabel 17). Op basis van de maximale einddichtheid waren vijf groepen te onderscheiden die onderling significant verschilden:

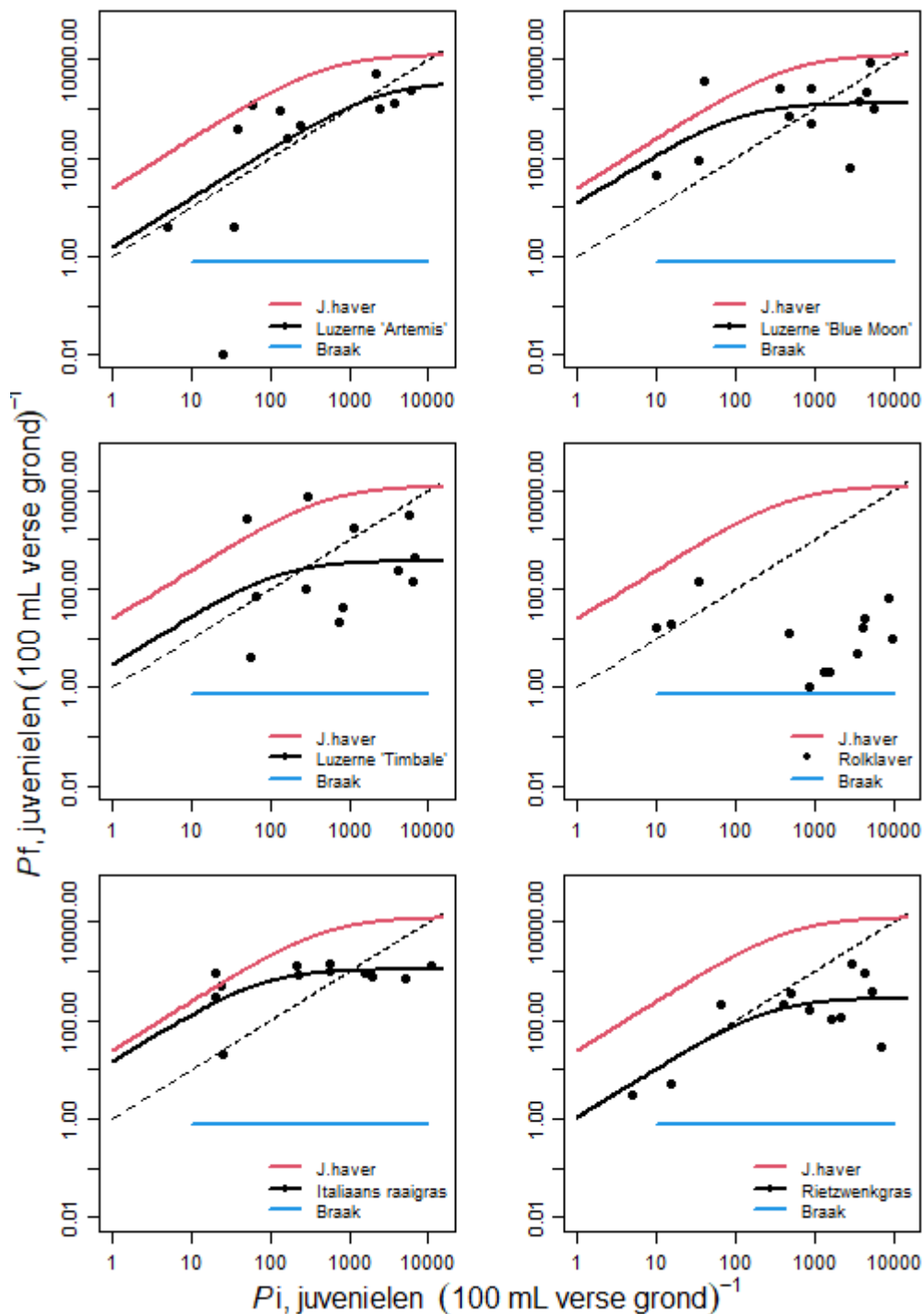
1. Suikerbiet resistent, cichorei en rolklaver (*M*-waarde 9-15)
2. Rietzwenkgras, witlof en Luzerne 'Timbale' (*M*-waarde 284-373)
3. Italiaans raaigras en Luzerne 'Blue Moon' (*M*-waarde 1082-1279)
4. Luzerne 'Artemis' (*M*-waarde 3436)
5. Japanse haver en suikerbiet vatbaar (*M*-waarde > 12.000)

De hoogste *M* waarde werd geschat voor suikerbiet. Deze was hoger dan van Japanse haver. Uit het Seinhorst-figuur lijkt dat voor suikerbiet bij de hoogste beginbesmettingen het maximum nog niet is bereikt.

Het was niet mogelijk om het Seinhorstmodel te fitten voor bladrammenas. Uit de gegevens blijkt wel dat bladrammenas tot een hoge vermeerdering kan leiden: het gemiddelde van de *Pf*-waarden bij de hoogste vier *Pi*-waarden was 2530 *M. chitwoodi*/100 ml grond (teruggetransformeerd gemiddelde).



**Figuur 8a.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor twaalf gewassen die geoogst zijn in november 2019. De  $P_i$  is bepaald in maart 2019; voor Japanse haver is bij de  $P_f$ -bepaling van september de  $P_f$  van augustus als  $P_i$  genomen. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde; wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergeven op logaritmische schaal. Voor bladrammenas en rolklaver was het niet mogelijk het model te fitten. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.



**Figuur 8b.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor twaalf gewassen die geoogst zijn in november 2019. De  $P_i$  is bepaald in maart 2019; voor Japanse haver is bij de  $P_f$ -bepaling van september de  $P_f$  van augustus als  $P_i$  genomen. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde; wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergeven op logaritmische schaal. Voor bladrammenas en roklaver was het niet mogelijk het model te fitten. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 17.** Maximale vermeerderingsfactor (*a*) en maximale populatie dichtheid (*M*) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$  bij oogst in november 2019. Waarbij: *a* = maximale vermeerderingsfactor; *M* = maximale populatiedichtheid in J2 aantal *M. chitwoodi*-aaltjes per 100 mL verse grond); *se a* en *se M* = standaardfout van *a* en *M*; *R*<sup>2</sup> = coëfficiënt verklaarde variantie, *df* = vrijheidsgraden. Verschillende letters achter de *a*- en *M*-waarden geven significante verschillen tussen de gewassen weer.

Gewas	a	M	se a	se M	R <sup>2</sup>	df
Braak‡	-	3	a	-		
Japanse haver	25	12232	f	10.89	3177	0.53
Bladrammenas	-	-	-	-	-	-
Suikerbiet vatbaar	1.3	16083	f	0.32	24209	0.89
Suikerbiet resistent	0.1	9	b	0.10	2.9	0.38
Cichorei	-	15	b	-	2.7	-0.11
Witlof	0.5	372	c	0.15	125	0.84
Luzerne 'Artemis'	1.5	3436	e	1.01	52189	0.56
Luzerne 'BlueMoon'	12	1279	d	12.46	702	0.20
Luzerne 'Timbale'	3.0	373	c	5.95	349	-0.05
Rolklaver	-	11	b	-	4.7	-0.04
Italiaans raaigras	15	1082	d	9.64	429	0.27
Rietzwenkgras	1.1	284	c	0.75	132	0.57

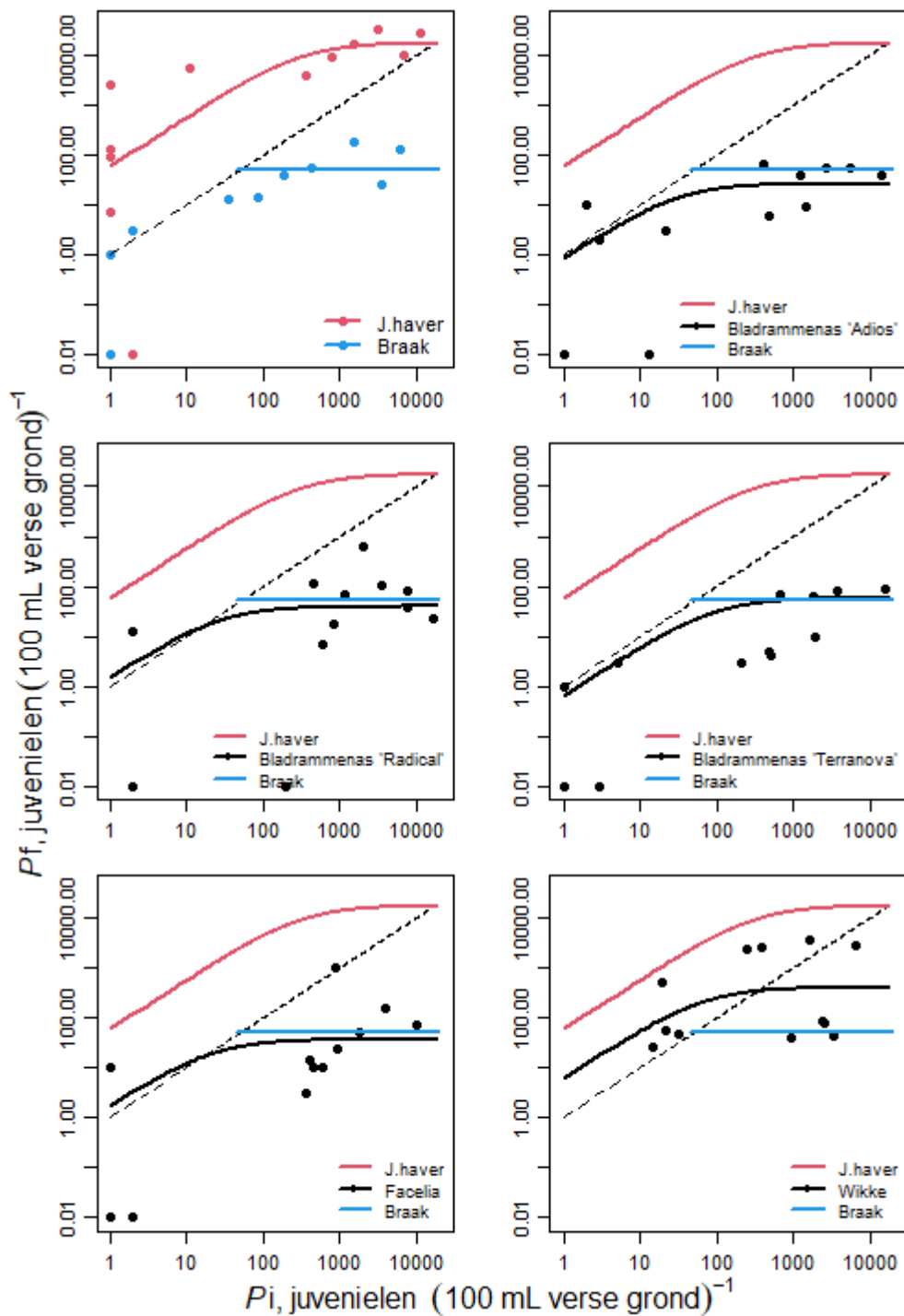
‡ Voor Braak is de waarde van *M* berekend als de gemiddelde *Pf*

### Groenbemesters die in december zijn geoogst (Pf-2 dec)

De groenbemesters en groenbemestermengsels zijn begin augustus gezaaid. Na het afbreken van de teelt eind november, is op 2 december de nabemonstering uitgevoerd. In de braakveldjes is, in de periode van begin augustus tot begin december, door natuurlijke sterfte de besmetting afgenomen tot gemiddeld 52 *M. chitwoodi* per 100 ml grond. De maximale einddichtheid (*M*) na de teelt van de goede waard Japanse haver is 17486 *M. chitwoodi* per 100 ml grond.

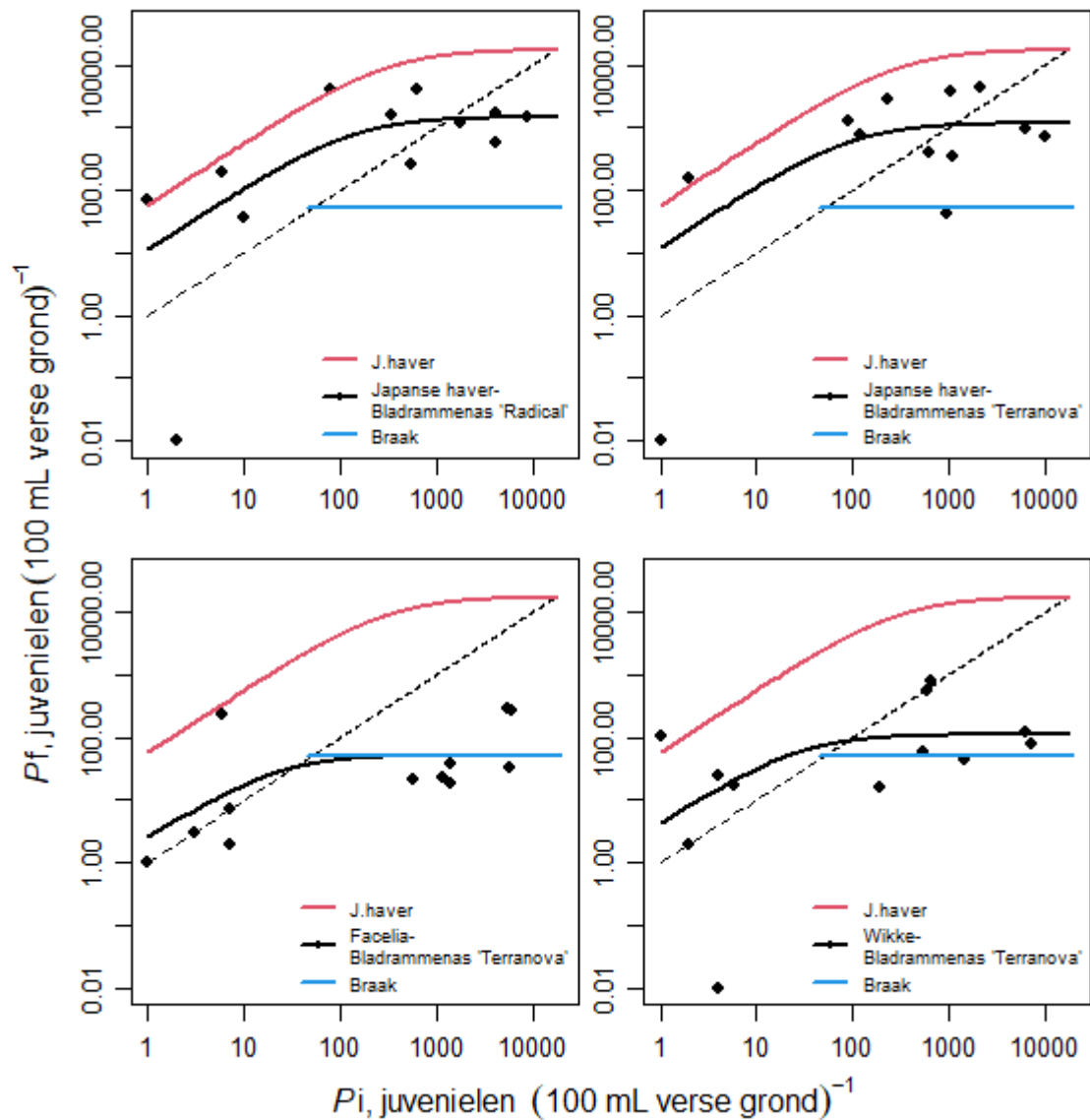
De vermeerderingsfactor van *M. chitwoodi* op de drie bladrammenasrassen 'Adios', 'Radical' en 'Terranova' en facelia was laag (tabel 18, figuur 9). De maximale einddichtheid van *M. chitwoodi* op de twee bladrammenasrassen 'Adios' en 'Radical' en op facelia verschilde niet significant van de zwarte braak. Voor bladrammenas 'Terranova' was het niet mogelijk de significantie te berekenen. Op wikke waren zowel de vermeerderingsfactor als de maximale einddichtheid hoger dan op bladrammenas en facelia, maar wel beduidend lager dan op Japanse haver.

