



# Monitoring, manipulatie en biologische bestrijding van schadelijke wantsen in de glastuinbouw

Gerben J. Messelink, Lisa Tonino, Jesica Pérez-Rodríguez, Joop Woelke, Machteld Bouw, Kyra Vervoorn, Marijke Koornneef en Hessel van der Heide

Rapport WPR-1321



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

## Referaat

In dit rapport worden de resultaten weergegeven van 4 jaar onderzoek aan de inheemse behaarde wants *Lygus rugulipennis*, een belangrijke plaag in chrysant, komkommer en aubergine, en de exotische zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula*, een belangrijke plaag in paprika. Het onderzoek was onderdeel van de PPS "Functionele Biodiversiteit in en om de kas" (TKI-LWV 19162). Het doel van dit project was om voor beide schadelijke wantsen nieuwe niet-chemische manieren voor bestrijding te ontwikkelen. Voor de behaarde wants was het onderzoek gericht op het voorspellen van invlieg, het manipuleren van het gedrag van invliegende wantsen met lokplanten en repellente stoffen (push-pull) en inzet van selectieve biologische middelen op basis van entomopathogene schimmels. Isolaten van de schimmel *Beauveria bassiana* konden de groei van wantsenpopulaties sterk reduceren. Het onderzoek aan de zuidelijke groene schildwants was gericht op het verbeteren van signalering met lokplanten en feromoonvallen en de biologische bestrijding met roofwantsen, sluipwespen en entomopathogene schimmels. Preventieve inzet van de roofwants *Podisus maculiventris* lijkt veel potentie te bieden voor de bestrijding van *N. viridula*.

## Abstract

This report presents the results of 4 years of research on the European tarnished plant bug *Lygus rugulipennis*, an important pest in chrysanthemum, cucumber and eggplant, and the exotic southern green stink bug *Nezara viridula*, an important pest in bell pepper. The research was part of the PPP "Functional Biodiversity in and around the greenhouse" (TKI-LWV 19162). The goal of this project was to develop new non-chemical ways of control for both pest bugs. For the European tarnished plant bug, the research focused on predicting invasion, manipulating the behavior of invading bugs with attractants and repellents (push-pull) and deployment of selective biological control agents based on entomopathogenic fungi. Isolates of the fungus *Beauveria bassiana* were able to significantly reduce the population growth of *L. rugulipennis*. Research on the southern green stink bug focused on monitoring with trap plants and pheromone traps and biological control with predatory bugs, parasitic wasps and entomopathogenic fungi. Preventive releases of the predator *Podisus maculiventris* show potential for the control of *N. viridula*.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-1321

Projectnummer: 3742287700/LWV19162

BO-nummer: BO-56-001-055

DOI: <https://doi.org/10.18174/657572>

Dit onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het ministerie van LNV via de Topsector T&U, Stichting Kennis in je Kas, Glastuinbouw Nederland, Pherobank, de gewascoöperatie paprika en Stichting Chrysant NL.



## Disclaimer

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 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 aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 - 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

[glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)

[wur.nl/glastuinbouw](http://wur.nl/glastuinbouw)

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Een voorspellingsmodel voor de behaarde wants</b>	<b>9</b>
2.1 Inleiding	9
2.2 Materiaal en methoden	10
2.2.1 Overleving nimfen bij lage temperaturen	10
2.2.2 Ontwikkelingssnelheid bij 4 temperaturen	10
2.2.3 Modelvalidatie	10
2.3 Resultaten	11
2.3.1 Overleving nimfen bij lage temperaturen	11
2.3.2 Ontwikkelingssnelheid bij 4 temperaturen	11
2.3.3 Modelvalidatie	12
2.4 Discussie en conclusies	15
<b>3 Bestrijding van behaarde wants met entomopathogene schimmels</b>	<b>16</b>
3.1 Inleiding	16
3.2 Materiaal en methoden	17
3.2.1 Testen in het laboratorium	17
3.2.2 Kasproeven	18
3.2.3 Endofyten	19
3.3 Resultaten	20
3.3.1 Testen in het laboratorium	20
3.3.2 Kasproeven	22
3.3.3 Endofyten	23
3.4 Discussie en conclusies	23
<b>4 Een push-pull systeem voor behaarde wants</b>	<b>24</b>
4.1 Inleiding	24
4.2 Materiaal en methoden	25
4.2.1 Lokplanten	25
4.2.2 Aantrekkelijke en repellente behandelingen	26
4.3 Resultaten	28
4.3.1 Lokplanten	28
4.3.2 Aantrekkelijke en repellente geuren	29
4.4 Discussie en conclusies	30
<b>5 Monitoren van de zuidelijke groene schildwants</b>	<b>31</b>
5.1 Inleiding	31
5.2 Materiaal en methoden	31
5.2.1 Lokplanten	31
5.2.2 Feromoonvallen	31
5.2.3 Overwinteringsvallen	33
5.3 Resultaten	34
5.3.1 Lokplanten	34
5.3.2 Feromoonvallen	34
5.3.3 Overwinteringsvallen	34
5.4 Discussie en conclusies	34

---

<b>6</b>	<b>Bestrijding van zuidelijke groene schildwants met entomopathogene schimmels</b>	<b>35</b>
6.1	Inleiding	35
6.2	Materiaal en methoden	35
6.2.1	Labtesten	35
6.2.2	Kasproef	37
6.3	Resultaten	38
6.3.1	Labtesten	38
6.3.2	Kasproef	39
6.4	Discussie en conclusie	39
<b>7</b>	<b>Biologische bestrijding van de zuidelijke groene schildwants met roofwantsen en sluipwespen</b>	<b>40</b>
7.1	Inleiding	40
7.2	Materiaal en methoden	41
7.2.1	Kasproef 1	41
7.2.2	Kasproef 2	42
7.2.3	Voorkeurstesten parasitering <i>T. basalis</i>	44
7.2.4	Interactie <i>P. maculiventris</i> en <i>O. laevigatus</i>	44
7.2.5	Predatie van <i>P. maculiventris</i> op verschillende kasplagen	45
7.3	Resultaten	45
7.3.1	Kasproef 1	45
7.3.2	Kasproef 2	50
7.3.3	Voorkeurstesten parasitering <i>T. basalis</i>	53
7.3.4	Interactie <i>P. maculiventris</i> en <i>O. laevigatus</i>	53
7.3.5	Predatie van <i>P. maculiventris</i> op verschillende kasplagen	54
7.4	Discussie en conclusies	55
<b>8</b>	<b>Praktijktesten met de roofwants <i>P. maculiventris</i></b>	<b>56</b>
8.1	Inleiding	56
8.2	Materiaal en methoden	56
8.3	Resultaten	57
8.4	Discussie en conclusies	58
	<b>Literatuur</b>	<b>59</b>



---

# Samenvatting

In dit rapport worden de resultaten weergegeven van 4 jaar onderzoek aan de inheemse behaarde wants *Lygus rugulipennis*, een belangrijke plaag in chrysant, komkommer en aubergine, en de exotische zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula*, een belangrijke plaag in paprika. Het onderzoek was onderdeel van de PPS "Functionele Biodiversiteit in en om de kas" (TKI-LWV 19162). Het doel van dit project was om voor beide schadelijke wantsen nieuwe niet-chemische manieren voor bestrijding te ontwikkelen. Voor de behaarde wants was het onderzoek gericht op het voorspellen van invlieg, het manipuleren van het gedrag van invliegende wantsen met lokplanten en repellente stoffen (push-pull) en inzet van selectieve biologische middelen op basis van entomopathogene schimmels. Het onderzoek aan de zuidelijke groene schildwants was gericht op het verbeteren van signalering met lokplanten en feromoonvallen en de biologische bestrijding met roofwantsen, sluipwespen en entomopathogene schimmels.

Voor het voorspellen van invlieg van de behaarde wants is een bestaand model uit de literatuur gebruikt. De onderliggende aannames voor ontwikkelingsnelheid en overleving bij vrieskou zijn eerst getest met laboratoriumproeven. Vervolgens is het model gevalideerd met meldingen van telers over de eerste invlieg. De modelvoorspellingen en waarnemingen van telers bleken redelijk goed overeen te komen, maar op sommige bedrijven werd al veel eerder schade gemeld dan wat volgens het model met invlieg mogelijk was. Dit waren waarschijnlijk overwinterende adulten die al vroeg in het seizoen in de kas actief worden. Wanneer de ontwikkeling dicht bij het bereiken van het volwassen stadium zit, kan op basis van weersverwachtingen redelijk voorspelt worden wanneer het volwassen stadium is bereikt en de eerste invlieg verwacht kan worden. De momenten wanneer deze migraties plaatsvinden hangen echter ook sterk af van de weerscondities. Wantsen vliegen voornamelijk op warme windstille zomeravonden tussen 18 uur en 1 uur 's nachts. Het voorspellen van invlieg wordt idealiter gekoppeld aan een selectieve bestrijding en het manipuleren van het gedrag van deze wantsen. In dit onderzoek hebben we daarom verschillende isolaten van entomopathogene schimmels getest. Isolaten van de soort *Beauveria bassiana* bleken het meest effectief. In het laboratorium bleek het *Beauveria*-isolaat van het product Naturalis het snelst de wantsen te doden, maar in de kasproef was het *Beauveria*-isolaat van Velifer het meest effectief. Tot slot is gekeken of het gedrag van wantsen beïnvloed kan worden met een push-pull-systeem. Allereerst zijn diverse mogelijke lokplanten getest, maar van de hele reeks geteste planten bleek alleen witte mosterd iets aantrekkelijker dan chrysant. Of deze planten ook op grote schaal wantsen uit het gewas kunnen lokken is niet bekend. Verder is het alarmferomoon hexylbutyraat als repellent getest, maar dit bleek de wantsen niet significant af te stoten. Planten met rozemarijnolie bleken een klein beetje aantrekkelijker te worden voor de behaarde wants, net als planten behandeld met een niet-pathogeen isolaat van *Fusarium*. Een isolaat van *Metarhizium* leek planten juist iets onaantrekkelijker te maken, maar deze effecten waren ook beperkt en niet significant.