In de mengsels van bladrammenas 'Radical' en 'Terranova' met Japanse haver was de maximale vermeerdering significant hoger dan in de monocultuur bladrammenas, maar wel lager dan in de monocultuur Japanse haver. In het mengsel bladrammenas 'Terranova' met wikke was de maximale vermeerdering significant lager dan in de monocultuur wikke, maar was statistische analyse van het verschil met de monocultuur bladrammenas niet mogelijk. De maximale vermeerdering van *M. chitwoodi* in het mengsel van bladrammenas 'Terranova' en facelia verschilde niet significant van de afzonderlijke teelt facelia. Ook hier was statistische vergelijking met de monocultuur bladrammenas 'Terranova' niet mogelijk. Alleen de vermeerdering in het mengsel facelia met bladrammenas 'Terranova' verschilde niet significant van de zwarte braak.



**Figuur 9a.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor zes groenbemesters en vier mengsels (van twee groenbemesters) die geoogst zijn in december 2019. De  $P_i$  is bepaald in augustus 2019. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde bij  $P_i$ -waarden > 50. Wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergeven op logaritmische schaal. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.





**Figuur 9b.** Gemeten  $P_i$ - en  $P_f$ -waarden van *M. chitwoodi* en gefitte Seinhorstcurves voor zes groenbemesters en vier mengsels (van twee groenbemesters) die geoogst zijn in december 2019. De  $P_i$  is bepaald in augustus 2019. De lijn voor braak is de gemiddelde  $P_f$ -waarde bij  $P_i$ -waarden  $> 50$ . Wanneer de gemeten  $P_f$ -waarde gelijk was aan 0 is deze vervangen door 0.01 om te kunnen weergeven op logaritmische schaal. Stippellijn: einddichtheid is gelijk aan de begindichtheid.

**Tabel 18.** Maximale vermeerderingsfactor (*a*) en maximale populatie dichtheid (*M*) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$  voor de groenbemesters bij oogst in december 2019. Waarbij: *a* = maximale vermeerderingsfactor; *M* = maximale populatiedichtheid in J2 aantal *M. chitwoodi*-aaltjes per 100 mL verse grond); *Se a* en *se M* = standaardfout van *a* en *M*;  $R^2$  = coëfficiënt verklaarde variantie, *df* = vrijheidsgraden. Verschillende letters achter de *a*- en *M*-waarden geven significante verschillen tussen de gewassen weer.

Gewas	<i>a</i>		<i>M</i>		<i>se a</i>	<i>se M</i>	$R^2$	<i>df</i>
Braak	-	-	52	ab	-	-	-	5
Japanse haver	58.6	e	17486	e	53.2	19368	0.583	10
Bladrammenas 'Adios'	0.9	a	27	a	0.6	14	0.415	10
Bladrammenas 'Radical'	1.6	ab	40	a	2.3	24	0.174	10
Bladrammenas 'Terranova'	0.7	a	58	-	0.2	-	0.311	10
Facelia	1.8	ab	37	a	1.9	22	0.313	10
Wikke	6.2	cd	402	c	7.4	286	0.050	10
Japanse haver - Bladrammenas 'Radical'	11.4	d	1472	d	8.2	924	0.585	10
Japanse haver - Bladrammenas 'Terranova'	12.3	d	1179	d	13.4	871	0.472	10
Facelia - Bladrammenas 'Terranova'	2.7	bc	53	ab	2.1	29	0.327	10
Wikke - Bladrammenas 'Terranova'	4.4	bcd	112	b	4.1	80	0.189	10

‡ Voor Braak is de waarde van *M* berekend als de gemiddelde *Pf* (voor zes waarnemingen bij  $Pi > 50$ ).

---

### 3.2.3 Nateelt *M. chitwoodi* gevoelig gewas (aardappel)

In 2020 is op het waardplantgeschiktheid proefveld-2019 een nateelt met het voor *M. chitwoodi* zeer gevoelige aardappelras 'Hansa' uitgevoerd. De teelt van dit gevoelige ras geeft inzicht in de effecten van de voorvruchten op de kwaliteit van een gevoelig volggewas. In de proef is geen opbrengstbepaling uitgevoerd, omdat *M. chitwoodi* alleen bij vrij hoge dichtheden ( $> 500 M. chitwoodi/100$  ml grond, gemeten kort voorafgaand aan de teelt) opbrengstschade veroorzaakt.

De mate van knolaantasting door *M. chitwoodi* is bepaald door uit de circa 100 knollen die verzameld zijn per veldje aselekt dertig knollen te nemen en deze te beoordelen op symptomen van *M. chitwoodi*-aantasting. Bij deze beoordeling worden de knollen ingedeeld in vijf aantastingsklassen (zie 2.2.3.2). Op basis van deze classificatie is vervolgens de KnolaantastingsIndex (KAI) berekend. De index varieert van 0 (geen aantasting) tot 100 (zeer zwaar aangetast).

#### 3.2.3.1 Nateelt aardappel na de hoofdgewassen

Op de aardappelen, geteeld na een jaar zwarte braak, werd een lichte *M. chitwoodi* aantasting op de knollen waargenomen (tabel 19). Dit laat zien dat enerzijds het ras 'Hansa' erg gevoelig is maar ook dat 2020 een *M. chitwoodi*-gevoelig jaar was. Een jaar waarin zelfs bij een zeer lage besmetting van *M. chitwoodi* (na zwarte braak was de besmetting 3 Mc/100 ml grond) al een duidelijk meetbare aantasting op de knollen van een gevoelig ras als 'Hansa' werd waargenomen. De aantasting in de aardappelen met de voorvrucht Japanse haver was gemiddeld vrij zwaar (KAI=36).

De mate van aantasting in de aardappelen geteeld na zwarte braak varieerde sterk; van een bijna niet detecteerbare aantasting tot een vrij zware aantasting (KAI=29).

Ook bij de voorvruchten (hoofdgewassen) varieerde de mate van aantasting sterk binnen een gewas. (zie figuur 10). Dit kan deels verklaard worden door de spreiding in eindbesmetting *M. chitwoodi* die binnen een gewas werd waargenomen. Echter bij de meeste gewassen, met uitzondering van witlof ( $r^2=0.71$ ), was er geen goede correlatie tussen de einddichtheid na de teelt van het betreffende gewas en de mate van knolaantasting in de nateelt aardappel

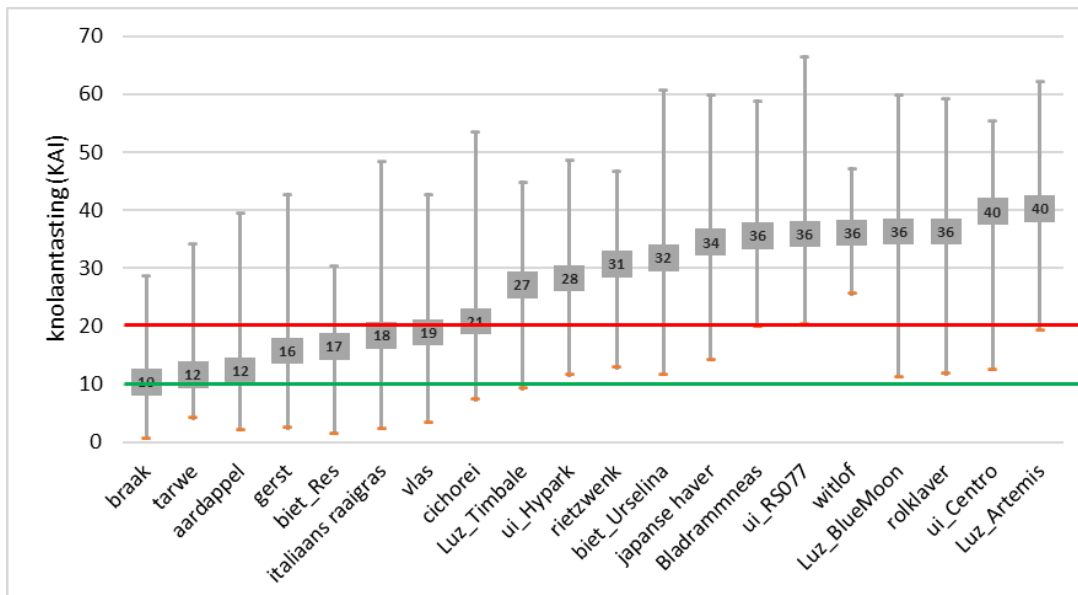
Wat verder opvalt is dat de gemiddelde aantasting na de voor *M. chitwoodi* goede waard aardappel (= aardappel op aardappel) vrij laag was (KAI=12.2). Zelfs in de aardappel-veldjes (2018) met een hoge eindbesmetting was de knolaantasting in de nateelt aardappel (2019) vrij laag. De gemiddelde knolaantasting verschilde niet significant van de aantasting na zwarte braak. Ook na Italiaans raaigras, met gemiddeld een hoge eindbesmetting *M. chitwoodi*, was de gemiddelde aantasting in de volgteelt aardappel nog relatief licht (KAI<20). Al werd bij deze voorvrucht in een aantal veldjes wel een vrij zware aantasting waargenomen (KAI>50).

De knolaantasting van de aardappelen geteeld na zomergerst, zomertarwe en de resistente suikerbiet waren vrij laag en verschilde niet betrouwbaar van de gemiddelde aantasting na zwarte braak. Bij zomergerst en zomertarwe werden vrij hoge dichtheden na de teelt gemeten maar de natuurlijke sterfte na de teelt (van juli tot volgend voorjaar) is de besmetting sterk afgenomen en blijft de schade in de aardappelen beperkt tot een (nog net) acceptabel niveau. Ook na vlas en cichorei was de gemiddelde KAI nog iets lager of gelijk aan 20. Bij de overige gewassen was de aantasting gemiddeld vrij zwaar, met een KAI hoger dan 30. De gemiddeld zwaarste aantasting werd waargenomen in de aardappelen geteeld na ui-Centro en luzerne-Artemis.

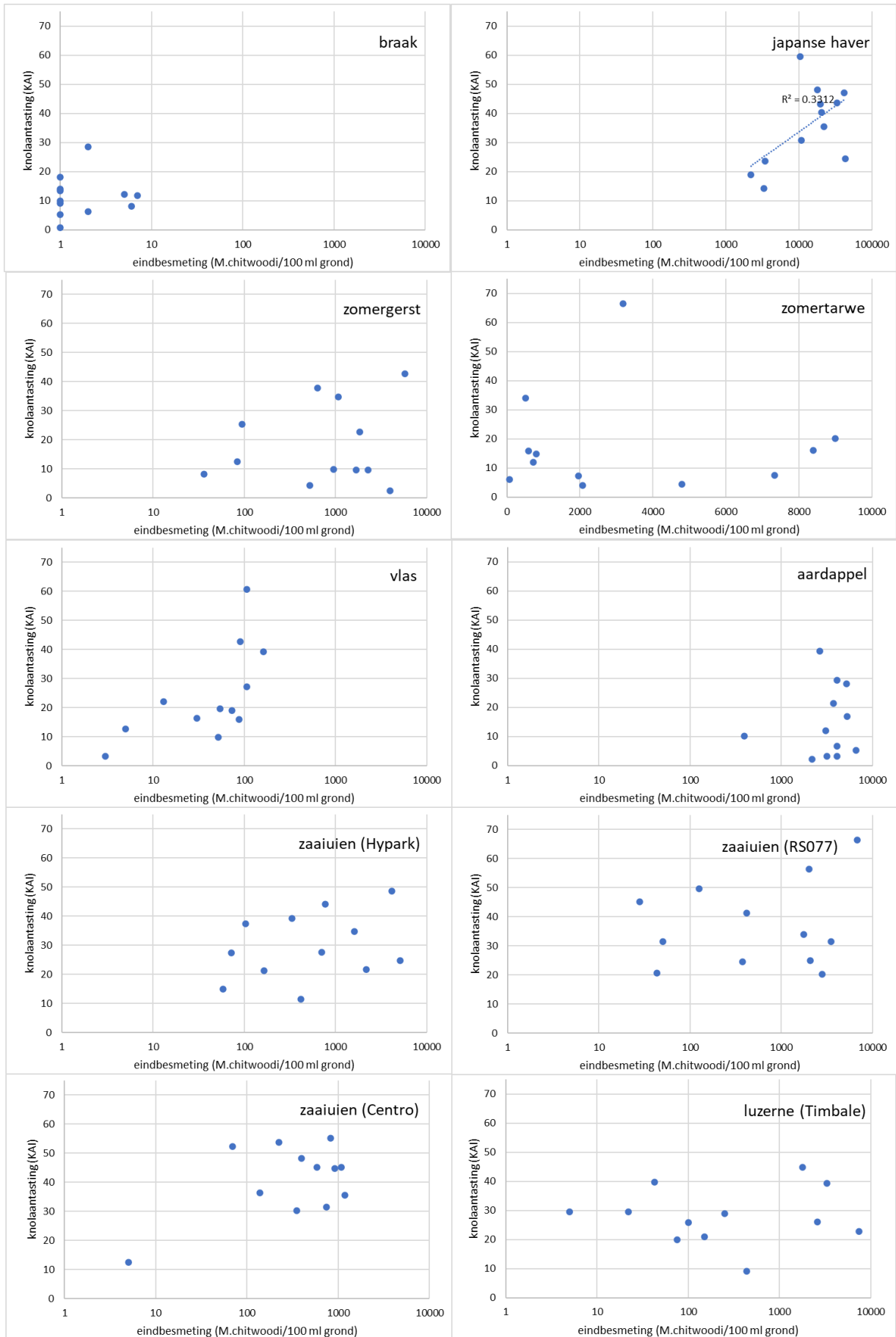
Opvallend is de gemiddeld vrij zware aantasting na rolklaver, een gewas met een lage maximale einddichtheid ( $M = 11 M. chitwoodi / 100$  ml grond). Het lijkt dat de aardappelen geteeld na rolklaver veel gevoeliger zijn voor schade door *M. chitwoodi* dan in de nateelt bij de andere gewassen.