Bij de zuidelijke groene schildwants *N. viridula* is eerst gekeken wat de mogelijkheden zijn voor signalering en monitoring met lokplanten, aggregatieferomoonvallen en overwinteringsvallen. Deze methoden bleken echter niet succesvol en zijn niet verder onderzocht. Voor bestrijding zijn net als bij de behaarde wants een reeks entomopathogene schimmels getest. Isolaten van het genus *Metarhizium* bleken het meest succesvol nimfen en adulten van *N. viridula* te infecteren en doden. Het commerciële isolaat BIO1020 was zowel in het laboratorium als in de kas het meest effectief, waarbij nimfen gevoeliger zijn voor infectie dan de volwassen wantsen. In de kasproef bleef de bijdrage aan de bestrijding echter beperkt tot 16%. Tot slot zijn de mogelijkheden voor biologische bestrijding verder onderzocht. Voor *N. viridula* is de ei-parasitaire sluipwesp *Trissolcus basalus* een goede kandidaat en deze sluipwesp is inmiddels op de markt. Naast deze sluipwesp hebben we ons gericht op de roofwants *Podisus maculiventris*. Deze soort komt oorspronkelijk uit Noord-Amerika, maar is al jaren lang ook in Europa losgelaten en kan in Nederland zonder ontheffing worden ingezet. De resultaten van twee kasproeven lieten zien dat de roofwants *P. maculiventris* veel potentie biedt als biologische bestrijder van *N. viridula*. De zuidelijke groene schildwants werd in beide proeven volledig bestreden. Vooral de nimfen blijken een favoriete prooi voor deze roofwantsen. Voor de populatieopbouw in het gewas blijken meelwormen een uitstekende prooi te zijn.

---

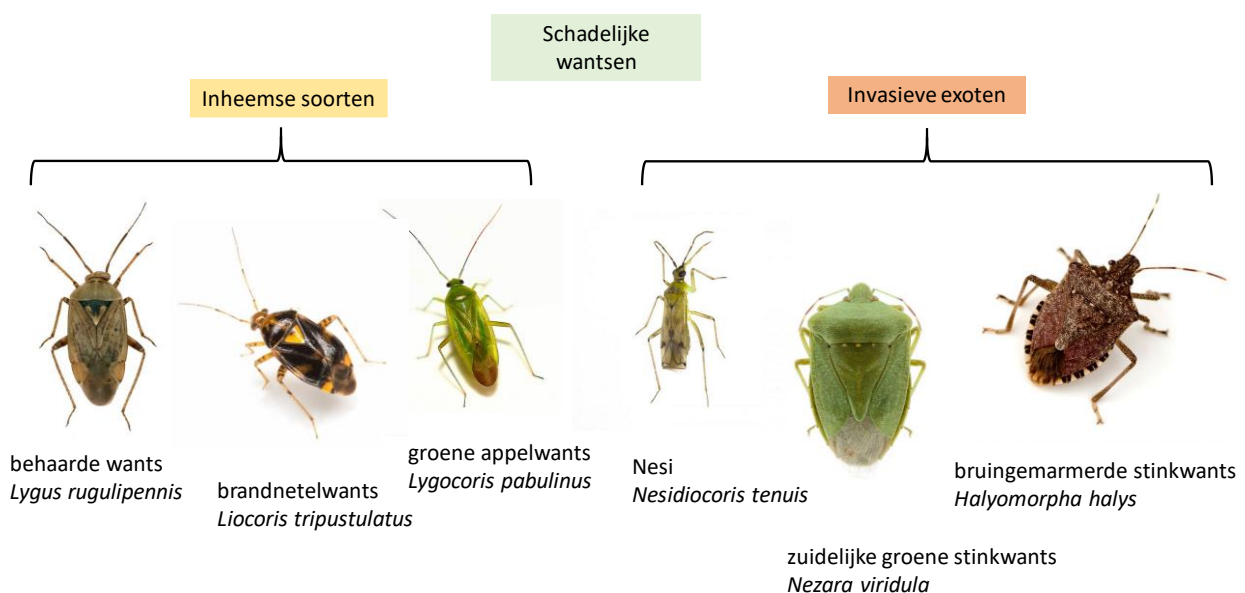
Zonder voedsel kon *P. maculiventris* niet overleven op paprikaplanten en ook de aanwezigheid van enkel eieren van *N. viridula* was niet voldoende om een goede dichtheid roofwantsen op te bouwen. De sluipwesp *T. basalis* bleek ook de eieren van *P. maculiventris* te kunnen parasiteren, maar in het laboratorium hadden ze een lichte voorkeur voor *N. viridula* en in de kasproef hadden ze géén negatief effect op de populatieopbouw van *P. maculiventris*. De roofwants *P. maculiventris* had géén negatief effect op de populatieontwikkeling van *A. swirskii* of de roofwants *O. laevigatus*. De inzet van deze wants lijkt dus goed gecombineerd te kunnen worden met de bestrijding van trips. In de praktijk bleek de roofwants *P. maculiventris* zich nog niet goed te kunnen handhaven, ondanks het bijvoeren met meelwormen. De factoren die hieraan ten grondslag liggen zullen nader onderzocht moeten worden.

# 1 Inleiding

In de glastuinbouw duiken steeds vaker schadelijke wantsen op als gevolg van het verminderd gebruik van breedwerkende pesticiden. Het gaat dan in de meeste gevallen om invlieg van de behaarde wants *Lygus rugulipennis*, de brandnetelwants *Liocoris tripustulatus* en de groene appelwants *Lygocoris pabulinus* (figuur 1.1). De grootste problemen spelen in de gewassen chrysaant, gerbera, paprika, komkommer en aubergine. In paprika en aubergine kunnen deze wantsen zich ook vestigen en een populatie opbouwen, in chrysaant is dat nog onduidelijk. De wantsen zuigen aan plantdelen en veroorzaken bloemmisvormingen, bloemabortie en zuigschade aan vruchten. Chemische bestrijding van wantsen komt vaak te laat en is bovendien ongewenst door de verstoring van het totale biologische bestrijdingssysteem.

Naast inheemse schadelijke wantsen zijn er ook problemen ontstaan met vestiging van exotische wantsen. In tomaat geeft de mediterrane wants *Nesidiocoris tenuis* (ook wel Nesi genoemd) veel problemen. Chemische bestrijding is uitermate lastig, omdat deze correcties ook een sterk effect op de roofwants *Macrolophus pygmaeus*, met als gevolg dat ook andere plagen zoals wittevlies en *Tuta absoluta* uit de hand lopen. Een andere exoot die steeds meer voorkomt is de zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula*. De meeste meldingen van problemen komen uit de teelt van paprika, waar deze wantsen al snel schade geven door hun voorkeur voor de vruchten. Ook deze wants is moeilijk selectief te bestrijden vanwege de nevenwerking van middelen op de nuttige roofwantsen Orius en Macrolophus. Behalve *N. viridula* is ook de bruingemarmerde schildwants *Halyomorpha halys* bezig met een opmars in Europa. In Italië geeft deze wants al grote schade in de tuinbouw, waaronder tunnelteelten van groenten. In Nederland komt is deze wants in 2020 voor het eerst gevonden in Limburg. Door de klimaatverandering zou het kunnen dat deze soort zich ook in Noord-Europa gaat vestigen.

Door deze toename van inheemse en exotische schadelijke wantsen (figuur 1.1) en de verminderde mogelijkheden voor chemische bestrijding is er behoefte aan het ontwikkelen alternatieve niet-chemische manieren van bestrijding. Binnen de PPS "Functionele Biodiversiteit in en om de kas" (TKI-LWV 19162) is 4 jaar lang onderzoek gedaan aan de bestrijding van 2 soorten schadelijke wantsen de behaarde wants *L. rugulipennis* en de zuidelijke groene schildwants *N. viridula*.



**Figuur 1.1** Schadelijke wantsen in de Nederlandse Glastuinbouw.

---

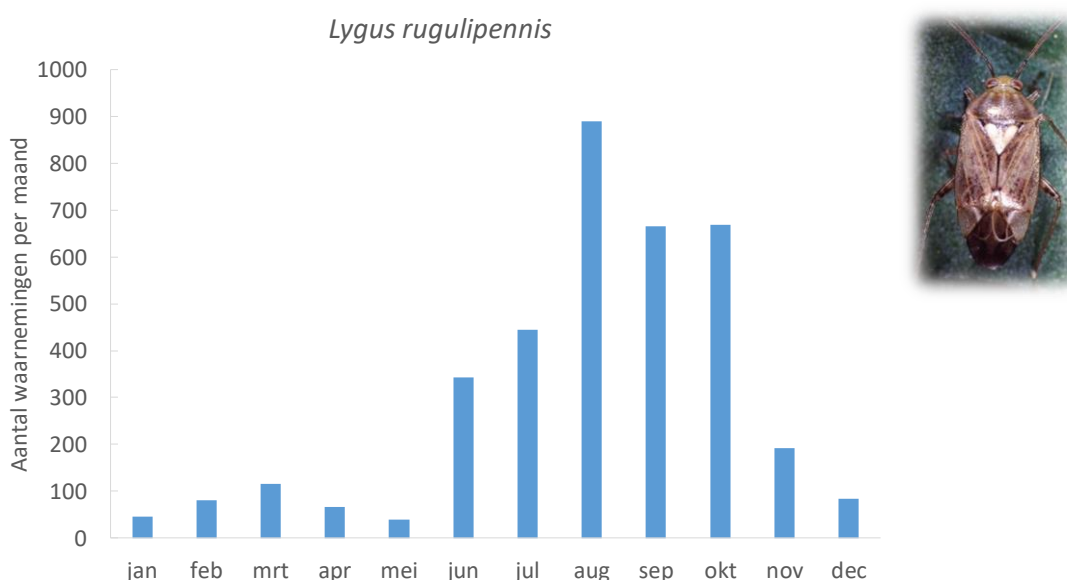
Het doel van dit project was om voor beide schadelijke wantsen nieuwe niet-chemische manieren voor bestrijding te ontwikkelen. Voor de behaarde wants was het onderzoek gericht op het voorspellen van invlieg, het manipuleren van het gedrag van invliegende wantsen met lokplanten en repellente stoffen (push-pull) en inzet van selectieve biologische middelen op basis van entomopathogene schimmels. Het onderzoek aan de zuidelijke groene schildwants was gericht op het verbeteren van signalering met lokplanten en feromoonvallen en de biologische bestrijding met roofwantsen, sluipwespen en entomopathogene schimmels. In dit rapport worden de resultaten van deze studies weergegeven.