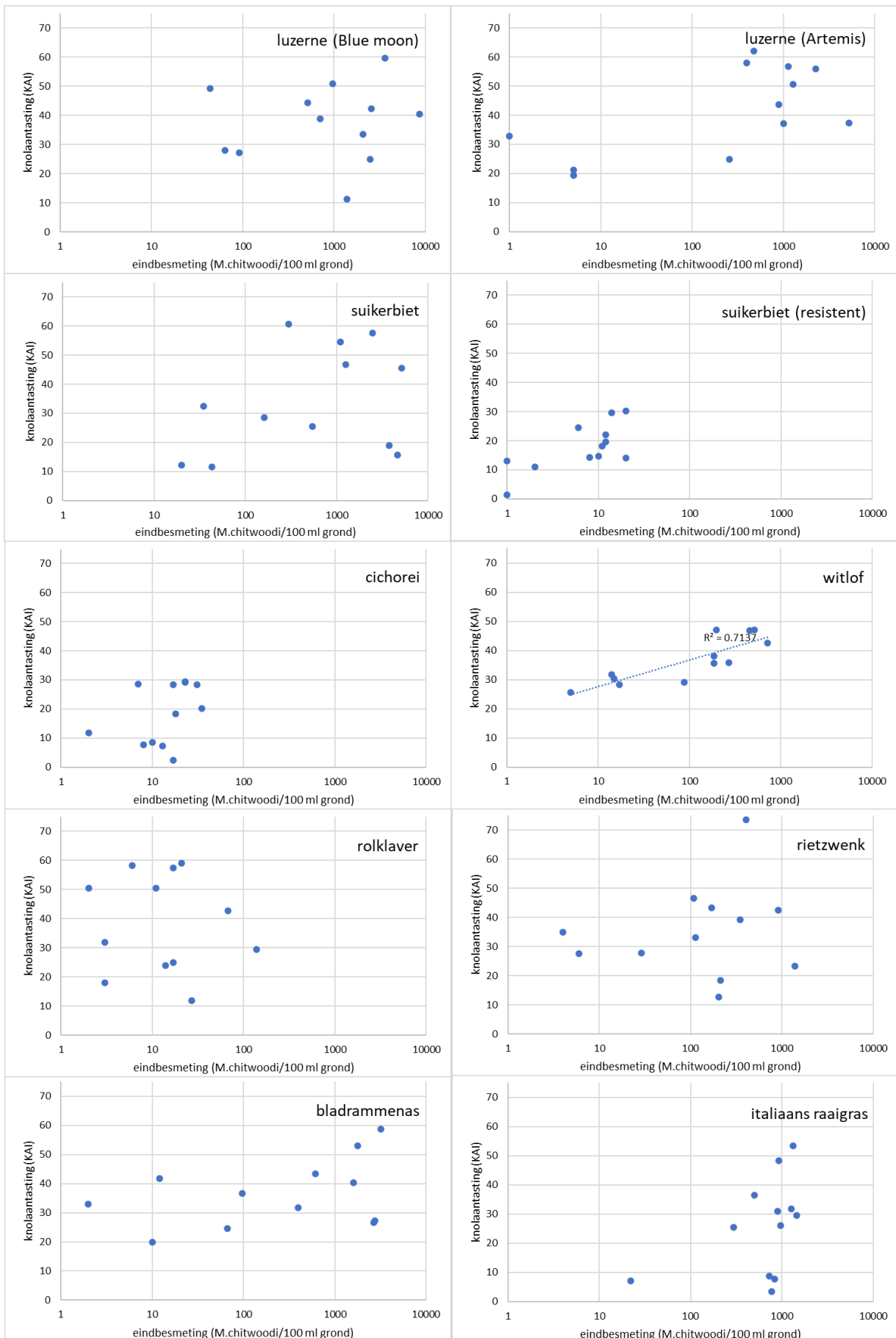
**Tabel 19** Gemiddelde knolaantasting door *M. chitwoodi* in volgteelt aardappel en maximale einddichtheid volgens Seinhorst-model van de voorvrucht, Vredepeel 2020.

Voorvrucht	Ras	"Oogst" moment	Knolaantasting (KAI)	Einddichtheid (Mc/ 100 ml grond)
Braak	-----		10.3 -	3 a
Japanse haver	Pratex	4 nov	34.5 c	7258 d
Italiaans raaigras	Barprisma	4 nov	18.4 d	1082 d
Bladrammenas	Doublet	4 nov	35.6 -	- -
Aardappel	Hansa	24 sept	12.4 c	4197 d
Vlas	Marxlin	16 juli	19.0 a	78 b
Zomergerst	Irina	16 juli	15.8 b	2426 c
Zomertarwe	Tybald	16 juli	11.6 c	5121 d
Zaaiuien	Hypark	24 sept	28.3 a	1371 b
	RS 077511481	24 sept	35.9 a	2731 cd
	Centro	24 sept	39.8 a	1512 bc
Suikerbiet	Urselina	4 nov	31.8 c	16083 f
	Resistent	4 nov	16.5 a	9 b
Cichorei	Benulite	4 nov	20.8	15 b
Witlof	Topmodel	4 nov	36.1 b	372 c
Luzerne	Artemis	4 nov	40.3 c	3436 e
	Blue moon	4 nov	36.3 d	1279 d
	Timbale	4 nov	27.1 c	373 c
Rietzwenkgras	Tower	4 nov	30.7 c	284 c
Rolklaver	Leo	4 nov	36.3 -	11 b



**Figuur 10.** Gemiddelde en laagste en hoogste knolaantasting in de volgteelt aardappel, Vredepeel 2020. KAI < 10: aantasting is vrij licht, geen declassering. KAI > 20: aantasting vrij zwaar, declassering van het product





**Figuur 11.** Relatie tussen de *M. chitwoodi* besmetting na de teelt en de mate van knolaantasting in de volgteelt aardappel (Hansa), Vredepeel 2019-2020.

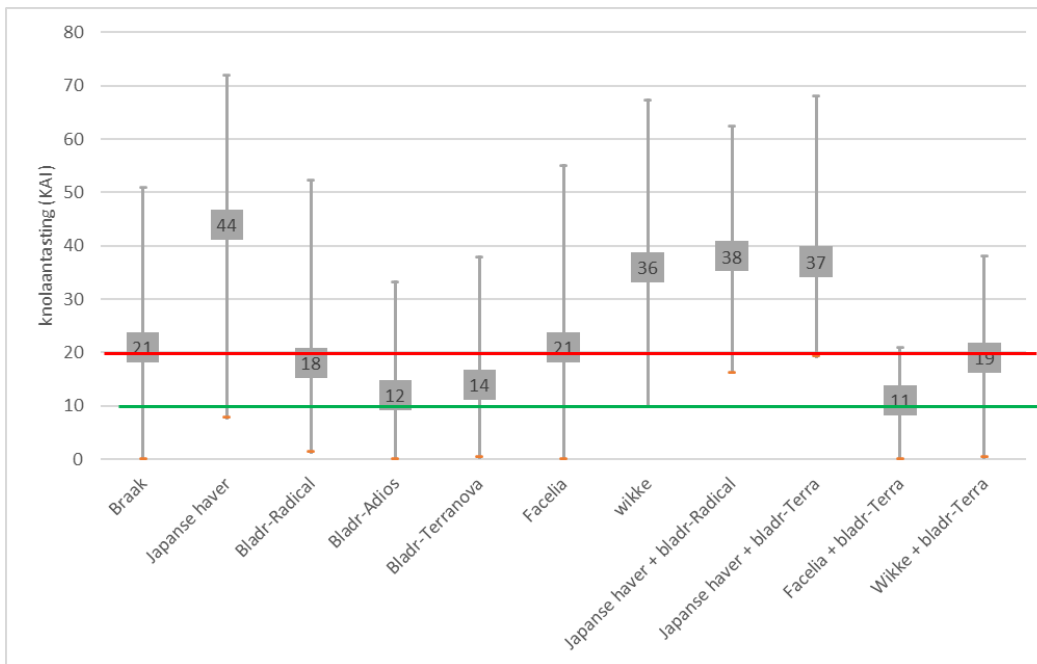
### 3.2.3.2 Nateelt aardappel na groenbemesters

Ook op de groenbemesterveldjes (2019) werd in 2020 aardappel als toetsgewas geteeld. De aardappelen geteeld na zwarte braak waren gemiddeld matig aangetast, met een gemiddelde KAI van 21 (zie tabel 20). De spreiding in de mate van aantasting bij het braak-object was echter erg groot; van een bijna niet detecteerbare aantasting tot een zeer zware aantasting (KAI=51, zie figuur 12). De aardappelen met Japanse haver als voorvrucht zijn gemiddeld vrij zwaar aangetast (gem. KAI=44). Ook bij deze groenbemester als voorvrucht was de spreiding in de mate van knolaantasting in de nateelt aardappel groot ( $8 < \text{KAI} < 72$ ). De gemiddelde knolaantasting in de aardappelen geteeld na bladrammenas en facelia verschilde niet van de aantasting na zwarte braak. Er werden geen verschillen tussen de bladrammenasrassen waargenomen. De aantasting na wikke was vrij zwaar en verschilde niet significant van de aantasting na Japanse haver en was betrouwbaar hoger dan na bladrammenas en facelia. De gemiddelde knolaantasting in de aardappelen geteeld na een mengsel van bladrammenas met Japanse haver was vrij zwaar en verschilde niet significant van de monoteelt Japanse haver. Wanneer bladrammenas werd gemengd met facelia of wikke bleef de gemiddelde aantasting in de nateelt aardappel beperkt tot een KAI onder de 20 en deze verschilde niet significant van de aantasting na braak en de monoteelt van bladrammenas en facelia.

Een deel van de spreiding in de mate aantasting in de nateelt aardappel die binnen een voorvrucht/groenbemester werd gevonden, kan verklaard worden door de spreiding in eindbesmetting *M. chitwoodi* die binnen het betreffende gewas werd waargenomen. Voor de meeste groenbemesters is de correlatie tussen einddichtheid na de teelt en mate van knolaantasting in de nateelt erg laag. Met uitzondering van bladrammenas-Terranova ( $r^2=0.75$ ) en facelia ( $r^2=0.78$ ) waarvoor nog wel een redelijk goede relatie tussen eindbesmetting en mate van aantasting werd gevonden.

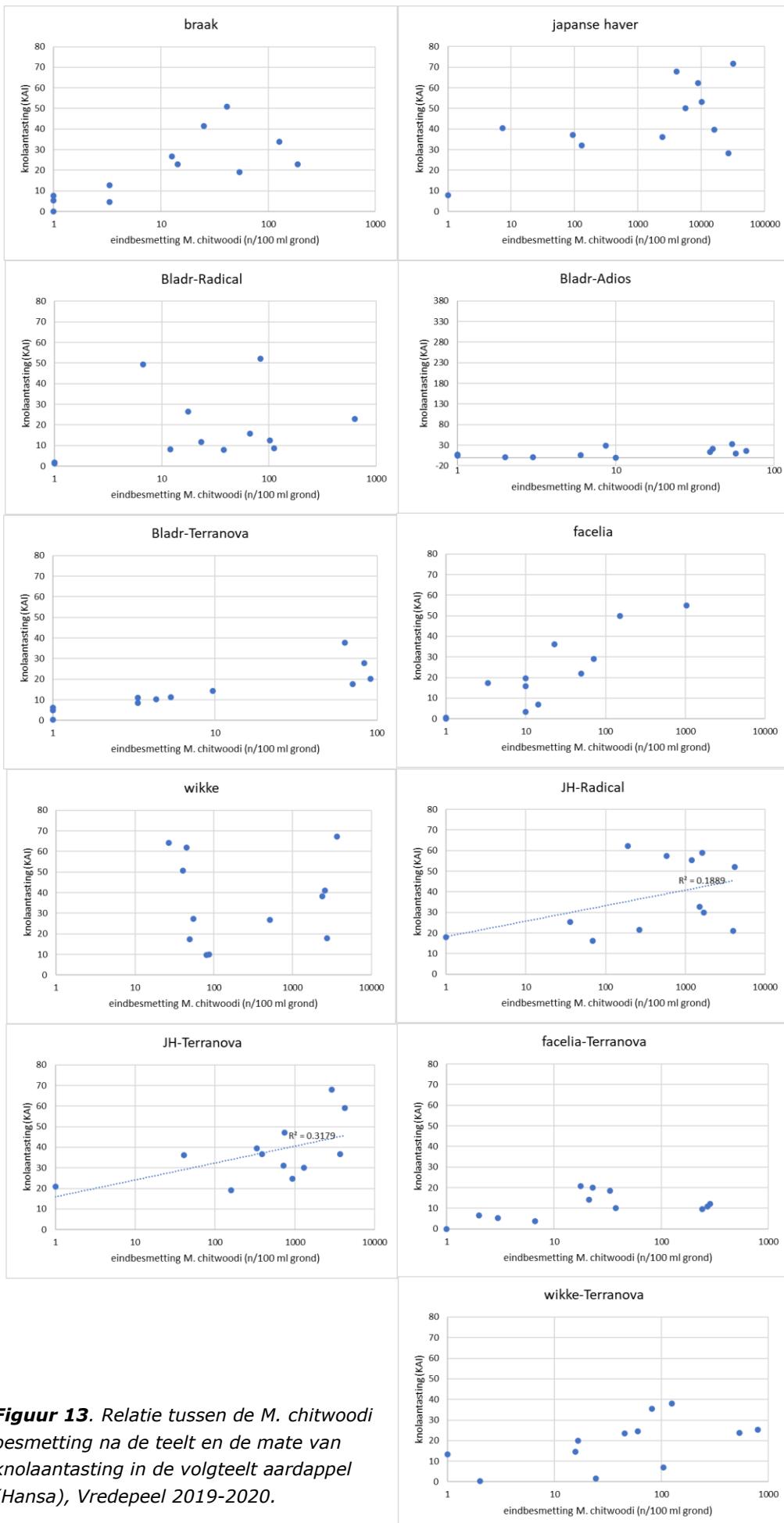
**Tabel 20.** Gemiddelde knolaantasting door *M. chitwoodi* in volgteelt aardappel, Vredepeel 2020.