## 2 Een voorspellingsmodel voor de behaarde wants

### 2.1 Inleiding

De behaarde wantsen overwinteren als volwassenen en deze kunnen al vroeg in het jaar actief worden en naar kassen migreren. De meeste invlieg lijkt echter te ontstaan na de eerste en tweede generatie buiten kassen op kruidige planten. Op [waarneming.nl](http://waarneming.nl) is duidelijk een piek van waarnemingen te zien in augustus (figuur 2.1).



**Figuur 2.1** Aantal waarnemingen van de soort *Lygus rugulipennis* per maand sinds 2006 (bron [waarneming.nl](http://waarneming.nl)).

Voor de bestrijding van wantsen is het waardevol om de invlieg te kunnen voorspellen. In Engeland is enkele jaren geleden door East Malling Research al een model ontwikkeld waarmee op basis van temperatuursommen het bereiken van het volwassen stadium op de kruidlaag voorspeld kan worden (Xu *et al.* 2014). Dit model gaat uit van een lineaire relatie tussen temperatuur en ontwikkelingsnelheid tussen de 8 en 35 graden en aparte ontwikkelingstijden voor ei-ontwikkeling, nimfale ontwikkeling en pre-ovipositieperiode. De aanname is dat vrouwtjes pas gaan migreren na het doorlopen van de pre-ovipositieperiode, hetgeen is bevestigd met waarnemingen in lichtvallen (Šedivý and Honěk 1983). De ontwikkelingsduur van de behaarde wants in dit model is gebaseerd op waarnemingen op klein kruiskruid (Easterbrook *et al.* 2003). Het model gaat er van uit dat de ontwikkelingscyclus van de behaarde wants start boven de 8 graden Celsius. Het kan echter gebeuren dat na een warme periode er weer dagen met vrieskou zijn en het is onduidelijk in hoeverre jonge nimfen dit kunnen overleven. In dit project hebben we daarom de overleving van deze nimfen bij lage temperaturen onderzocht. Verder is gekeken of de ontwikkelingsduur van de behaarde wants mogelijk sneller is wanneer het dieet wordt verrijkt met dierlijke prooien, omdat bekend is dat de behaarde wants een omnivoor is en ook plagen zoals bladluis kan consumeren. Tot slot is het model gevalideerd met praktijkwaarnemingen.

---

## 2.2 Materiaal en methoden

### 2.2.1 Overleving nimfen bij lage temperaturen

De overleving van jonge nimfen van de behaarde wants is getest met behulp van een koelapparaat (Jubalo F25-ME) met daaraan gekoppeld een aluminium blok met een arena met diameter van 2.5 cm. Het blok was afgedekt met een dubbele glazen plaat en ingepakt in polystyreen schuim om warmte-uitwisseling met de omgeving te minimaliseren. Het onderzoek werd uitgevoerd met jonge nimfen van het eerste nimfale stadium van maximaal 24 uur oud. De overleving werd getest bij 16 combinaties van tijdsduur en temperatuur. Per ronde werden 10 nimfen getest. Om de koudetolerantie te controleren, werd de temperatuur verlaagd van de kweektemperatuur (25 °C) naar 10 °C met een initiële afnamesnelheid van 1,0 °C per minuut, en deze werd verder verlaagd van 10 °C naar de doeltemperaturen 0, -1, -2 of -5 °C met een snelheid van 0,20 °C per minuut (Ingegno *et al.* 2021). Na het behalen van de tijdsduur (4, 6, 24 of 48 uur) werd temperatuur vervolgens weer verhoogd naar 10 °C met een snelheid van 0,25 °C per minuut en naar 25 °C met een snelheid van 1,0 °C per minuut. Na het programma werd het aantal overlevende nimfen geteld.

### 2.2.2 Ontwikkelingssnelheid bij 4 temperaturen

De ontwikkelingssnelheid van de behaarde wants van het eerste nimfale stadium tot aan het volwassen stadium is gemeten bij 10, 15, 20, en 25 °C op snijbonen met en zonder meelmoteieren van *Ephestia kuehniella*. Dit is uitgevoerd in klimaatcellen met een cyclus van 16 uur licht en een 8 uur donkerperiode. Naast de ontwikkelingsduur is ook de mortaliteit van de nimfen gemeten.

### 2.2.3 Modelvalidatie

Na de controle van de modelaannames is het model gevalideerd met waarnemingen van telers die gedurende een aantal jaren hebben genoteerd wanneer de eerste volwassen wantsen van de behaarde wants in hun kassen zijn waargenomen. De gegevens zijn verzameld van chrysantentelers in de Bommelerwaard en het Westland van de periode 2017-2020. Er is niet gecontroleerd of het bij de meldingen daadwerkelijk ging om de behaarde wants, maar aangezien dit de meest voorkomende soort is bij invlieg, is daar vanuit gegaan. Verder is met de modelberekeningen aangenomen dat korte periodes met vorst na het starten van de cyclus geen effect hadden op de overleving van nimfen. De weergegevens van deze jaren zijn verzameld van de openbare weerstations in Hoek van Holland (voor het Westland) en Herwijnen (voor de Bommelerwaard) (<https://daggegevens.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens>).

## 2.3 Resultaten

### 2.3.1 Overleving nimfen bij lage temperaturen

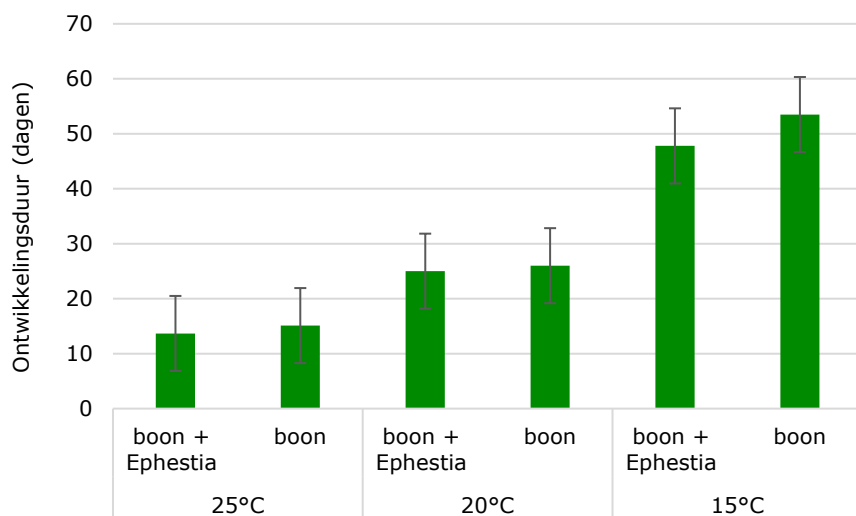
De overleving van jonge nimfen van de behaarde wants bij 16 temperatuur-tijdsduurcombinaties is weergegeven in tabel 2.1. Mortaliteit trad pas op wanneer de nimfen voor 24 en 48 uur werden blootgesteld aan temperaturen van 5 graden onder nul, maar zelfs bij deze temperaturen was er nog overleving (tabel 2.1).

**Tabel 2.1** Overleving van nimfen (%) van het eerste nimfale stadium van *Lygus rugulipennis* bij verschillende tijdsduren en temperaturen onder nul.

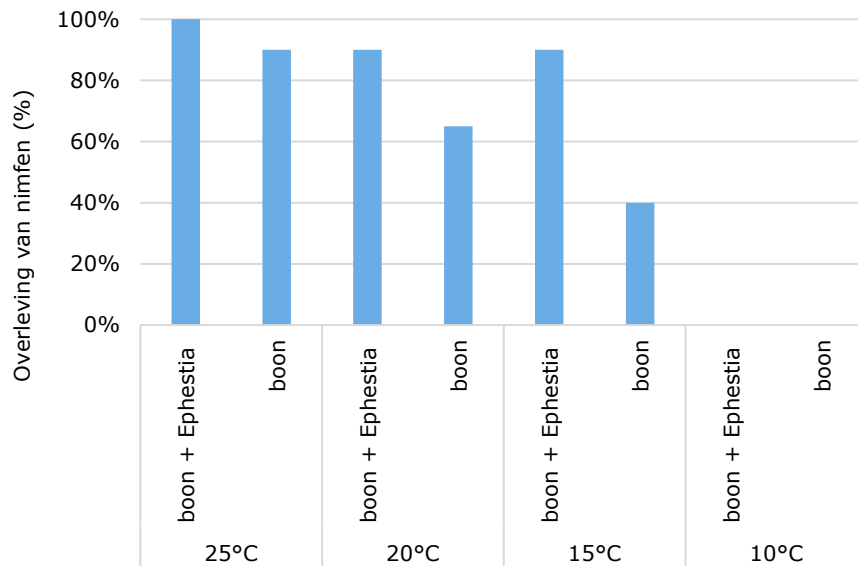
Tijdsduur (uren)	0°C	-1°C	-2°C	-5°C
4	100	100	100	100
6	100	100	100	100
24	100	100	100	70
48	100	100	100	70

### 2.3.2 Ontwikkelingssnelheid bij 4 temperaturen

De temperatuursafhankelijke ontwikkelingssnelheid van het eerste nimfale stadium tot aan het volwassen stadium is weergegeven in figuur 2.2. De overleving van de nimfen tijdens deze ontwikkeling is weergegeven in figuur 2.3.