Groenbemester	Ras	Knolaantasting (KAI)	Einddichtheid (Mc/100 ml grond)
Braak	-----	21 a .	52 ab
Japanse haver (ref.)	Pratex	44 . b	17486 e
Bladrammenas	Radical	18 a .	40 a
Bladrammenas	Adios	12 a .	27 a
Bladrammenas	Terranova	14 a .	58 a
Facelia	BeeHappy	21 a .	37 a
wikke	Ameli	36 . b	402 c
Japanse haver + bladrammenas	Pratex + Radical	38 . b	1472 d
Japanse haver + bladrammenas	Pratex + Teranova	37 . b	1179 d
Facelia + bladrammenas	BeeHappy + Terranova	11 a .	53 ab
Wikke + bladrammenas	Ameli + Terranova	19 a .	112 b



**Figuur 12.** Gemiddelde en laagste en hoogste knolaantasting in de volgteelt aardappel, Vredepeel 2020.  
*KAI < 10: aantasting is vrij licht, geen declassering. KAI > 20: aantasting vrij zwaar, declassering van het product*





**Figuur 13.** Relatie tussen de *M. chitwoodi* besmetting na de teelt en de mate van knolaantasting in de volgteelt aardappel (Hansa), Vredepeel 2019-2020.

---

## 4 Discussie

Op basis van waardplantstatus kan een gewas geclassificeerd worden als; niet waard, slechte waard, matige waard, goede waard en stabilisatie waard. Bij een stabilisatie waard is de einddichtheid gelijk aan de dichtheid voorafgaand aan de teelt. Deze laatste categorie is een waardplantstatus die nog maar zelden wordt gemeld en waarvan nog onduidelijk is wat het mechanisme achter deze vorm van waardplantstatus is.

### 4.1 Potproeven

In beide potproeven werden voor het referentie gewas Japane haver, een gewas dat bekend staat als zeer goede waard voor *M. chitwoodi*, hoge waarden voor de maximale vermeerderingsfactor ( $a$ ) en de maximale einddichtheid ( $M$ ) gevonden. In zowel de potproef in 2018 als in 2019 was de maximale einddichtheid bijna 35 Mc/gr grond ( $\approx 3500$  mc/ 100 ml grond).

Na de teelt van vlas werden nog maar enkele *M. chitwoodi* aaltjes gevonden. De aantallen waren dermate laag dat het niet mogelijk was om met het Seinhorstmodel de maximale vermeerdering en maximale einddichtheid voor vlas te berekenen. Het feit dat er maar enkele *M. chitwoodi* aaltjes na de teelt werden gevonden duidt erop dat vlas een zeer slechte waard is voor *M. chitwoodi*.

De resultaten van de kasproeven laten zien dat ook cichorei en witlof zeer slechte waardgewassen zijn voor *M. chitwoodi* met maximale populatiedichtheid van respectievelijk 0.01, 0.1 ( $\approx 1$  en 10 *M. chitwoodi*/ 100 ml grond). Deze resultaten bevestigen de resultaten van het veldonderzoek dat in 2007 (Visser, 2008) door WUR-OT werd uitgevoerd. In deze veldproef werden ook zeer lage dichtheden na de teelt van witlof en cichorei gemeten, waarbij ook de besmetting na witlof nog iets hoger lag dan na cichorei. Op basis van deze veldproef werden cichorei en witlof als respectievelijk een niet-waard en een slechte waard geclassificeerd.

Eind jaren negentig toetste Yu (1999) nakomelingen van kruisingen tussen suikerbiet (*Beta vulgaris* L) en de zeebiet (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*), een ondersoort met een bekende resistentie tegen verschillende (tropische) wortelknobbelaaltjes-soorten. De nakomelingen van deze kruising bleken een hoog niveau van resistentie tegen o. a. *Meloidogyne incognita* en *M. javanica* te bezitten. Heijbroek (2000, IRS) toonde in kasproeven aan dat deze hybriden een brede resistentie tegen wortelknobbelaaltjes bezitten en ook resistent zijn tegen *M. chitwoodi* en *M. fallax*. Een kweker van bietenrassen heeft deze resistenties tegen *M. chitwoodi* en *M. fallax* gebruikt voor het ontwikkelen van melo-resistente bietenrassen. De maximale eindbesmetting bij het nieuw ontwikkelde bietenras (Redukto) was zeer laag ( $m=0.01$  Mc/gr grond). Dit ras blijkt een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* te bezitten. De maximale eindbesmetting bij dit ras was slechts 0.13% van de maximale einddichtheid van het gangbare bieten ras ( $M=7.71$  Mc/gr grond); wat wil zeggen een relatieve vatbaarheid van 0.13%.

De maximale eindbesmetting bij het gangbare suikerbiet ras Urselina was 7.71 Mc/gr grond ( $\approx 771$  *M. chitwoodi*/ 100 ml grond). Dit is hoger is dan op basis van de waardplantstatus zoals weergegeven in aaltjesschema werd verwacht. Op basis van onderzoek uitgevoerd in de jaren negentig staat suikerbiet als slechte waard voor *M. chitwoodi* in dit schema vermeld. Ook in de veldproef werd een (veel) hogere maximale eindbesmetting gevonden dan op basis van de huidige waardplantstatus werd verwacht (zie hfdstk 4.2).

Het bleek lastig om zaaiuien in potten te telen. De gewasontwikkeling was erg onregelmatig. Dit zorgde voor veel spreiding in de resultaten. De verklaarde variantie voor het Seinhorstmodel was hierdoor zeer laag en de modelparameters konden niet nauwkeurig worden geschat. In deze potproef werd, met een vrij grote onnauwkeurigheid, de maximale einddichtheid voor zaaiuien geschat op 0.78 *M. chitwoodi*/gr grond, wat zou duiden op een slechte waard.

---

De gevonden populatie dynamische parameters  $a$  en  $M$  voor luzerne (cv Alpha) in de potproef zijn laag. De maximale vermeerderingsfactor is 0.14 en maximale einddichtheid is door het Seinhorst model op 0.19 *M. chitwoodi*/gr grond geschat. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het luzerne ras Alpha een vrij slechte waard is voor *M. chitwoodi*. Ferris (1993) kwam op basis van een potproef waarin hij de waardplantstatus van drie luzerne rassen voor *M. chitwoodi* onderzocht tot dezelfde conclusie en vond geen betrouwbare verschillen tussen de rassen.

Rietzwenk en Rolklover hadden in de potproef een lage vermeerderingsfactor ( $a$ ), respectievelijk 0.23 en 0.54. De maximale populatiedichtheid van Rolklover ( $M=6.24$  Mc/gr grond) lag dicht bij de evenwichtsdichtheid ( $P_f=P_i$ ) en was iets hoger dan die van rietzwenk ( $M=2.77$  Mc/gr grond). Rolklover lijkt een iets beter waard voor *M. chitwoodi* dan rietzwenk. Op basis van deze einddichtheden lijken beide gewassen een (vrij) matige waard voor *M. chitwoodi* te zijn. Mbiro (2016) vond in zijn potproef eipakketten van *M. chitwoodi* op de wortels van rolklaver en concludeerde dat dit gewas een (matige) waard is voor *M. chitwoodi*.

## 4.2 Veldonderzoek waardplantgeschiktheid

De hoofdgewassen werden in voorjaar van 2019 gezaaid of gepoot. Het vlas en de graangewassen zijn in juli geogst, de aardappelen en de zaaiuien in september en de overige gewassen in november. Circa twee weken na de oogst is de nabemonstering voor het bepalen van de eindbesmetting *M. chitwoodi* uitgevoerd. De groenbemesters zijn begin augustus gezaaid en begin december is de teelt afgebroken en is de nabemonstering uitgevoerd.

### 4.2.1 Hoofdgewassen

In de veldproef zijn de goede waardgewassen Japanse haver, Italiaans raaigras en aardappel als referentie gewassen opgenomen. De vermeerdering van *M. chitwoodi* was, zoals verwacht, bij deze referentie gewassen zeer sterk. De maximale eindbesmetting voor aardappel was ruim 4000 Mc/100 ml grond en voor Italiaans raaigras 1082 Mc/100 ml grond. De Japanse haver begon in juli af te sterven en is half juli een keer overgezaaid. De *M. chitwoodi* besmetting bij de teelt van Japanse haver is zowel in augustus, oktober als november bepaald. De maximale populatie dichtheid loopt gedurende de teelt op van ruim 7000 (in augustus) naar ruim 1200 *M. chitwoodi*/100 ml grond in november. Ook in de braak-veldjes is in augustus, oktober en november de *M. chitwoodi* besmetting gemeten. In augustus was de besmetting door natuurlijke sterfte afgenomen tot gemiddeld 3 *M. chitwoodi*/100 ml grond. In de maanden erna nam de besmetting gemiddeld genomen niet verder af. Als slechte waard is een hoog *M. chitwoodi* resistent bladrammenas ras in de proef opgenomen. Door grote spreiding in de resultaten was het niet mogelijk om door de meetpunten een Seinhorstcurve te fitten. In een aantal veldjes werden na de teelt van de *M. chitwoodi* resistente bladrammenas, onverwacht hoge besmettingen met *M. chitwoodi* waargenomen. Dit ras staat bekend als een ras met een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi*. In potproeven (Teklu 2014) en veldonderzoek (Visser, 2006) nam de *M. chitwoodi* besmetting bij de teelt van dit bladrammenas-ras zeer sterk af, tot zeer lage dichtheden die vergelijkbaar waren met de eindbesmetting na zwarte braak. Onder meer op basis van dit onderzoek is het ras als een hoog *M. chitwoodi*-resistent ras in de rassenlijst opgenomen. In deze veldproef lijkt dit ras een stabilisatie-gewas/ras, in het engels aangeduid als maintenance crop (Ferris, 1993). Een gewas waarbij de dichtheid na de teelt gelijk is aan de dichtheid voorafgaand aan de teelt ( $P_f=P_i$ ). In een aantal publicaties wordt dit "type" van waardplantgeschiktheid genoemd, wanneer in de proeven bij een gewas de gemiddelde eindbesmetting gelijk was aan de gemiddelde beginbesmetting. Hoe de vermeerdering, biologisch gezien bij een stabilisatie gewas verloopt is onduidelijk.

Een verklaring voor de in deze proef gevonden hoge dichtheden na de teelt van dit resistente bladrammenasras zijn niet gevonden. Het lijkt niet aannemelijk dat het perceel besmet is met een voor bladrammenas mogelijk virulente(re) populatie. De vermeerdering van *M. chitwoodi* op de bladrammenasrassen in de groenbemestersproef was, zoals verwacht, wel zeer laag. En in virulentie-onderzoek uitgevoerd op resistente aardappelgenotypen met een groot aantal *M. chitwoodi* populaties toonde de populatie van dit perceel in Vredepeel geen afwijkende resultaten.

- Met een vrij grote nauwkeurigheid ( $R^2=0.75$ ) konden de populatie-dynamische parameters  $a$  en  $M$  voor vlas worden geschat. De maximale vermeerderingsfactor voor vlas is laag; 0.2 Dit betekent dat bij alle begindichtheden *M. chitwoodi* de besmetting afneemt. De maximale einddichtheid voor vlas werd geschat op 78 Mc/100 ml grond, circa 1% van de maximale dichtheid van Japanse haver (gemeten in augustus). Geconcludeerd kan worden dat vlas een vrij slechte waard is voor *M. chitwoodi*.
- Volgens het Seinhorstmodel ligt de maximale vermeerderingsfactor voor zomergerst en zomertarwe ruim boven 1. Dit betekent dat bij begindichtheden lager dan de maximale einddichtheid de besmetting toeneemt. Deze maximale vermeerdering is voor zomertarwe ( $a=32$ ) veel sterker dan voor zomergerst ( $a=4$ ) en verschilt niet van de maximale vermeerderingsfactor van de goede waard Japanse haver. De maximale einddichtheid van zomergerst en zomertarwe zijn eveneens vrij hoog, respectievelijk 2426 en 5121 Mc/100 l grond. De maximale einddichtheid voor zomergerst was betrouwbaar lager dan van Japanse haver, die van zomertarwe verschilde echter niet van Japanse haver. Op basis hiervan kan zomergerst als matige waard en zomertarwe als matige goede waard voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd. In aaltjesschema wordt het effect van een gewas op de dichtheid in het volgend voorjaar, kort voor de teelt van een volggewas, weergegeven. De teeltduur van graangewassen is relatief kort. De gewasgroei stop gemiddeld genomen in juli en daarmee stopt ook de vermeerdering van nematoden op het gewas. Wanneer in de periode tot aan zaai van het volgende hoofdgewas (juli tot maart) een niet waardgewas/groenbemester wordt geteeld of het perceel zwart wordt gehouden (braak), neemt de besmetting door natuurlijke sterfte sterk af. Wanneer deze systematiek wordt gehanteerd kan zomergerst als vrij slechte en zomertarwe als vrij matige waard voor *M. chitwoodi* worden aangeduid.
- De teelt van zaaiuien op *M. chitwoodi* gevoelige gronden (dek-dalgronden) neemt de laatste jaren sterk toe. In de veldproef zijn drie uienrassen, geschikt voor de teelt op zand, onderzocht. De rassen zijn alle drie vrij vroeg en verschillen niet in vroegheid. Er werd geen verschil in maximale vermeerderingsfactor ( $a$ ) tussen de rassen gevonden, wel in maximale einddichtheid. Gemiddeld over de rassen werd een  $a$  geschat van 2,8. De maximale einddichtheid is voor alle rassen vrij hoog. De maximale einddichtheid van het ras RS077751481 is het hoogst ( $M=2731$  Mc/100 ml grond), betrouwbaar hoger dan van het ras Hypark en verschilt niet van de maximale einddichtheid van de goede waard aardappel. De einddichtheid van de rassen Hypark en Centro waren wel betrouwbaar lager dan van aardappel. Zaaiuien staan als slechte waard in aaltjesschema vermeld. Deze resultaten geven aanleiding om de waardplantstatus aan te passen naar matige waard.
- Door WUR-OT is in 2008 beperkt veldonderzoek uitgevoerd naar de waardplantstatus van cichorei voor *M. chitwoodi* (Hoek, 2008 en Visser 2008). Op basis van de resultaten uit deze proeven werd geconcludeerd dat cichorei een niet-waard is voor *M. chitwoodi*. Dit wordt bevestigd door de resultaten van de potproef 2018 en de veldproef (2019). Evenals in de potproef is ook in de veldproef de *M. chitwoodi* besmetting na de teelt van cichorei zeer laag. Door deze, bij alle begindichtheden (alle veldjes) zeer lage eindbesmetting bleek het niet mogelijk om met het Seinhorstmodel de maximale vermeerdering te schatten. De maximale einddichtheid werd door het model op 15 *M. chitwoodi*/100 ml grond geschat en is betrouwbaar hoger dan de gemiddelde besmetting na braak. Dit zou betekenen dat cichorei wel een waard is voor *M. chitwoodi*, echter een zeer slechte. De verklaarde variantie (voorspellende waarde) voor het Seinhorstmodel was echter erg laag ( $R^2=0.11$ )
- Voor witlof konden de populatie-dynamische parameters  $a$  en  $M$  met vrij grote nauwkeurigheid ( $R^2=0.84$ ) worden geschat. De maximale vermeerderingsfactor voor witlof is laag; 0.5 Dit betekent dat bij alle begindichtheden de *M. chitwoodi* besmetting afneemt. De maximale einddichtheid voor witlof werd geschat op 372 *M. chitwoodi*/100 ml grond. Deze was betrouwbaar lager dan de maximale eindbesmetting van de goede waardgewassen Japanse haver en Italiaans raigras maar betrouwbaar hoger dan de maximale eindbesmetting van cichorei. Geconcludeerd kan worden dat witlof een vrij slechte waard is voor *M. chitwoodi*, waarmee de waardplantstatus zoals weergegeven in het aaltjesschema wordt bevestigd.
- Suikerbiet staat bekend als een slechte waard voor *M. chitwoodi*; een één stipper in het aaltjesschema. Gebaseerd op veldonderzoek dat is uitgevoerd in de jaren negentig, met de toen gangbare rassen op, proefveld Smakt. In zowel de veld- als de potproef werden echter hoge dichtheden *M. chitwoodi* na de teelt van suikerbiet (Urselina) gevonden. Een eenduidige verklaring voor de gevonden verschillen tussen pot- en veldproef en de resultaten uit eerder uitgevoerd