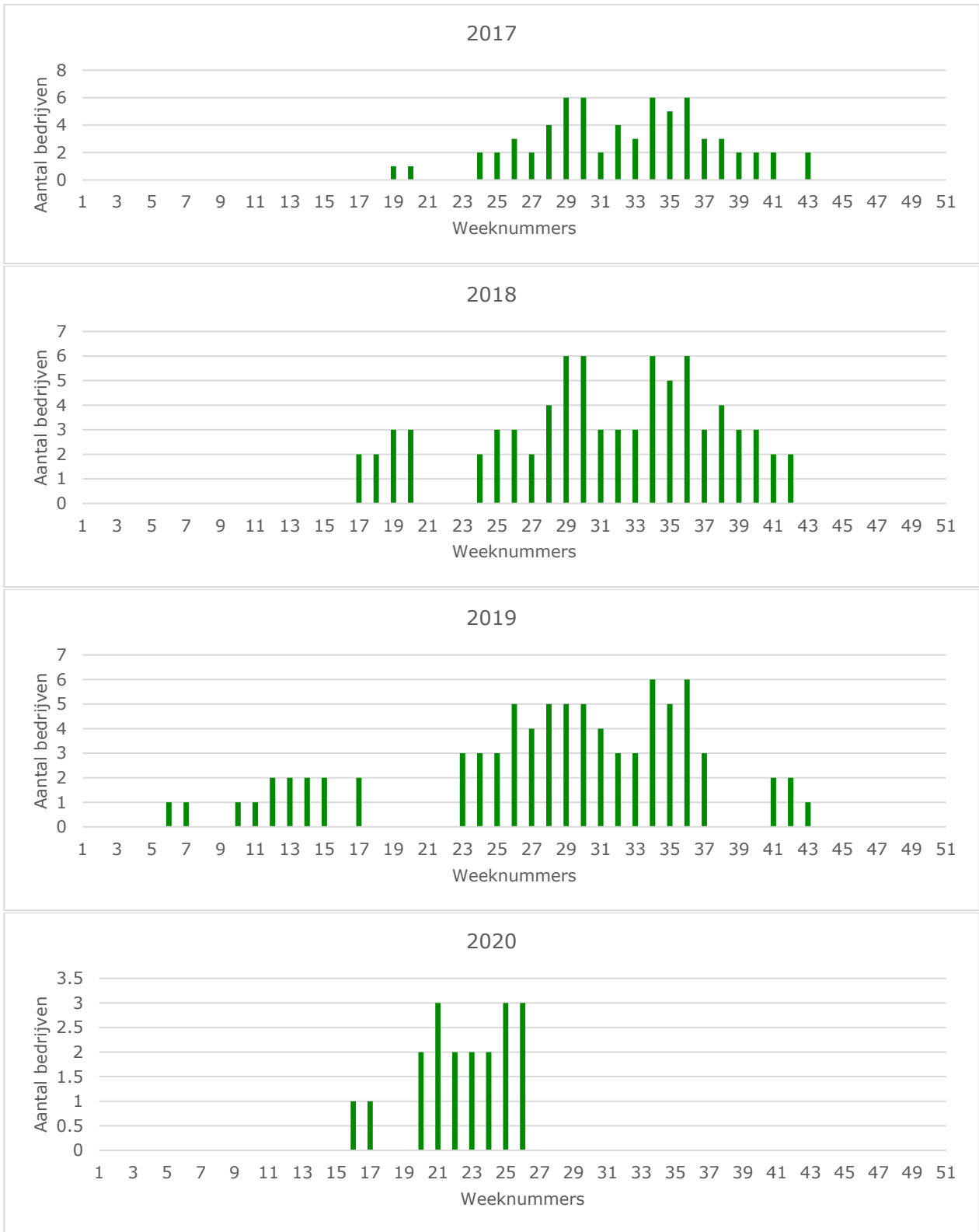
**Figuur 2.2** Ontwikkelingsduur van de behaarde wants bij 3 constante temperaturen.



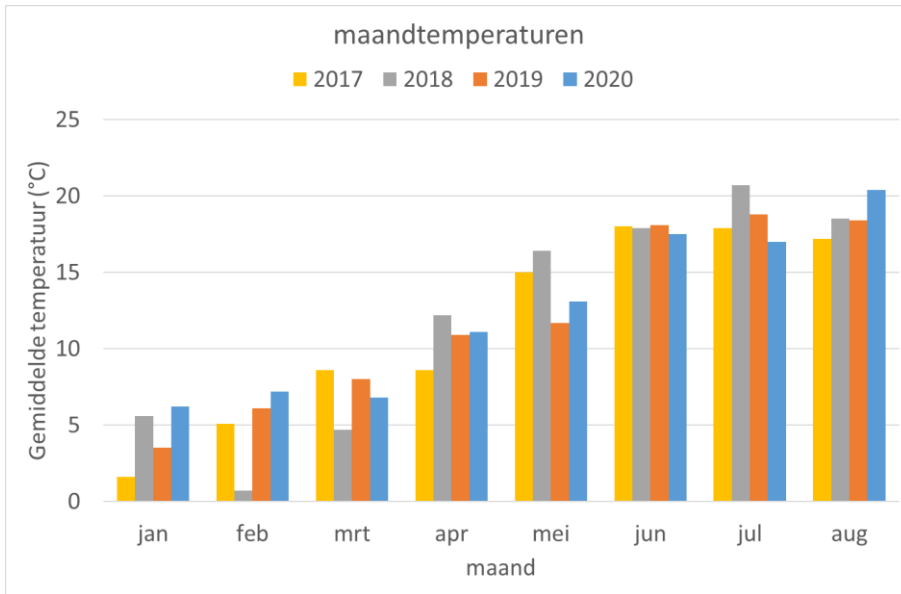
**Figuur 2.3** Overleving van nimfen van de behaarde wants tijdens de ontwikkeling bij 4 constante temperaturen.

### 2.3.3 Modelvalidatie

Het aantal chrysantenbedrijven waar schadelijke wantsen zijn waargenomen in de jaren 2017-2020 is weergegeven in figuur 2.4. In figuur 2.5 zijn de gemiddelde maandtemperaturen tot aan augustus weergegeven om een indruk te krijgen van verschillen tussen de jaren. Het jaar 2018 werd gekenmerkt door een warme maand januari, gevolgd door een koude maand februari. Zowel 2017 als 2018 hadden een relatief warm voorjaar, wat de ontwikkeling van de behaarde wants versneld heeft.



**Figuur 2.4** Overzicht van chrysantenbedrijven waar in de jaren 2017-2020 schadelijke wantsen werden waargenomen gedurende het jaar.



**Figuur 2.5** Gemiddelde maandtemperaturen (de Bilt) tijdens de jaren 2017-2020.

In 2017 komen de eerste meldingen van invlieg van schadelijke wantsen vanuit de Bommelerwaard in week 19-20, wat goed overeenkomt met het model (tabel 2.2.). In dat jaar is de ontwikkelingssnelheid in het Westland een stuk trager en de eerste mogelijkheid op invlieg werd voor deze streek voorspeld voor week 24. Ook dit komt goed overeen met de meldingen uit de praktijk.

In 2018 voorspelt het model dat de eerst invlieg van de nieuwe generatie van vanaf week 24 plaatsvindt, terwijl in de praktijk al in week 17 wantsen worden gevonden. Mogelijk waren dat wantsen die als adult de winter hebben overleefd. Vanaf week 23-24 neemt het aantal meldingen wel toe, wat klopt met het model.

In 2019 wordt op 2 bedrijven in de Bommelerwaard van week 6 tot en met 17 al behaarde wants waargenomen. Volgens het model is het niet aannemelijk dat dit afkomstig is van invlieg van buiten. Mogelijk zijn dit wantsen geweest die op de bedrijven zelf overwinterd hebben. Het model voorspelt vanaf week 27 meer invlieg voor de Bommelerwaard. In die periode is er ook een toename te zien van het aantal bedrijven met meldingen van wantsen.

In 2020 komen de waarnemingen van de 3 bedrijven niet goed overeen met het voorspellingsmodel. In dat jaar is op basis van met model een sterke toename met kans op invlieg te verwachten vanaf week 26-27, terwijl de wantsen al vanaf week 16 werden gevonden.