onderzoek (jaren negentig) is niet geven. De veldproef is uitgevoerd op een perceel in Vredepeel (Vredepeel-populatie). De potproef is uitgevoerd met de Smakt populatie. Beide populaties lieten in een virulentie-toets met resistente aardappelgenotypen geen afwijkende resultaten zien. Een effect van een mogelijk virulentere populatie op proefveld Vredepeel lijkt niet zeer aannemelijk maar is niet uitgesloten. In de veldproef lijkt de vermeerdering op de suikerbiet op de vermeerdering van een stabilisatie-gewas (maintenance crop); een gewas waarbij de einddichtheid gelijk is aan de dichtheid voor de teelt. Met andere woorden is de beginbesmetting laag, dan blijft deze laag. Echter is de beginbesmetting hoog dan zal ook de eindbesmetting hoog zijn. Ferris (1993) classificeerde suikerbiet als stabilisatie gewas op basis van zijn potproeven. Meer rassen zullen in een veldproef getoetst moeten worden om vast te stellen of dit een gewas of een raseigenschap is. Zoals eerder al vermeld is het mechanisme achter deze vorm van waardplantgeschiktheid onduidelijk.

Vervolgonderzoek met meerdere bietenrassen is noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in de waardplantstatus van suikerbiet(rassen).

Het resistente suikerbietras (Redukto) bezit een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi*. De maximale eindbesmetting was slecht 0.13% van de eindbesmettingen gemeten op het vatbare bietenras (een relatieve vatbaarheid van 0.13%). De eindbesmetting van het resistente bietenras was zeer laag ( $M=9 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ ) maar betrouwbaar hoger dan de gemiddelde eindbesmetting na braak.

- Luzerne is in het aaltjesschema als slechte waard opgenomen. Echter vanuit de praktijk komen meldingen van *M. chitwoodi* schade na luzerne. In de veldproef waren drie luzerne rassen opgenomen. De rassen verschilden betrouwbaar in maximale vermeerderingsfactor en maximale einddichtheid van elkaar. Het ras Artemis liet de hoogste maximale einddichtheid na ( $M=3436 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ ). Deze was betrouwbaar hoger dan de maximale einddichtheid van de goede waard Italiaans raaigras maar lager dan van Japanse haver. Ook de eindbesmetting van het ras Blue Moon was vrij hoog en verschilde niet betrouwbaar van Italiaans raaigras. De maximale einddichtheid van het ras Timbale was vrij laag ( $M= 373 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ ). Echter de spreiding in de resultaten was vrij groot waardoor de verklaarde variantie ( $R^2=0.05$ ) voor het Seinhorstmodel erg laag was. Geconcludeerd kan worden dat er luzerne rassen zijn die een matige tot goede waard zijn voor *M. chitwoodi*. Op basis van de potproefresultaten en (met enige voorzichtigheid) de resultaten van het ras Timbale in de veldproef (b)lijken er rassen te zijn die een partiële resistentie tegen *M. chitwoodi* bezitten. Om een betrouwbare uitspraak te kunnen doen over mogelijke rasverschillen zullen meerdere rassen in een potproef getoetst moeten worden. Met ter validatie een veldproef met een aantal rassen die duidelijk verschillen in niveau van resistentie.
- De maximale einddichtheid voor rolklaver was erg laag ( $M=11 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ ) en verschilde niet van de einddichtheid van de resistente suikerbiet. Door het ontbreken van lage begindichtheden ( $P_i < 10 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ ) in combinatie met de lage  $M$ , was het niet mogelijk om met het Seinhorstmodel de maximale vermeerderingsfactor te schatten. Hierdoor is de verklaarde variantie voor het Seinhorstmodel (voorspellende waarde) laag. De rolklaver is begin mei gezaaid. Het gewas ontwikkelde zich erg traag en is op 25 juni bijgezaaid. De trage beginontwikkeling van het gewas zal naar verwachting een effect hebben gehad op de uiteindelijke populatieontwikkeling. Door de trage begingroei zal een deel van de beginbesmetting, door gebrek van voldoende wortels (voedsel), zijn afgestorven.
- Rietzwenkgras lijkt een slechte waard voor *M. chitwoodi*. De maximale einddichtheid volgens het Seinhorstmodel was  $284 \text{ Mc}/100 \text{ ml grond}$ , vergelijkbaar met de maximale eindbesmetting van de slechte waard witlof. De maximale vermeerderingsfactor voor rietzwenk werd geschat op 1,1. Dit betekent dat bij begindichtheden lager dan  $M$ , de eindbesmetting ongeveer gelijk is aan de begin besmetting.

Er lijken rasverschillen te bestaan in waardplantstatus van rietzwenkrassen voor *M. chitwoodi*. In een recent door WUR-OT uitgevoerde veldproef met verschillend rietzwenkrassen bleek dat de rassen duidelijk verschilden in waardplantstatus (niveau van partiele resistentie). Een aantal rassen liet een vrij lage *M. chitwoodi* besmetting na, maar er was ook een ras met een vrij hoge eindbesmetting.

---

## 4.2.2 Groenbemesters

Japanse haver, een goede waard voor *M. chitwoodi*, en braak (natuurlijke sterfte) waren de referentie objecten in deze groenbemesters proef.

In de braak-veldjes is door natuurlijke sterfte (augustus t/m november) de besmetting afgenomen tot gemiddeld 52 *M. chitwoodi*/100 ml grond. De vermeerdering van *M. chitwoodi* op Japanse haver was sterk. De maximale eindbesmetting was bijna 17500 *M. chitwoodi*/100 ml grond. Voor alle groenbemesters en groenbemestersmengsels was de maximale eindbesmetting veel en betrouwbaar lager dan van Japanse haver. De laagste eindbesmettingen werd gevonden voor de verschillende bladrammenasrassen, facelia en het mengsel van bladrammenas + facelia, en deze verschilde niet betrouwbaar van zwarte braak. Deze groenbemesters kunnen daarom als slechte tot zeer slechte waardgewassen voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd. Het is bekend dat bladrammenas een vrij slechte waard is voor *M. chitwoodi*. Het laatste decennium zijn er rassen ontwikkeld met een hoog niveau van (partiele) resistentie. Radical is een oud ras en bezit deze resistentie niet. Dit ras wordt in de officiële resistentietoetsingen als vatbare referent gebruikt. Het ras Adios is, volgens de kweker van het ras, wat minder vatbaar dan Radical. Terranova bezit een hoog niveau van partiele resistentie (Teklu, 2014) en is in de aanbevolen rassenlijst opgenomen als *M. chitwoodi* resistent ras. In de veldproef werden geen betrouwbare verschillen tussen de rassen voor de populatie dynamische parameters maximale vermeerderingsfactor en maximale einddichtheid gevonden. Mogelijk was de teeltduur te kort en/of de temperatuur te laag voor een voldoende sterke vermeerdering, om deze relatief kleine verschillen in resistentie betrouwbaar te kunnen meten.

De vermeerderingsfactor en ook de maximale einddichtheid van wikke waren betrouwbaar hoger dan van bladrammenas en facelia maar duidelijk lager dan van de goede waard Japanse haver. Wikke kan als matige waard voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd.

Wanneer bladrammenas in een mengsels werd geteeld met een matige (wikke) of goede waard (Japanse haver) was de maximale eindbesmetting significant hoger dan in de monocultuur bladrammenas, maar wel lager dan in de monocultuur van de andere groenbemester in het mengsel. De eindbesmetting was het hoogst in het mengsel met de goede waard Japanse haver.

## 4.3 Vergelijking pot-veldonderzoek

Aan een aantal gewassen is in zowel een potproef als de veldproef waardplantgeschiktheidsonderzoek uitgevoerd. In onderstaande tabel staan voor deze gewassen de met het Seinhorst model geschatte maximale vermeerdering en maximale einddichtheid van de potproeven en veldproef. In kasproef 2018 werd het luzerne ras Apha getoetst. Dit ras was voor de veldproef niet meer beschikbaar. Gezien het feit dat er in de veldproef rasverschillen zijn waargenomen voor luzerne is een vergelijking tussen pot- en veldproef resultaten voor dit gewas niet zinvol en niet opgenomen in onderstaande tabel.

De resultaten van de potproeven zijn voor de meeste gewassen vrij goed vergelijkbaar met de resultaten uit de veldproef (tabel 14, figuur 21). Uitzondering is rolklaver. Dit gewas zou op basis van de potproef als matige waard kunnen worden bestempeld maar op basis van de resultaten van de veldproef als slechte waard. Verklaring voor dit verschil zou de trage gewasontwikkeling in de veldproef kunnen zijn, waardoor de populatie minder sterk is toegenomen dan in de potproef. De maximale eindbesmetting ligt voor alle gewassen (m u v rolklaver) in de veldproef hoger dan in de potproef. De groeiomstandigheden in de potproeven zijn niet volledig vergelijkbaar met de situatie in het veld. De wortelontwikkeling in potten (hoeveelheid wortels (voedselplekken voor nematoden) per volume grond) verloopt mogelijk anders dan in het veld wat een effect kan hebben op de uiteindelijke vermeerdering. Ook de teeltduur in de potproeven (3 maanden) wijkt af van de veldsituatie. In de veldproef is de teeltduur van de hier weergegeven gewassen, met uitzondering van vlas, meer dan 6 maanden. Wat effect kan hebben gehad op het aantal generaties.

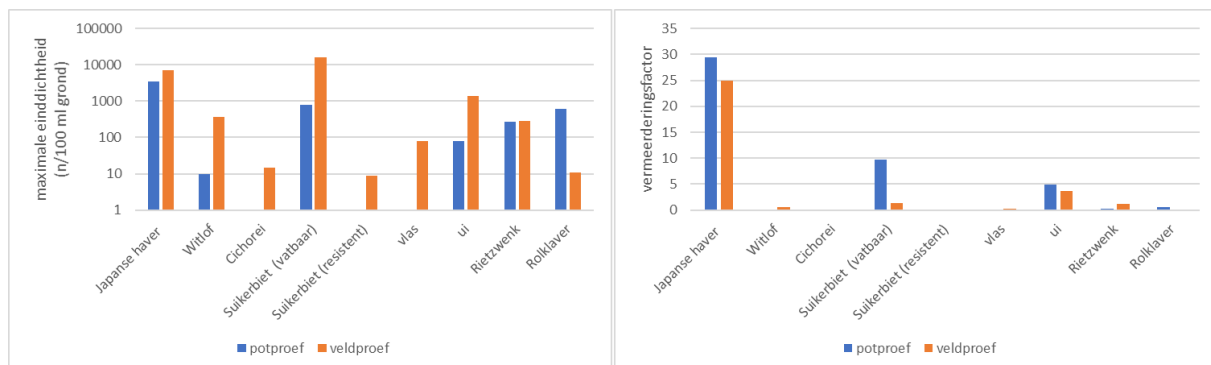
Wat verder opvalt is het verschil in maximale vermeerderingsfactor voor de vatbare suikerbiet. Deze werd in de potproef op bijna 10 geschat en in de veldproef op 1.3. In beide proeven was de verklaarde variantie (betrouwbaarheid van de voorspelling) vrij hoog. Op basis van de resultaten van de veldproef zou dit

suikerbiet ras als stabilisatie waard aangeduid kunnen worden, op basis van de potproef als vrij goede waard. Een duidelijke verklaring voor het verschil tussen beide proeven is niet gevonden.