**Tabel 2.2** Weeknummers wanneer volgens het ontwikkelingsmodel voor de behaarde wants de eerste adulten van de nieuwe generatie kunnen invliegen (na doorlopen pre-ovipositieperiode).

jaar	Westland	Bommelerwaard
2017	25	20
2018	20	24
2019	20	27
2020	27	26



---

## 2.4 Discussie en conclusies

In dit onderzoek hebben we een aantal aannames van het voorspellingsmodel van Xu *et al.* uit 2014 nader onderzocht. Allereerst de aanname dat jonge nimfen van de behaarde wants een korte periode van vrieskou kunnen overleven. Dit bleek zo te zijn, pas na 2 dagen van een temperatuur van 5 graden onder nul werd een beperkte mortaliteit bij nimfen waargenomen. De wantsen kunnen dus verrassend goed tegen vrieskou, een fenomeen wat bij meerder insecten is waargenomen (Toxopeus and Sinclair 2018). Dit betekent dat bij de berekeningen van het aantal graaddagen tijdelijke periodes met vorst genegeerd kunnen worden. Naast overleving bij vrieskou hebben we gekeken of de ontwikkelingstijden voor behaarde wants waarop het model is gebaseerd overeenkomen met de ontwikkelingsduur van een Nederlandse populatie van de behaarde wants. Bovendien zou het model de snelheid hebben kunnen onderschat wanneer de ontwikkeling sneller is bij een mix van plant en prooi. In onze testen was de ontwikkelingsduur heel vergelijkbaar met data voor het model. Op klein kruiskruid was dat bij 10°C: 83.5 dagen, bij 15°C: 39.8 dagen, bij 20°C: 23.9 dagen en bij 25°C: 13.3 dagen (Easterbrook *et al.* 2003). De ontwikkelingsduur werd in onze proef op boon niet versneld bij aanwezigheid van prooi, maar de mortaliteit bij nimfen was wel lager bij een gemengd dieet (figuur 2.3). op chrysanth is echter wel gevonden dat prooi de ontwikkelingssnelheid iets versnelt (Woelke *et al.* 2023). Het kan dus zijn dat de ontwikkelingssnelheid afhankelijk van het dieet van de wantsen iets varieert en het model nooit helemaal correct is, omdat moeilijk voorspelt kan worden op welk dieet van planten en prooi de wantsen zich ontwikkelen. Verder vonden wij géén ontwikkeling bij 10°C, terwijl, terwijl het model uitgaat van een ontwikkeling van de cyclus bij 8°C (na lineaire extrapolatie van ontwikkelingsdata). Waar de grens precies ligt is dus nog niet helemaal duidelijk en de 8 graden grens blijft dus een aanname.

Bij de validatie van het model met meldingen van telers over de eerste invlieg, bleken de waarnemingen van telers redelijk goed overeen te komen met de uitkomsten van het model. De wantsen kunnen echter ook in kassen overwinteren, waardoor sommige bedrijven al veel eerder schade melden dan wat volgens het model met invlieg mogelijk was. Wanneer de ontwikkeling dicht bij het bereiken van het volwassen stadium zit, kan je op basis van weersinschattingen redelijk voorspellen wanneer het volwassen stadium is bereikt en de eerste invlieg verwacht kan worden. De momenten wanneer deze migraties plaatsvinden hangen echter ook sterk af van de weerscondities. In de jaren tachtig is in Tsjechië al veel onderzoek gedaan naar het vlieggedrag van de behaarde wants met lichtvallen (Šedivý and Honěk 1983). Deze studies geven behoorlijk specifieke omstandigheden aan die gunstig zijn voor migraties. Zo bleken de wantsen voornamelijk te vliegen in de avond tussen 18 uur en 1 uur 's nachts. De temperatuur tijdens deze vluchten blijkt cruciaal. Wantsen werden alleen gevangen met lampen als de avondtemperatuur om 21 uur boven de 14 graden Celsius was. De meeste activiteit van vliegende adulten werd waargenomen op warme, windstille zomeravonden bij een temperatuur om 21 uur boven de 20 °C. Verder kunnen pieken van vliegactiviteit vaak gekoppeld worden aan het afsterven of wegmaaien van belangrijke waardplanten. Deze specifieke condities voor vliegactiviteit kunnen gekoppeld worden aan het ontwikkelingsmodel, zodat redelijk ingeschat kan worden wanneer massale invlieg van behaarde wants verwacht kan worden.

Het voorspellen van invlieg zal uiteindelijk gekoppeld moeten worden aan een actie. Het tijdelijk sluiten van luchtramen op invliegmomenten is geen optie voor het gewas. De temperatuur zou te snel hoog oplopen bij die warme zomeravonden. Wel zouden telers gedurende de periodes dat invlieg verwacht kan worden, kunnen gaan monitoren met vanglampen en op het moment dat invlieg wordt waargenomen een bestrijding uitvoeren met bijvoorbeeld entomopathogene schimmels. In het volgende hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van ons onderzoek aan entomopathogene schimmels.

---

## 3 Bestrijding van behaarde wants met entomopathogene schimmels

### 3.1 Inleiding

Het aantal chemische middelen dat ingezet kan worden voor de bestrijding van schadelijke wantsen is beperkt. Bovendien is er al snel een schadelijk neveneffect op de natuurlijke vijanden die worden ingezet. Entomopathogene schimmels zijn over het algemeen iets specifiek en bieden mogelijkheden om in een systeem van biologische bestrijding te worden ingezet (Gonzalez *et al.* 2016). In de natuur is *Beauveria bassiana* een schimmel die vaak van nature Lygus-wantsen infecteert (Leland and Snodgrass 2004). Onder optimale condities zouden deze schimmels dus kunnen worden ingezet voor biologische bestrijding van volwassen wantsen. Wantsen die geïnfecteerd worden met *Beauveria* blijven nog een tijdje leven en kunnen dan nog steeds schade veroorzaken aan planten (Noma and Strickler 2000). Het is dus relevant om isolaten te selecteren waarbij het infectieproces snel verloopt en de activiteit van wantsen zo snel mogelijk achteruitgaat. De snelheid van het infectieproces is voor de huidige commerciële isolaten niet bekend.

Naast de direct dodende werking van entomopathogene schimmels op behaarde wants kunnen veel van deze schimmels ook de plant ingroeien als endofyt (Vega *et al.* 2008). Planten hebben vaak voordeel bij de aanwezigheid van endofyten omdat ze groeibevorderend kunnen werken, voor een betere opname van nutriënten uit de bodem kunnen zorgen of planten weerbaarder maken tegen abiotische stress (Waller *et al.* 2005, Rodriguez *et al.* 2009). De laatste jaren is er ook steeds meer bekend over de effecten die ze kunnen hebben op plagen en ziekten (Vega *et al.* 2009, Vidal and Jaber 2015, Gonzalez *et al.* 2016, Schouten 2016). Bij plagen zijn er bijvoorbeeld hele duidelijke effecten gevonden van endofytische schimmels op bladluis (Martinuz *et al.* 2012), mineervlieg (Akutse *et al.* 2013) en tabakstrips (Muvea *et al.* 2014). In katoen is bij de verwante wants *Lygus hesperus* gevonden dat *Beauveria bassiana* als endofyt een sterke vermindering van vraatschade in de bloemknoppen gaf (Sword *et al.* 2017). Endofyten lijken dus perspectief te bieden om vraatschade van invliegende wantsen te verminderen. In dit onderzoek is eerst in het laboratorium een aantal isolaten van entomopathogene schimmels getest. Vervolgens is met een selectie van deze isolaten de werking op behaarde wants in een kasproef met chrysant getest. Tot slot is gekeken of het behandelen van jonge stek met sporensuspensies van endofytische schimmels effect had op de voorkeur van behaarde wants voor deze planten.

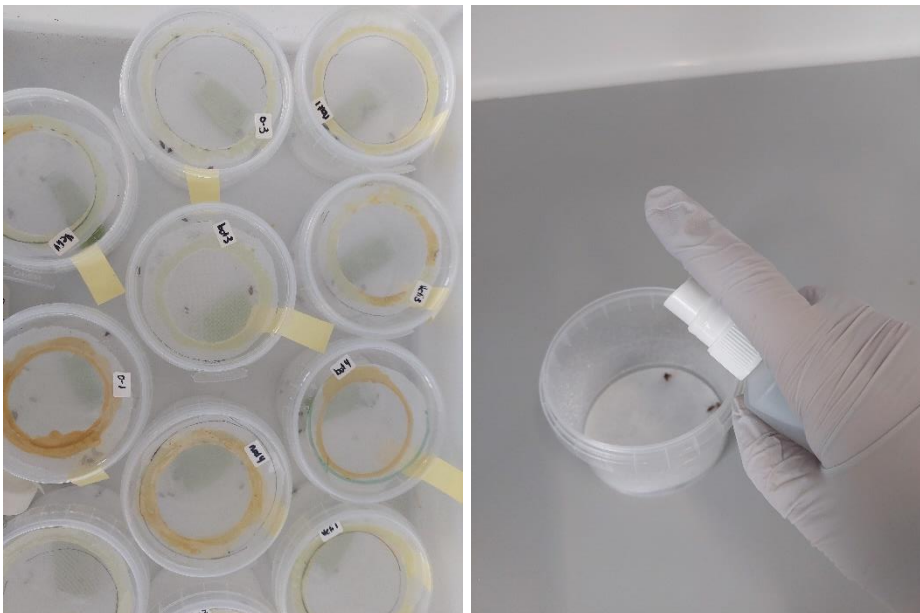
## 3.2 Materiaal en methoden

### 3.2.1 Testen in het laboratorium

Voor een screening van entomopathogene schimmels tegen de behaarde wants zijn 9 isolaten verzameld en gekweekt op PDA (tabel 3.1). De effectiviteit van de isolaten werd getest in plastic bakjes van 280 ml met per bakje 5 paartjes van de behaarde wants van ca. 2 weken oud, afkomstig van een kweek op snijbonen. Aan ieder bakje werd een filtreerpapier tje geplaatst om vocht vast te houden. De wantsen werden bespoten met 1 ml sporensuspensie met een concentratie van  $1 \times 10^6$  sporen/ml of een watercontrole, waarna ze met een stukje snijboon en een kaartje met *Ephestia*-eieren werden weggezet bij 25°C en 80% RV (figuur 3.1). Dagelijks werden de boontjes en *Ephestia*-kaartjes vervangen en werden de levende en dode wantsen geteld en het aantal eieren in de bonen. De dode insecten werden verzameld en bij hoge luchtvochtigheid weggezet om later infectie met schimmel te kunnen bevestigen. Verder werd dagelijks het aantal eieren per bakje geteld. De behandelingen werden anderhalve week gevolgd. Per isolaat zijn 4 herhalingen uitgevoerd. De experimenten werden in 3 rondes uitgevoerd met per ronde 3 isolaten en een controlebehandeling. Verschillen tussen de behandelingen zijn geanalyseerd meteen arcsin-transformatie van de fracties dode wantsen op dag 4, 7 en 10.