**Tabel 21** Maximale vermeerderingsfactor (a) en maximale populatie dichtheid (M) van *M. chitwoodi* volgens het Seinhorst vermeerderingsmodel (niet-lineaire regressieanalyse van de populatiedynamiekvergelijking  $Pf = M \times Pi / (Pi + M/a)$ ). Waarbij: a = maximale vermeerderingsfactor; M = maximale populatiedichtheid in J2aantal *M. chitwoodi* aaltjes per gram droge grond of per 100 ml grond); R<sup>2</sup> = coëfficiënt verklaarde variantie

Gewas	Ras	Potproeven			veldproef		
		a	M (n/gr grond)	R <sup>2</sup>	a	M (n/100 ml grond)	R <sup>2</sup>
Japane haver (2018)	Pratex	29.51	34.36	0.64	24.9	7258	0.83
Witlof	Topmodel	0.12	0.1	0.22	0.5	372	0.84
Cichorei	Benulite	0.01	0.01	0.28	--	15	0.11
Suikerbiet (vatbaar)	Urselina	9.78	7.71	0.78	1.3	16083	0.89
Suikerbiet (resistent)	Resistent	0.001	0.01	0.61	0.1	9	0.38
Japane haver (2019)	Pratex	53.2	34.78	0.76			
vlas	Marxlin	n b*	n b	NA	0.2	78	0.75
ui	Hypark	4.91	0.78	-0.09	3.7	1371	0.53
Rietzwenk	Tower	0.23	2.77	0.92	1.1	284	0.57
Rolklaver	Leo	0.54	6.24	0.84	--	11	-0.04

\*niet berekend



**Figuur 14.** Vergelijking tussen de, met het Seinhorst-model geschatte maximale einddichtheid en maximale vermeerderingsfactor in de potproef en de veldproef. Resultaten potproef zijn omgerekend van aantal per gram grond naar aantal per 100 ml grond.

Om maximale eindbesmetting betrouwbaar te bepalen is veldonderzoek noodzakelijk. Potproeven zijn geschikt voor een eerste screening van gewassen en, meer dan veldproeven, geschikt om kleine (ras)verschillen (niveau van resistentie) betrouwbaar vast te stellen.

---

## 4.4 Nateelt *M. chitwoodi* gevoelig gewas (aardappel)

Op de waardplantgeschiktheid-proef is in 2020 een volgteelt met het voor *M. chitwoodi* gevoelige gewas aardappel uitgevoerd. De teelt van een vatbaar aardappelras na hoofdgewas en/of groenbemester is een gevoelige toetsmethode om, via de symptoomexpressie in de geogoste knollen, de (kleine) verschillen in *M. chitwoodi*-besmettingen, die te verwachten zijn na de teelt van gewassen die een slechte of niet waard zijn te tonen. De mate van knol aantasting wordt uitgedrukt in een KnolAantstingsIndex (KAI). Index loopt van 0 (geen aantasting) tot 100 (zeer zwaar aangetast). Partijen consumptieaardappelen met een KAI tussen 0 en 10 worden over het algemeen goedgekeurd en kunnen zonder problemen worden verhandeld. Een index van 10 tot 20 kan, in jaren met een overaanbod aan aardappelen, enige problemen geven bij de tarrering. Partijen met een index hoger dan 20 leiden tot declassering van het product en geven zeker problemen bij de afzet.

De aantasting in de nateelt aardappel was gemiddeld vrij zwaar. Zelfs na een periode van zwarte braak, waarbij de besmetting sterk was afgenomen tot gemiddeld nog maar 3 *M. chitwoodi*/100 ml grond werden duidelijk aangetaste knollen gevonden (KAI>10).

De nateelt is uitgevoerd met het voor *M. chitwoodi* zeer gevoelig ras Hansa. De vrij zware aantasting in deze proef is mogelijk het gevolg van het zeer gevoelige ras in combinatie met de zeer warme zomer (*De zomer van 2020 was vrij droog en bijzonder warm en deelt, samen met 2014, een eerste plek voor wat betreft het warmste jaar sinds het begin van de historische metingen in 1706.*) waarin de nematode zich sterk heeft kunnen vermeerderen. Waardoor zelfs in veldjes met een lage *M. chitwoodi* besmetting de aantasting relatief zwaar was en de spreiding in de mate van aantasting, bij een vergelijkbare *M. chitwoodi* besmetting, soms vrij groot. Door deze vrij grote spreiding was er bij de meeste voorvruchten geen (cor)relatie tussen *M. chitwoodi* dichtheid en mate van knolaantasting.

Wel is er een vrij sterke relatie tussen de geschatte maximale einddichtheid van de voorvruchten en de mate van knolaantasting. Voor de hoofdgewassen is deze weergegeven in onderstaande figuur (15). Naar mate de maximale einddichtheid van een gewas hoger is, neemt ook de mate van knolaantasting toe. Uitbijters in deze figuur zijn de graangewassen, aardappel, Italiaans raaigras en rolklaver. Wanneer deze uitbijters buiten de regressie analyse worden gelaten wordt een vrij hoge correlatie coëfficiënt gevonden van 0.72.

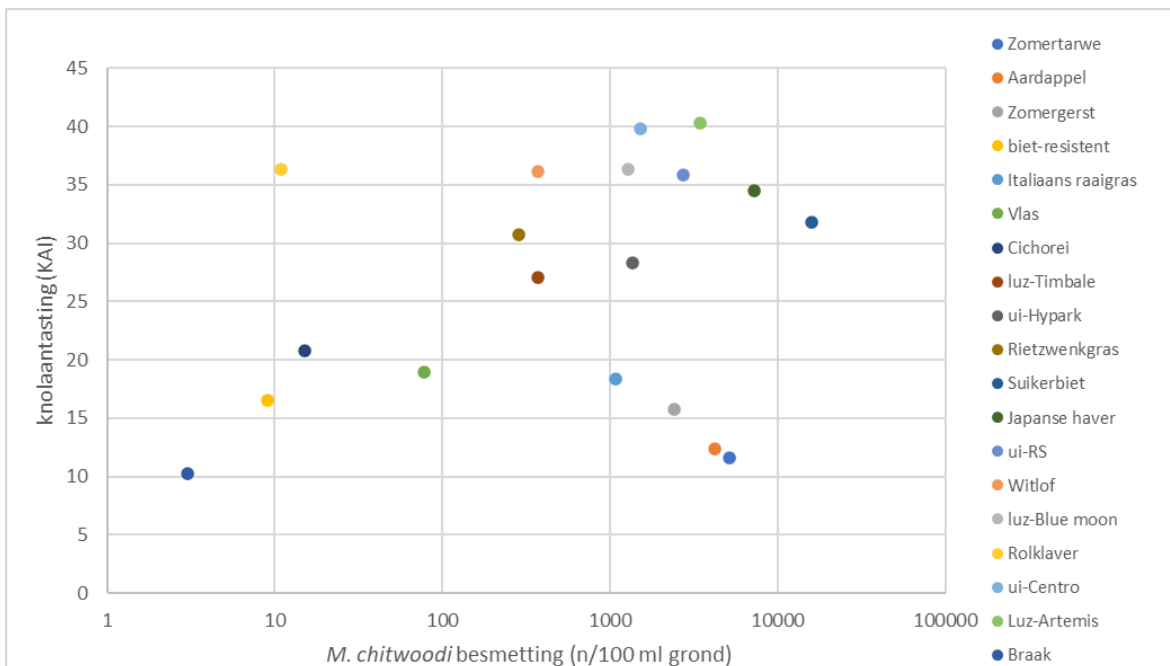
De knolaantasting in de aardappelteelt na de graangewassen is vrij laag, wat niet correspondeert met de vrij hoge *M. chitwoodi* besmetting gemeten na de teelt. Echter door de lange braak periode na de teelt van de graangewassen is door natuurlijke sterfte de populatie sterk afgenomen en de besmetting kort voorafgaand aan de aardappelteelt vrij laag. Waardoor de aantasting beperkt blijft en de relatie einddichtheid en knolaantasting afwijkt.

Opvallend is de gemiddeld zware aantasting in de aardappelteelt na rolklaver, een gewas met een lage einddichtheid. En de gemiddeld vrij matige aantasting na de voorvruchten Italiaans raaigras en aardappel. Gewas met een vrij hoge maximale einddichtheid. Het lijkt dat de voorvruchten een effect hebben gehad op de gevoeligheid van de volgteelt aardappel. Welke mechanismen hierbij mogelijke een rol spelen is onduidelijk. Er zijn voor zover bekend geen voorbeelden dat de gevoeligheid van een volgteelt sterk wordt beïnvloed door de voorvrucht.

Alleen bij de voorvruchten zomergerst, zomertarwe en de resistente suikerbiet verschilt de gemiddelde knolaantasting niet van braak. Na cichorei en vlas blijft de aantasting beperkt tot een KAI onder of gelijk aan 20, wat in een jaar met een te kort aan aardappelen mogelijk nog niet leidt tot declassering van het product. Bij alle andere voorvruchten is de gemiddelde aantasting vrij zwaar tot zwaar (KAI>25) en zal zeker tot declassering van het product hebben leid.

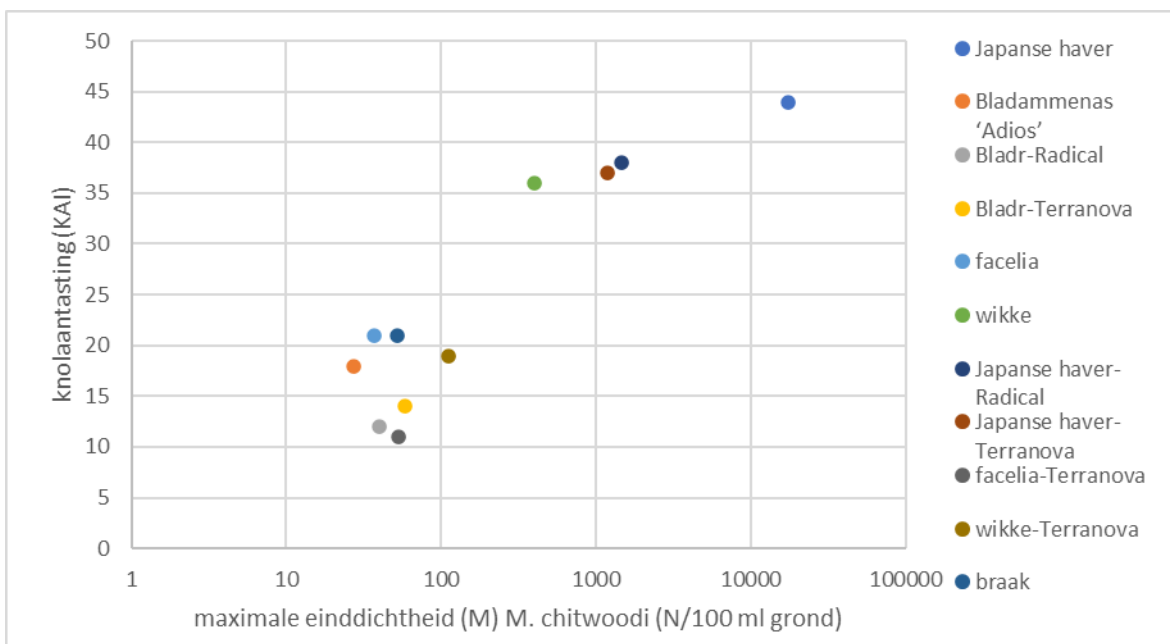
Wanneer een ondergrens voor de KnolAantstingsIndex van 10 wordt aangehouden worden bij alle voorvruchten, en ook de braak, de aardappelen gedeclasseerd.





**Figuur 15.** Relatie tussen de met het Seinhorst-model geschatte maximale einddichtheid en gemiddelde knolaantasting in de volgteelt aardappel (Hansa), Vredepeel 2019-2020.

In de groenbemesterproef werd een duidelijke relatie ( $r^2=0.83$ ) gevonden tussen de geschatte maximale einddichtheid van de verschillende groenbemesters (mengsels) en gemiddelde knolaantasting in de volgteelt (zie fig. 16). Wanneer bladrammenas, facelia of een mengsel van bladrammenas en facelia als groenbemesters werden geteeld bleef de aantasting in de volgteelt aardappelen beperkt tot een aantasting die niet verschilde van zwarte braak; een KAI tussen 10 en 20. Een aantasting die alleen in jaren met een te kort aan aardappelen op de markt niet direct tot declassering van het product tot gevolg zal hebben gehad. Wanneer een matige (wikke) of goede waard (japanse haver) werd geteeld of onderdeel was van een mengsel was de aantasting in de nateelt aardappelen vrij zwaar ( $KAI > 35$ ) wat zeker zal hebben geleid tot waardeverlies van de partij aardappelen.



**Figuur 16.** Relatie tussen de met het Seinhorst-model geschatte maximale einddichtheid van groenbemesters en gemiddelde knolaantasting in de volgteelt aardappel (Hansa), Vredepeel 2019-2020

---

# 5 Conclusies

## 5.1 Waardplantgeschiktheid *M. chitwoodi*

De resultaten van de potproeven worden bevestigd door de resultaten van de veldproef. Uitzondering is **rolklaver**. Dit gewas zou op basis van de potproef als matige waard geassocieerd kunnen worden, maar op basis van de resultaten van de veldproef als zeer slechte waard. Mogelijk is de waardplantstatus op basis van de veldproef een onderschatting omdat het gewas zich zeer traag ontwikkelde, waardoor de vermeerdering minder sterk was.

*M. chitwoodi* vermeerderde sterk op **Japane haver** waarmee de waardplantstatus, zijnde een zeer goede waard, werd bevestigd.

**Zomergerst** en **zomertarwe** zijn goede waard planten voor *M. chitwoodi*. De maximale eindbesmetting was voor zomertarwe betrouwbaar hoger dan van zomergerst. Doordat deze gewassen in juli al beginnen af te rijpen, stop de vermeerdering van de nematoden. In de periode tot aan de teelt van het volgende hoofdgewas, in het volgend voorjaar, neemt door natuurlijke sterfte de besmetting sterk af. Zomergerst en zomertarwe kunnen als gewas/teelt daarom worden geassocieerd als respectievelijk slechte en matige waard.

De maximale eindbesmetting na **vlas** was zowel in de potproef als in de veldproef erg laag (78 *M. chitwoodi*/100 ml grond). Vlas kan gezien worden als een zeer slechte waard voor *M. chitwoodi*. Ook dit gewas wordt in juli geoogst. Indien er na de oogst geen waardgewas (groenbemester) wordt geteeld zal de besmetting door natuurlijke sterfte nog verder afnemen en is de besmetting voorafgaand aan de volgteelt erg laag.

**Aardappel** staat bekend als goede waard voor *M. chitwoodi*. De waardplantstatus wordt in de veldproef nogmaals bevestigd.

In de veldproef zijn drie **uierenassen** getoetst. Op basis van de resultaten van de veldproef kan geconcludeerd worden dat alle drie de rassen een matige tot vrij goede waard zijn voor *M. chitwoodi*. Er zijn kleine, maar wel betrouwbare, verschillen tussen de rassen waargenomen. De eindbesmetting na het ras RS07751481 was betrouwbaar hoger dan bij het ras Hypark. De eindbesmetting bij het ras Centro lag tussen die van beide andere rassen in. Zaaiuien staan als slechte waard in het aaltjesschema. Deze resultaten geven aanleiding om dit aan te passen en zaaiuien op te nemen als matige waard. Potproeven zijn nodig om meer inzicht te krijgen in mogelijk rasverschillen.

De eindbesmetting na de teelt van **cichorei** was in zowel de pot- als veldproef zeer laag. Dit gewas kan als zeer slechte waard(niet waard) voor *M. chitwoodi* worden geassocieerd.

**Witlof** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. De eindbesmetting na witlof was in de pot- en veldproef vrij laag maar iets hoger dan na cichorei.

Voor **suikerbiet (Urselina)** kijken de resultaten van zowel de pot- als veldproef af van de waardplantstatus zoals die is weergegeven in aaltjesschema. Suikerbiet staat bekend als slechte waard voor *M. chitwoodi* (één stip in het aaltjesschema). Op basis van de potproef zou suikerbiet als matige tot goede waard kunnen worden geassocieerd en op basis van de veldproef als een stabilisatie-waard. Een gewas waarbij de einddichtheid na de teelt gelijk is aan de dichtheid voor de teelt. Een eenduidige verklaring voor de gevonden verschillen tussen pot- en veldproef en de resultaten uit eerder uitgevoerd onderzoek (jaren negentig) is niet gevonden. Een effect van een mogelijk virulentere populatie op proefveld Vredepeel lijkt niet zeer aannemelijk maar is niet uitgesloten. Mogelijk kunnen rasverschillen een verklaring zijn voor de gevonden verschillen tussen het oude onderzoek uit de jaren negentig en het huidige onderzoek.

---

In het project was een tweede veldproef *M. chitwoodi* voorzien, om inzicht te krijgen in mogelijke jaar en locatie effecten. Onder leiding van het HLB is deze tweede veldproef, op een perceel te Dronten, uitgevoerd. Lopende het onderzoek bleek dat het perceel waarop de proef werd uitgevoerd niet besmet te zijn met *M. chitwoodi* maar met het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *M. fallax*. Door het ontbreken van de tweede veldproef *M. chitwoodi* is het niet mogelijk om een meer betrouwbare uitspraak te doen over de waardplantstatus van dit suikerbietras. Vervolg onderzoek is nodig om hierin meer inzicht te krijgen

Het **resistente suikerbietenras Redukto** bezit een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi*. De besmetting na de teelt van dit ras was zeer laag, slechts 0.12% van de maximale vermeerdering op het gangbare bietenras Urselina.

Bij **luzerne** blijken er grote rasverschillen te bestaan. Het ras Alpha kan op basis van de resultaten van de potproef als slechte waard worden geclassificeerd (dit ras is niet in de veldproef getoetst). De maximale eindbesmetting bij het ras Timbale was in de veldproef laag en kan worden gezien als slechte waard. *M. chitwoodi* kon zich op de rassen Blue Moon en Artemis vrij sterk vermeerderen. Geconcludeerd kan worden dat deze rassen respectievelijk een matige en een vrij goede waard voor *M. chitwoodi* zijn. Om inzicht te krijgen in de rasverschillen zullen meerdere rassen in een potproef getoetst moeten worden. Met ter validatie een veldproef met een aantal rassen die duidelijk verschillen in niveau van resistentie. In het aaltjesschema is luzerne als slechte waard opgenomen. Aan het schema zal een R (rasverschillen) aan de combinatie Luzerne-*M. chitwoodi* worden toegevoegd.

Op basis van zowel de pot- als de veldproef kan geconcludeerd worden dat **rietzwenk** (Tower) een slechte waard is voor *M. chitwoodi*. Recent veldonderzoek laat echter zien dat er rasverschillen bestaan (pers med. J.Visser).

De *M. chitwoodi* besmetting na de zomerteelt van het *M. chitwoodi* **resistente bladrammenasras** Doublet was onverwacht hoog. Dit ras lijkt op basis van de veldproef een stabilisatie-waard (eindbesmetting is gelijk aan begin besmetting), wat tegenstrijdig is aan de resultaten van eerder uitgevoerd kas- en veldonderzoek. In deze proeven bleek dit ras een zeer hoog niveau van resistentie tegen *M. chitwoodi* te bezitten. Een verklaring voor de afwijkende resultaten is niet gevonden.

**Bladrammenas** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. In de groenbemestersproef (herfstteelt) werden geen betrouwbare verschillen in eindbesmetting gevonden tussen de rassen met (Terranova) en zonder resistentie (Radical). Ondanks dat er in deze proef geen verschillen werden gevonden blijft het advies aan de praktijk om bij een *M. chitwoodi* besmetting voor een resistent ras te kiezen.

Ook **facelia** is een slechte waard voor *M. chitwoodi*. De resultaten in de veldproef bevestigen daarmee de waardplantstatus zoals die is weergegeven in aaltjesschema.

Het is bekend dat er bij **wikke** rasverschillen bestaan in waardplantstatus (resistentieniveau) voor *M. chitwoodi*. Het in dit onderzoek getoetste ras Amelia blijkt een matige waard voor *M. chitwoodi* te zijn. Potproeven kunnen inzicht geven in het resistentieniveau van de huidige wikke-rassen.

Wanneer in een groenbemestersmengsel een waardgewas zit, neemt de besmetting toe. Na de teelt van de groenbemestersmengsels bladrammenas met japanse haver en bladrammenas met wikke was de *M. chitwoodi* besmetting betrouwbaar hoger dan na de teelt van alleen bladrammenas.

**Tabel 22.** Maximale vermeerderingsfactor (a) en maximale einddichtheid (M) volgens het Seinhorst-model (veldproef *M. chitwoodi*, Vredepeel 2019) en huidige en op basis van de nieuwe resultaten aangepaste waardplantstatus (significanties zijn weergegeven per groep gewassen met hetzelfde oogstmoment, gescheiden door lege regel).

Gewas	a		M		Aaltjesschema	aanpassing
					(oud)	
<b>braak</b>	-	-	3	a		
Japanse haver	24.9	c	7258	d	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪
Vlas	0.2	a	78	b	—	— (.)
zomergerst	4.2	b	2426	c	▪	▪
zomertarwe	32.3	c	5121	d	▪ ▪	▪ ▪
Aardappel	485	c	4197	d	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪
Ui 'Centro'	2.2	a	1512	bc	.	.. (.)
Ui 'Hypark'	3.7	a	1371	b	.	.. (.)
Ui 'RS07751481'	2.6	a	2731	cd	.	.. (.)
zaaiuien					▪	▪ ▪ (.)
Suikerbiet vatbaar	1.3	c	16083	f	▪	▪ ▪ .R
Suikerbiet resistent	0.1	a	9	b	?	—
Cichorei	-		15	b	—	—
Witlof	0.5	b	372	c	▪	▪
Luzerne 'Artemis'	1.5	c	3436	e	.	...
Luzerne 'BlueMoon'	12	d	1279	d	.	.. (.)
Luzerne 'Timbale'	3	c	373	c	.	.
Luzerne					▪	▪ ▪ .R
Rolklaver	-	-	11	b	?	▪ ?
Italiaans raaigras	15	d	1082	d	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪
Rietzwenkgras	1.1	c	284	c	?	▪ (?)
<b>Groenbemesters</b>	<b>a</b>		<b>M</b>		<b>Aaltjesschema</b>	<b>aanpassing</b>
Japanse haver	58.6	C	17486	c	▪ ▪ ▪	▪ ▪ ▪
Bladrammenas (Terranova)	0.7	a	58	a	—R	—R
Facelia	1.8	a	37	a	▪	▪
wikke	6.2	b	402	b	▪R	▪R

- =geen waard, . = slechte waard, . . = matige waard, . . . = goede waard, R=rasverschillen

## 5.2 Nateelt *M. chitwoodi*-gevoelig gewas (aardappel)

Door de teelt van het voor *M. chitwoodi* zeer gevoelige aardappelras Hansa in combinatie met een *M. chitwoodi* gevoelig jaar (warme zomer) was de knolaantasting in de volgteelt aardappel gemiddeld vrij zwaar. Ook bijna een jaar zwarte braak, met een door natuurlijke sterfte maximale afname van de besmetting, was onvoldoende om de aantasting te beperken tot een niveau zonder risico op declassering. Ook bij de teelt van slechte of resistente waardgewassen als voorvrucht was de aantasting in de nateelt te zwaar om zonder risico op kwaliteitsverlies af te kunnen zetten.

Met uitzondering van de voorvruchten aardappel en rolklaver was er wel een duidelijke relatie tussen de waardplantstatus (maximale eindbesmetting) van de voorvrucht en de mate van knolaantasting in de volgteelt aardappel. Bij de slechte waardgewassen (medicijn-gewassen) vlas, zomergerst en zomertarwe, cichorei, resistente suikerbiet en de groenbemesters bladrammens en facelia was de knolaantasting in de volgteelt aardappel het laagst en in jaren met een sterk te kort aan consumptie aardappelen het waardeverlies nog gering. De verwachting is dat deze "medicijn-gewassen" een *M. chitwoodi* besmetting

voldoende kunnen onderdrukken zodat in een volgteelt van een minder gevoelige gewassen/rassen (of een minder sterk melo-jaar) het risico op (onacceptabel) schade gering is.

Bij de gewassen die een matige tot goede waard zijn voor *M. chitwoodi* zoals zaaiuien, (vatbare) luzerne rassen en japanse haver nam de besmetting te sterk toe en was de knolaantasting in de nateelt aardappelen onacceptabel zwaar. Een duidelijke verklaring voor de lichte tot matige knolaantasting na de goede waard aardappel en de vrij zware aantasting na rolklaver is niet gevonden.

Op besmette percelen is een jaar zwarte braak of teelt van de medicijn gewassen onvoldoende om zonder risico op knolbesmetting pootgoed te kunnen telen.

### 5.3 Waardplantgeschiktheid *M. chitwoodi* - *M. fallax*

Het HLB bv heeft in 2019 en 2020 waardplantgeschiktheidsonderzoek (WPG) voor het bedrieglijk maiswortelknobbelaaltje *M. fallax* uitgevoerd. Op een perceel in Dronten met een natuurlijke *M. fallax* besmetting zijn dezelfde gewassen (rassen) getoetst als in het WPG-onderzoek aan *M. chitwoodi*. De resultaten van het waardplantgeschiktheidsonderzoek aan *M. fallax* zijn weergegeven in de door het HLB geschreven rapportage over deze veldproef in Dronten (HLB rapport 20-067; *Meloidogyne fallax* waardplantstatus onderzoek). In onderstaande tabel is de waardplantstatus van de gewassen voor *M. chitwoodi* en *M. fallax* weergegeven, gebaseerd op de resultaten van de veldproeven in Vredepeel (*M. chitwoodi*) en Dronten (*M. fallax*).

**Tabel 22.** Maximale einddichtheid (M, N/100 ml grond) volgens het Seinhorst-model en waardplantstatus gebaseerd op de resultaten van de veldproef *M. chitwoodi*, Vredepeel 2019 en veldproef *M. fallax*, Dronten 2020 (significanties per groep gewassen met hetzelfde oogstmoment, gescheiden door lege regel).

Gewas	M	Waardplantstatus <i>M. chitwoodi</i>	M	Waardplantstatus <i>M. fallax</i>
<b>braak</b>	3	a	7	a
<b>Japanse haver</b>	7258	d . . .	62338	d . . .
<b>Vlas</b>	78	b - (.)	1011	b .
<b>Zomergerst</b>	2426	c .	1433	b .
<b>Zomertarwe</b>	5121	d ..	26244	cd ..
<b>Aardappel</b>	4197	d . . .	4790	fg . . .
<i>Ui 'Centro'</i>	1512	bc .. (.)	533	cd ..
<i>Ui 'Hypark'</i>	1371	b .. (.)	1996	def .. (.)
<i>Ui 'RS07751481'</i>	2731	cd .. (.)	3380	ef . . .
<b>Zaaiuien</b>		.. (.)		.. .R
<b>Suikerbiet vatbaar</b>	16083	f . . .R	773	d ..
<b>Suikerbiet resistent</b>	9	b -	--	-- ?
<b>Cichorei</b>	15	b -	802	d ..
<b>Witlof</b>	372	c .	85	b .
<i>Luzerne 'Artemis'</i>	3436	e . . .	1241	def .. (.)
<i>Luzerne 'BlueMoon'</i>	1279	d .. (.)	1599	def .. (.)
<i>Luzerne 'Timbale'</i>	373	c .	157	bc .
<b>Luzerne</b>		.. .R		.. .R
<b>Rolklaver</b>	11	b .?	--	-
<b>Italiaans raigras</b>	1082	d . . .	14413	g . . .
<b>Rietzwenkgras</b>	284	c . (?)	3752	ef .. (.)
<b>Japanse haver</b>	17486	c . . .	4231	e . . .
<b>Bladrammenas (Terranova)</b>	58	- -R	44	a .
<b>Facelia</b>	37	a .	92	ab
<b>wikke</b>	402	b .R	542	cd

- =geen waard, . = slechte waard, . . = matige waard, . . . = goede waard, R=rasverschillen

---

Aardappel, Japanse haver en Italiaans raaigras zijn goede waardgewassen voor zowel *M. chitwoodi* als *M. fallax*.

Vlas is een zeer slechte waard voor *M. chitwoodi* en een matige waard voor *M. fallax*. De waardplantstatus van vlas voor *M. fallax* is in aaltjesschema als een één-stipper (slechte waard) weergegeven. Het gewas wordt al vroeg geoogst waardoor, indien er geen nateelt volgt van een waardgewas, de besmetting door natuurlijke sterfte sterk zal afnemen.

Zomergerst is een matige tot goede waard plant voor *M. chitwoodi* en *M. fallax* en zomertarwe een (zeer) goede waard plant voor beide aaltjessoorten. Ook deze gewassen worden vroeg geoogst en zal de besmetting na de oogst sterk afnemen als er geen waardgewas direct na wordt geteeld. Voor beide aaltjessoorten is zomergerst als slechte waard geclassificeerd en zomertarwe als matige waard.

Voor zaaiuien (b)lijken er rasverschillen te bestaan. Voor *M. chitwoodi* zijn de verschillen tussen de zaaiuirassen kleiner dan voor *M. fallax*. De getoetste rassen kunnen allemaal als matige tot goede waard voor *M. chitwoodi* worden geclassificeerd. Voor *M. fallax* zijn de verschillen groter en varieert van een vrij matige tot een goede waard.

Cichorei is een zeer slechte (niet) waard voor *M. chitwoodi* maar een matige waard voor *M. fallax*.