**Tabel 3.1** Lijst van isolaten die getest zijn tegen de behaarde wants *Lygus rugulipennis*.

Code isolaat	Wetenschappelijke naam	Productnaam	Herkomst
GHA	<i>Beauveria bassiana</i>	BotaniGard	Certis
ATCC 74040	<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis	HortiPro
PPRI 5339	<i>Beauveria bassiana</i>	Velifer	BASF
WURBbAs2-1	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
Ve6	<i>Akanthomyces muscarius</i>	Mycotal	Koppert
FE 9901	<i>Cordyceps fumosorosea</i>	NoFly	Nufarm
Apopka 97	<i>Cordyceps javanica</i>	Preferal	Biobest
F52	<i>Metarizhium brunneum</i>	BIO1020	Bayer
WURMb1	<i>Metarizhium brunneum</i>		WUR



**Figuur 3.1** Bakjes met snijboon, *Ephestia* en behaarde wants (links), en een bespuiting met een entomopathogene schimmel (rechts).

### 3.2.2 Kasproeven

De isolaten van entomopathogene schimmels die in het laboratorium het meest effectief waren zijn verder getest onder kascondities op chrysant (tabel 3.2). Daarnaast is het meest effectieve isolaat uit geïnfecteerde behaarde wantsen geïsoleerd om te bepalen of dat de effectiviteit verder kan verhogen. In een eerste kasproef was er veel mortaliteit van wantsen bij de controlebehandeling. De resultaten zijn daardoor niet betrouwbaar en worden hier niet weergegeven. Mogelijk was de overgang van een kweek op boon naar chrysant te groot. In een tweede kasproef is daarom eerst een generatie op chrysant opgekweekt, om daarmee de mortaliteit door omschakeling van boon (kweek) naar chrysant te verminderen. De schimmels voor deze proef werden gekweekt in het laboratorium op medium (PDA). Bewortelde chrysantenstekken van de cultivar Baltica werden per 8 in individuele insectenkooien geplaatst (figuur 3.2), met een totaal van 48 kooien. Na drie weken zijn 4 paartjes behaarde wantsen uit een kweek op chrysant geïntroduceerd per kooi. Dit is aangevuld met 5 mannetjes en 12 vrouwtjes uit een kweek op boon, wat resulteerde in totaal 25 wantsen per kooi. De wantsen werden bijgevoerd met *Ephestia*-eieren (figuur 3.2). In totaal waren er 8 behandelingen: een controlebehandeling zonder behaarde wants, een controlebehandeling met behaarde wants zonder schimmelbehandeling en 6 behandelingen voor de verschillende isolaten (figuur 3.2). De 8 behandelingen werden in 6 herhalingen uitgevoerd en als een gewarde blokkenproef verdeeld over de kas, wat resulteerde in 6 blokken met totaal 48 kooien. Eén en twee weken na de wantsenintroducties zijn bespuitingen met de schimmels met een concentratie van  $1 \times 10^7$  sporen/ml en een watercontrole uitgevoerd. Na de eerste bespuiting zijn 4 observaties gedaan met een wekelijkse interval uitgevoerd. Tijdens deze observaties zijn gedurende 2 minuten het aantal levende en dode *Lygus* geteld. De laatste observatie was destructief met niet alleen levend/dood observaties, maar ook een beoordeling van het aantal bloemknoppen en de hoogte van de planten. De gemiddelde temperatuur in de kas was 21.9°C en een RV van 67%.

**Tabel 3.2** Isolaten die zijn getest tijdens de kasproef met chrysant.

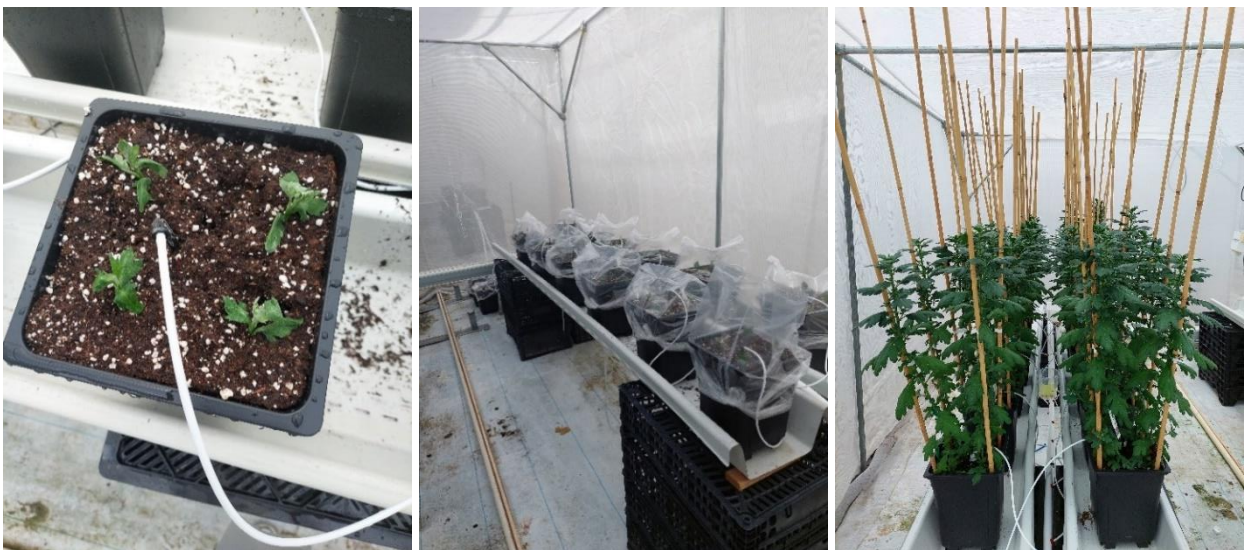
Code isolaat	Wetenschappelijke naam	Productnaam	Herkomst
GHA	<i>Beauveria bassiana</i>	BotaniGard	Certis
ATCC 74040	<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis	HortiPro
ATCC 74040	<i>Beauveria bassiana</i>		Geïsoleerd uit behaarde wants
PPRI 5339	<i>Beauveria bassiana</i>	Velifer	BASF
WURBbAs2-1	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
WURMb1	<i>Metarizhium brunneum</i>		WUR



**Figuur 3.2** Overzicht kooien met chrysant voor het testen van de effecten van entomopathogene schimmels op de behaarde wants.

### 3.2.3 Endofyten

In een tweede kasproef is gekeken of het behandelen van jonge stek met sporensuspensies van endofytische schimmels effect had op de voorkeur van behaarde wants voor deze planten. Totaal zijn 4 isolaten van de commerciële entomopathogene schimmel getest, namelijk *Naturalis*, *Velifer*, *Preferal* en *BIO1020*. Daarnaast is er nog een niet-pathogeen isolaat van *Fusarium oxysporum* meegenomen. Onbewortelde chrysantenstekken zijn in 4 grote inloopkooien van 5.5 bij 3.8 m en 2.5 m hoog geplaatst met per pot 4 stekken (figuur 3.3). Totaal waren er 12 potten per kooi, 6 behandelingen inclusief onbehandeld en 2 herhalingen. Tijdens de bewortelingsfase zijn de schimmels aangegoten en werden de planten bespoten met een concentratie van  $1 \times 10^7$  sporen/ml. De planten werden vervolgens 1 dag afgedekt met een plastic zak voor het creëren van een 100% luchtvochtigheid (figuur 3.3). Vijf weken na de behandeling zijn 100 volwassen behaarde wantsen losgelaten per kooi met een verhouding van 65 vrouwtjes en 35 mannetjes. Na 2 en 9 dagen is per pot het aantal volwassen wantsen geteld. Drie weken na de introductie van de wantsen zijn de planten gemeten en beoordeeld op schade. De wortels en stengeldelen van elke plant zijn aan het einde van de proef op groeimedium geplaatst om eventuele endofyten terug te kunnen zien. De gemiddelde temperatuur in de kas was 21.6°C en een RV van 73%.



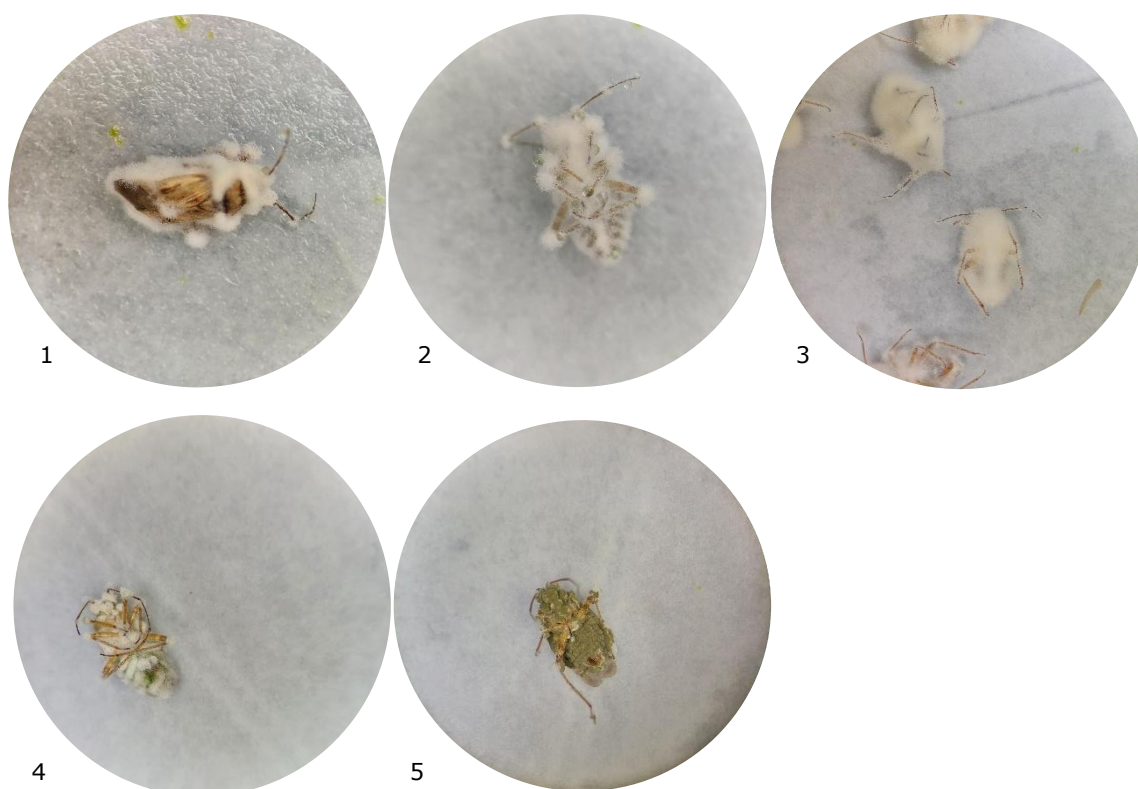
**Figuur 3.3** Onbewortelde stekken (links), inoculatie bij hoge RV (midden) en chrysanten bij inzet wantsen (rechts).



## 3.3 Resultaten

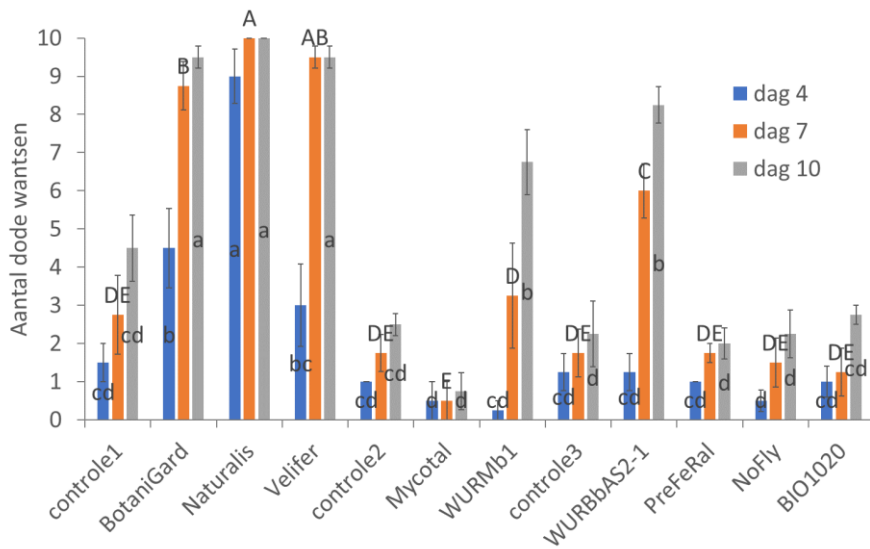
### 3.3.1 Testen in het laboratorium

In het laboratorium werden de wantsen door zowel *Beauveria bassiana* als *Metarhizium brunneum* geïnfecteerd, met voor ieder isolaat een kenmerkende morfologie van uitgroei en sporulatie (figuur 3.4). Op dag 3 waren er nog nauwelijks dode wantsen, maar na 4 dagen waren er significante verschillen tussen de behandelingen met het hoogste aantal dode wantsen bij de behandeling met Naturalis (figuur 3.5). Na 7 en 10 dagen werden de meeste dode wantsen gevonden bij de behandelingen met isolaten van *B. bassiana* en één *M. brunneum*-isolaat (figuur 3.5). De 3 commerciële isolaten van *B. bassiana* waren het meest effectief. De gemiddelde eileg per vrouwtje was niet verschillend tussen de behandelingen wanneer gecorrigeerd werd voor de dode vrouwtjes. Dus zolang de vrouwtjes bleven leven was de eileg vergelijkbaar met niet-geïnfecteerde vrouwtjes.



**Figuur 3.4** Volwassen behaarde wantsen (*Lygus rugulipennis*) geïnfecteerd met entomopathogene schimmels van de producten BotaniGard (1), Naturalis (2), Velifer (3), en *Metarhizium brunneum* vóór sporulatie (4) en na sporulatie (5).

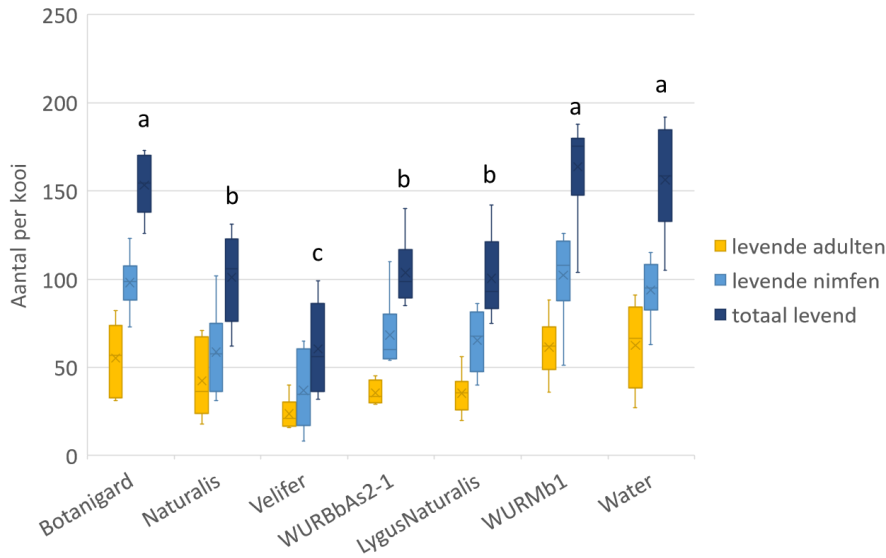




**Figuur 3.5** Gemiddeld aantal ( $\pm$ SE) dode wantsen 4, 7 en 10 dagen na bespuiting met een entomopathogene schimmel of water (controle). De behandelingen met productnamen staan voor toepassing van ongeformuleerde sporensuspensies van het product. Per behandeling zijn 10 wantsen (5 paartjes) ingezet. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen per dag weer (ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 3.3.2 Kasproeven

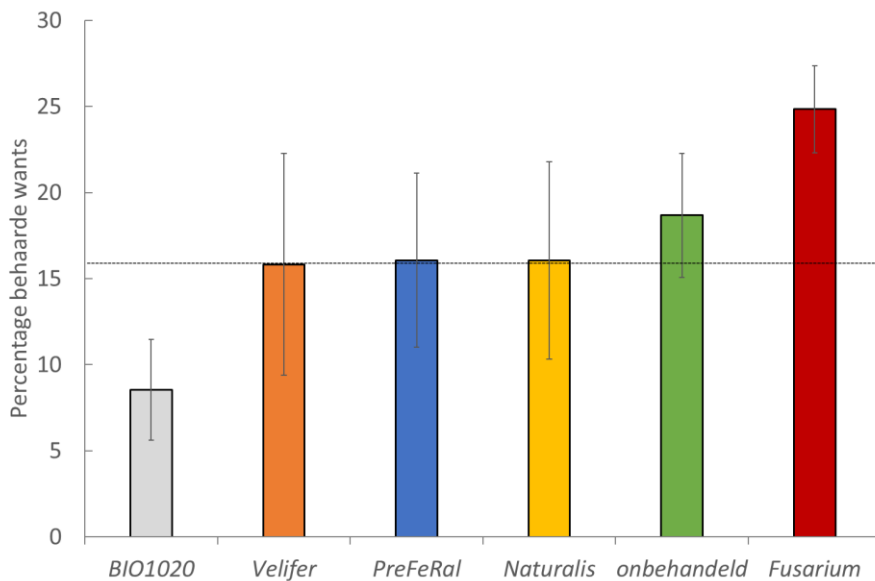
Met uitzondering van het isolaat van Botanigard en WURMB1, resulteerde de bespuitingen met alle andere isolaten van entomopathogene schimmels in significant lagere aantallen behaarde wantsen (figuur 3.6). Het isolaat van Vellifer was het meest effectief en kon de wantsenpopulatie met ongeveer 50% reduceren (figuur 3.6). Het isolaat van Naturalis wat uit de behaarde wants was geïsoleerd was niet significant beter dan het standaard isolaat van dit product (figuur 3.6).



**Figuur 3.6** Aantal levende nimfen, volwassenen en de som van nimfen en volwassenen van de behaarde wants bij verschillende behandelingen met entomopathogene schimmels en een controlebehandeling. De behandelingen met productnamen staan voor toepassing van ongeformuleerde sporensuspensies van het product. Boxplots geven de mediaan, de kwartielen en het bereik van waarden weer. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (ANOVA,  $p < 0.05$ ).