*M. chitwoodi* en *M. fallax* kunnen zich op witlof slecht vermeerderen. Witlof is een slechte waard voor *M. chitwoodi* en lijkt voor *M. fallax* zelfs een zeer slechte waard te zijn.

Suikerbiet lijkt een stabilisatie waard voor *M. chitwoodi*. Dit betekent dat de besmetting na de teelt gelijk is aan de besmetting voorafgaand aan de teelt. Is deze laag dan blijft deze laag. Echter is de besmetting vrij hoog dan zal ook na de teelt van suikerbiet de besmetting vrij hoog zijn. Voor *M. fallax* is deze "vorm" van vermeerdering op suikerbiet niet waargenomen. Op basis van de resultaten van de proef in Dronten kan suikerbiet als een matig waard voor *M. fallax* worden geclassificeerd. In het verleden zijn ook vrij hoge dichtheden van *M. fallax* na de teelt van suikerbiet waargenomen. Rasverschillen zouden een mogelijke verklaring kunnen zijn voor het verschil met het recente onderzoek.

Ook bij luzerne zijn er voor zowel *M. chitwoodi* als *M. fallax* rasverschillen gevonden. Het ras Timbale is een vrij slechte waard voor beide aaltjessoorten. De rassen Artemis en Blue Moon zijn beide matige tot goede waard voor zowel *M. chitwoodi* als *M. fallax*.

Rolklaver lijkt een slechte waard voor zowel *M. chitwoodi* als *M. fallax*. Voor *M. fallax* was het niet mogelijk om met het Seinhortsmodel de maximale einddichtheid te berekenen. De gemiddelde eindbesmetting van *M. fallax* na de teelt van rolklaver was erg laag (16 Mf/100 ml grond).

Rietzwenk (cv. Tower) lijkt een slechte tot vrij matige waard voor *M. chitwoodi* maar een vrij goede waard voor *M. fallax*. Resultaat van recent uitgevoerd veldonderzoek laat zien dat er rasverschillen bestaan voor de mate waarin *M. chitwoodi* zich kan vermeerderen op rietzwenk (pers med. J.Visser). Of de rassen ook verschillen in waardplantstatus voor *M. fallax* is onbekend.

Bladrammenas Terranova bezit een zeer hoog niveau van resistentie tegen zowel *M. chitwoodi* als *M. fallax*. Dit ras staat als *M. chitwoodi* resistent ras in de rassenlijst. Bekend is dat de resistentie tegen *M. chitwoodi* niet altijd gekoppeld is aan de resistentie tegen *M. fallax*. Er zijn *M. chitwoodi* resistente rassen die *M. fallax* licht tot matig kunnen vermeerderen.



---

# Literatuur

- Ferris, H., Carlson, H.L., Viglierchio, D.R., Westerdahl, B.B., Wu, F.W., Anderson, C.E., Juurma, A. & Kirby, D.W. (1993). Host status of selected crops to *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology*, 25(4S), p.849.
- Heijbroek, W. (2000) Beheersing van wortelknobbelaaltjes met resistente vanggewassen en bietenrassen. IRS Jaarverslag 2000: 49-50.
- Hoek, J.; Visser, J.H.M.; Brommer, E.; Korthals, G.W. (2008) Waardplantstatus en schadegevoeligheid van cichorei voor aaltjes : projecteindrapport van onderzoek naar de waardplantstatus en de schadegevoeligheid van cichorei voor trichodoriden, *Pratylenchus penetrans* en *Meloidogyne chitwoodi*. Projectrapport, PPO nr. 3252035100
- Mbiro, A. (2016) Host plant status of different green manure plants for *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne chitwoodi*. Thesis report, Ghent University Faculty of Science. Department of Biology.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Schomaker, C.H. & Been, T.H. (2013). Plant growth and population dynamics. In: Perry, R.N. & Moens, M. (Eds). *Plant nematology*, 2nd edition. Wallingford, UK, CAB International, pp. 301-330
- Seinhorts, J. W. (1970) Dynamics of populations of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 8:131-156.
- Teklu, M. G., Schomaker, C.H. & Been, T.H. (2014). Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *Oleiformis*) to *Meloidogyne chitwoodi*, *Nematology* 16, p577-590
- Teklu, M.G. (2018). Quantitative studies on potato genotypes and fodder radish varieties resistant to the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi*. PhD thesis, Wageningen University and Research
- Visser, J.H.M. & Korthals G.W. (2006) Veldonderzoek waardplantgeschiktheid bladrammenasrassen voor *Meloidogyne chitwoodi*. PPO-projectrapport nr. 500006
- Visser, J.H.M.; Brommer, E.; Korthals, G.W. (2008) Schadegevoeligheid van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen voor het maïs-wortelknobbelaaltje *Meloidogyne chitwoodi*. Projectrapport PPO nr. 3252017000
- Yu, M. H., et al. (1999). "The sea beet source of resistance to multiple species of root-knot nematode." *Euphytica* 108(3): 151-155.





# Bijlage 1 Proefveldschema

Proefveldschema WPG-Mc, vdHeuvel, Vredepeet2019

voorr. Rogge	wikke	facalia-Ternanova	JH-Ternanova	braak	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Ternanova	JH-Radical	japane haver	Bladr-Radical	Bladr-Adios
	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4	19,5	19,6	19,7	19,8
JH	wikke	facalia-Ternanova	JH-Ternanova	braak	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Ternanova	JH-Radical	japane haver	Bladr-Radical	Bladr-Adios
	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2	18,3	18,4	18,5	18,6	18,7

JH	2 ter we	2 Italiaans nau gras	6 Luz_Timbale	8 cichori	10 u_Hypark	9 u_R5077	9 rietweerk	20 braak-2	21 rokkw	4 aerdappel	15 gerst
	166	16,7	16,8	16,9	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76
rogge	2 ter we	2 Italiaans nau gras	6 Luz_Timbale	8 cichori	10 u_Hypark	9 u_R5077	9 rietweerk	20 braak-2	21 rokkw	4 aerdappel	15 gerst
	155	15,6	15,7	15,8	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65
engels	2 ter we	2 Italiaans nau gras	6 Luz_Timbale	8 cichori	10 u_Hypark	9 u_R5077	9 rietweerk	20 braak-2	21 rokkw	4 aerdappel	15 gerst
	144	14,5	14,6	14,7	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54
kaibaans	2 ter we	2 Italiaans nau gras	6 Luz_Timbale	8 cichori	10 u_Hypark	9 u_R5077	9 rietweerk	20 braak-2	21 rokkw	4 aerdappel	15 gerst
	133	13,4	13,5	13,6	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,43

JH	20 wikke	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	11 u_Centro	1 Blad-annemas	7 Luz_BlueMoon	5 Luz_Antemik	12 vlas	14 braak	3 japane haver	13 wilof
	112	11,3	11,4	11,5	1,126	1,127	1,128	1,129	1,130	1,131	1,132
engels	20 wikke	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	11 u_Centro	1 Blad-annemas	7 Luz_BlueMoon	5 Luz_Antemik	12 vlas	14 braak	3 japane haver	13 wilof
	111	11,2	11,3	11,4	1,115	1,116	1,117	1,118	1,119	1,120	1,121
kaibaans	20 wikke	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	11 u_Centro	1 Blad-annemas	7 Luz_BlueMoon	5 Luz_Antemik	12 vlas	14 braak	3 japane haver	13 wilof
	100	10,1	10,2	10,3	1,104	1,105	1,106	1,107	1,108	1,109	1,110
rogge	20 wikke	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	11 u_Centro	1 Blad-annemas	7 Luz_BlueMoon	5 Luz_Antemik	12 vlas	14 braak	3 japane haver	13 wilof
	89	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9

rogge	11 u_Centro	5 Luz_Antemik	22 braak-2	13 wilof	7 Luz_BlueMoon	1 Blad-annemas	8 cichori	2 Italiaans nau gras	20 wikke	20 rokkw	12 vlas
	78	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8
engels	11 u_Centro	5 Luz_Antemik	22 braak-2	13 wilof	7 Luz_BlueMoon	1 Blad-annemas	8 cichori	2 Italiaans nau gras	20 wikke	20 rokkw	12 vlas
	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7
JH	11 u_Centro	5 Luz_Antemik	22 braak-2	13 wilof	7 Luz_BlueMoon	1 Blad-annemas	8 cichori	2 Italiaans nau gras	20 wikke	20 rokkw	12 vlas
	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6
kaibaans	11 u_Centro	5 Luz_Antemik	22 braak-2	13 wilof	7 Luz_BlueMoon	1 Blad-annemas	8 cichori	2 Italiaans nau gras	20 wikke	20 rokkw	12 vlas
	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5

JH	3 braak	3 japane haver	19 rietweerk	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	9 u_R5077	4 aerdappel	10 ter we	10 u_Hypark	6 Luz_Timbale	15 gerst
	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
rogge	3 braak	3 japane haver	19 rietweerk	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	9 u_R5077	4 aerdappel	10 ter we	10 u_Hypark	6 Luz_Timbale	15 gerst
	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
engels	3 braak	3 japane haver	19 rietweerk	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	9 u_R5077	4 aerdappel	10 ter we	10 u_Hypark	6 Luz_Timbale	15 gerst
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
kaibaans	3 braak	3 japane haver	19 rietweerk	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	9 u_R5077	4 aerdappel	10 ter we	10 u_Hypark	6 Luz_Timbale	15 gerst
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

voorr. Italiaans	facalia-Ternanova	Bladr-Adios	Bladr-Radical	JH-Radical	wikke	Bladr-Ternanova	JH-Ternanova	wikke-Ternanova	braak	japane haver	facalia
	3,88	3,89	3,90	3,91	3,92	3,93	3,94	3,95	3,96	3,97	3,98

JH	facalia-Ternanova	Bladr-Adios	Bladr-Radical	JH-Radical	wikke	Bladr-Ternanova	JH-Ternanova	wikke-Ternanova	braak	japane haver	facalia
	3,77	3,78	3,79	3,80	3,81	3,82	3,83	3,84	3,85	3,86	3,87

rogge	facalia-Ternanova	Bladr-Adios	Bladr-Radical	JH-Radical	wikke	Bladr-Ternanova	JH-Ternanova	wikke-Ternanova	braak	japane haver	facalia
	3,66	3,67	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,73	3,74	3,75	3,76

engels	facalia-Ternanova	Bladr-Adios	Bladr-Radical	JH-Radical	wikke	Bladr-Ternanova	JH-Ternanova	wikke-Ternanova	braak	japane haver	facalia
	3,55	3,56	3,57	3,58	3,59	3,60	3,61	3,62	3,63	3,64	3,65

rogge	Bladr-Radical	JH-Ternanova	wikke	braak	Bladr-Ternanova	japane haver	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Adios	facalia-Ternanova	JH-Radical
	3,44	3,45	3,46	3,47	3,48	3,49	3,50	3,51	3,52	3,53	3,54

Italiaans	Bladr-Radical	JH-Ternanova	wikke	braak	Bladr-Ternanova	japane haver	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Adios	facalia-Ternanova	JH-Radical
	3,33	3,34	3,35	3,36	3,37	3,38	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43

engels	Bladr-Radical	JH-Ternanova	wikke	braak	Bladr-Ternanova	japane haver	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Adios	facalia-Ternanova	JH-Radical
	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	3,29	3,30	3,31	3,32

JH	Bladr-Radical	JH-Ternanova	wikke	braak	Bladr-Ternanova	japane haver	wikke-Ternanova	facalia	Bladr-Adios	facalia-Ternanova	JH-Radical
	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,20	3,21

rogge	1 Blad-annemas	11 u_Centro	8 cichori	16 braak	13 wilof	4 aerdappel	9 u_R5077	3 japane haver	20 wikke	7 Luz_BlueMoon	15 gerst
	300	30,1	30,2	30,3	30,4	30,5	30,6	30,7	30,8	30,9	31,0

Italiaans	1 Blad-annemas	11 u_Centro	8 cichori	16 braak	13 wilof	4 aerdappel	9 u_R5077	3 japane haver	20 wikke	7 Luz_BlueMoon	15 gerst
	289	29,0	29,1	29,2	29,3	29,4	29,5	29,6	29,7	29,8	29,9

engels	1 Blad-annemas	11 u_Centro	8 cichori	16 braak	13 wilof	4 aerdappel	9 u_R5077	3 japane haver	20 wikke	7 Luz_BlueMoon	15 gerst
	278	27,9	28,0	28,1	28,2	28,3	28,4	28,5	28,6	28,7	28,8

JH	1 Blad-annemas	11 u_Centro	8 cichori	16 braak	13 wilof	4 aerdappel	9 u_R5077	3 japane haver	20 wikke	7 Luz_BlueMoon	15 gerst
	267	26,8	26,9	27,0	27,1	27,2	27,3	27,4	27,5	27,6	27,7

rogge	20 braak-2	12 vlas	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	5 Luz_Antemik	10 ter we	10 rietweerk	6 rokkw	6 Luz_Timbale	15 gerst	2 Italiaans nau gras
	256	25,7	25,8	25,9	26,0	26,1	26,2	26,3	26,4	26,5	26,6

JH	20 braak-2	12 vlas	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	5 Luz_Antemik	10 ter we	10 rietweerk	6 rokkw	6 Luz_Timbale	15 gerst	2 Italiaans nau gras
	245	24,6	24,7	24,8	24,9	25,0	25,1	25,2	25,3	25,4	25,5

Italiaans	20 braak-2	12 vlas	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	5 Luz_Antemik	10 ter we	10 rietweerk	6 rokkw	6 Luz_Timbale	15 gerst	2 Italiaans nau gras
	234	23,5	23,6	23,7	23,8	23,9	24,0	24,1	24,2	24,3	24,4

engels	20 braak-2	12 vlas	16 biet_Ursulina	17 biet_vdHove	5 Luz_Antemik	10 ter we	10 rietweerk	6 rokkw	6 Luz_Timbale	15 gerst	2 Italiaans nau gras
	223	22,4	22,5	22,6	22,7	22,8	22,9	23,0	23,1	23,2	23,3

engels	wikke	braak	JH-Ternanova	facalia-Ternanova	wikke-Ternanova	facalia	japane haver	Bladr-Ternanova	JH-Radical	Bladr-Radical	Bladr-Adios
	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22
Italiaans	wikke	braak	JH-Ternanova	facalia-Ternanova	wikke-Ternanova	facalia	japane haver	Bladr-Ternanova	JH-Radical	Bladr-Radical	Bladr-Adios
	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,11



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](http://www.wur.nl/openteelten)

Rapport WPR-OT 974

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.

---