### 3.3.3 Endofyten

Twee dagen na het uitzetten van de 100 wantsen per kooi werd gemiddeld een derde van de wantsen teruggevonden. Bij deze tellingen werden géén significante verschillen in relatieve aanwezigheid van de wantsen tussen de behandelingen gevonden (figuur 3.7). Bij een nulhypothese waarbij wordt aangenomen dat er géén voorkeur is zou gemiddeld 16.6% van wantsen per behandeling aanwezig zijn. Dit komt goed overeen bij de behandelingen van Velifer, Naturalis, PreFeRal en onbehandeld. De planten die waren behandeld met BIO1020 lijken minder aantrekkelijk voor de wantsen en de planten behandeld met het niet-pathogene isolaat van *F. oxysporum* lijken juist iets aantrekkelijker te worden (figuur 3.6). Na 9 dagen werden nog nauwelijks wantsen teruggevonden. Bij de eindbeoordeling werden géén duidelijke verschillen gevonden in lengte van de stelen en schade. Diverse schimmels werden teruggeïsoleerd uit de plantdelen, inclusief de controleplanten. Door de veelvoud aan schimmels werden de trager groeiende entomopathogene schimmels overgroeid en kon de aanwezigheid niet worden vastgesteld.



**Figuur 3.7** Gemiddeld percentage ( $\pm$ SE) wantsen dat per behandeling aanwezig is per kooi. De behandelingen met productnamen staan voor toepassing van ongeformuleerde sporensuspensies van het product. De stippellijn geeft de verwachte procentuele aandeel per behandeling weer wanneer wordt uitgegaan van géén voorkeur (100/6). Er werden géén significante verschillen tussen de behandelingen gevonden (GLMM, binomial,  $p < 0.05$ ).

## 3.4 Discussie en conclusies

Dit onderzoek laat duidelijk zien dat van de verschillende soorten entomopathogene schimmels de soort *Beauveria bassiana* het meest effect is. In het laboratorium bleek het *Beauveria*-isolaat van het product Naturalis het snelst de wantsen te doden, maar in de kasproef was het *Beauveria*-isolaat van Velifer het meest effectief. In het laboratorium gingen bij de meest effectieve isolaten 100% van de volwassen wantsen dood, maar in de kasproef werd de populatie wantsen na 2 bespuitingen met maximaal 50% werden gereduceerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat in dit onderzoek met ongeformuleerd product is gewerkt. Dit heeft als voordeel dat we zeker wisten dat er met verse kiemkrachtige sporen is gewerkt, maar de formulering zou de effectiviteit ook verbeterd kunnen hebben. Als endofyt lijken de entomopathogene schimmels niet veel effect te hebben. Alleen planten behandeld met *Metarhizium brunneum* werden iets onaantrekkelijker, maar deze effecten waren ook beperkt en niet significant. Planten die waren behandeld met een niet-pathogeen isolaat van *Fusarium oxysporum* leken juist iets aantrekkelijker te worden. Mogelijk dat effecten van endofyten in combinatie met geurstoffen elkaar kunnen versterken. In het volgende hoofdstuk worden verschillende mogelijkheden om het gedrag van behaarde wantsen te beïnvloeden behandeld.

---

# 4 Een push-pull systeem voor behaarde wants

## 4.1 Inleiding

Volwassen wantsen die door de luchtramen een kas binnenvliegen komen vaak terecht in een monocultuur van één bepaald gewas zoals chrysant, paprika of aubergine. Een mogelijke manier om deze wantsen uit het gewas te houden kan gebaseerd zijn op een zogenaamd push-pull-systeem (Pickett *et al.* 2014). Het idee hierbij is dat het teeltgewas onaantrekkelijk wordt gemaakt door bijvoorbeeld inzet van repellente geuren (push) en dat dit gecombineerd wordt met een aantrekkelijk object zoals een val of een lokplant (pull). Voor wantsen van het genus *Lygus* is al redelijk wat bekend over mogelijke lokplanten. In Californië zijn velden met luzerne naast plantages met aardbei geplant om op deze manier *Lygus* te lokken naar het vanggewas (Swezey *et al.* 2013). Luzerne bleek naast lokplant voor schadelijke *Lygus*-wantsen ook een zeer aantrekkelijke plant voor allerlei natuurlijke vijanden van deze wantsen te zijn, waaronder spinnen en roofwantsen (Hagler *et al.* 2018). Op deze manier zou biodiversiteit rondom kassen zo ingericht kunnen worden dat ze invlieg van schadelijke wantsen in kassen beperken (lokken en vasthouden) en biologische bestrijding faciliteren. Een Italiaanse studie met bloemstroken naast een tomatengewas laat zien dat bloemstroken als vanggewas kunnen functioneren. De zuidelijke groene stinkwants en twee soorten *Lygus* bleken te worden aangetrokken door bloemranden, maar de schade die deze wantsen veroorzaken was lager in de tomatenveldjes met bloemstroken dan in de veldjes zonder deze bloemstroken (Balzan and Moonen 2014). Er zijn echter ook gevallen bekend waarbij bloemstroken resulteren in meer schade van schadelijke wantsen in aangrenzende teeltgewassen (McCabe *et al.* 2017). Planten die bekend staan als aantrekkelijk voor de behaarde wants zijn luzerne, gele mosterd, echte kamille en zonnebloem (Easterbrook and Tooley 1999, van Steenpaal *et al.* 2006, Ondiaka *et al.* 2016). Het is echter niet bekend hoe aantrekkelijk deze planten zijn ten opzichte van chrysant als teeltgewas. In dit onderzoek is dat verder onderzocht.

Naast de selectie van lokplanten heb je in een push-pull systeem ook een "push" nodig die het gewas onaantrekkelijk maakt voor wantsen. Van blindwantsen is bekend dat ze bij stress de stof hexylbutyraat (HB) afscheiden, een stof die mogelijk fungeert als een alarmferomoon (Wardle *et al.* 2003). Recent Engels onderzoek heeft laten zien dat deze stof afstotend werkt op de behaarde wants en, in combinatie met vallen met daarin het vrouwelijke seksferomoon en phenylacetaldehyde, kon het de schade door behaarde wants in aardbei verminderen (Fountain *et al.* 2021). In deze studie hebben we de werking van hexylbutyraat aangebracht in dispensers op de behaarde wants getest. In eerder onderzoek aan trips zijn diverse repellente geuren in windtunnels en kasproeven onderzocht (Messelink *et al.* 2019). Geuren als rozemarijn, lurem en lemon grass hadden een afstotend en activerend effect op volwassen Californische trips. Mogelijk hebben deze geuren een breder effect op insecten en kunnen ze ook afstotend werken op behaarde wants. Geuren die algemeen bekend staan om hun afstotende werking op insecten zoals allyl isothiocyanate (mosterdgeur), cinnamaldehyde (kaneelaldehyde) en citronellal (citronel-olie) bleken ook de activiteit van de verwante soort *Lygus hesperus* sterk te verhogen, wat erop duidt dat ze mogelijk repellent zijn (Hull *et al.* 2020). Naast hexyl butyrate zijn er dus mogelijk meer stoffen die ingezet kunnen worden om het gewas minder aantrekkelijk te maken voor de behaarde wants. Inzet van deze stoffen zou beperkt kunnen worden tot perioden wanneer de kans op invlieg het grootst is. In deze studie zijn naast de HB-dispensers ook de geuren citronella en rozemarijn getest.

Aanwezigheid van andere roofwantsen kan mogelijk ook een effect hebben op de vestiging van schadelijke wantsen. In tomaat hebben we gevonden dat de schadelijke wants *Nesidiocoris tenuis* zich minder goed vestigt wanneer de planten al gekoloniseerd waren door *Dicyphus errans* (Mouratidis *et al.* 2022). In paprika vonden we dat planten waar vooraf *Macrolophus pygmaeus* was geplaatst en daarna weer waren verwijderd minder aantrekkelijk werden voor spint en trips (Zhang *et al.* 2019). Deze afstotende werking kan het gevolg zijn van de geuren de planten aanmaken nadat de roofwantsen van de planten eten (*Macrolophus* is een omnivoor en eet ook van de plant), maar ook door de geuren die de roofwantsen zelf achterlaten. Orius is een veel kleinere wants dan de behaarde wants, maar de adulten zouden kunnen prederen op de nimfen van *Lygus*-soorten, waarvoor enkele aanwijzing zijn gevonden in het veld (Hagler 2011).

---

Mogelijk heeft de aanwezigheid van Orius ook een effect op de aantrekkelijkheid van het gewas voor de behaarde wants. Aan de andere kant zou het voedsel dat wordt aangebracht om Orius te ondersteunen weer een aantrekking kunnen hebben op de behaarde wants. In ons onderzoek is daarom naast de geuren, ook gekeken naar de effecten van de aanwezigheid van *Orius laevigatus*, de voermijt *Thyreophagus entomophagus* en Artemia-cysten op het gedrag van de behaarde wants.

## 4.2 Materiaal en methoden

### 4.2.1 Lokplanten

Voor het testen van lokplanten zijn de volgende 16 soorten waardplanten geselecteerd:

- *Chrysanthemum* 'Baltica' (chrysant)
- *Cucurbita pepo* (pompoen)
- *Ocimum basilicum* (basilicum slabladig)
- *Artemisia vulgaris* (bijvoet)
- *Matricaria discoidea* (schijfkamille)
- *Matricaria chamomilla* (Echte kamille)
- *Sinapis alba* (witte mosterd)
- *Amaranthus caudatus* (rood kattenstaartamarant)
- *Medicago sativa* (luzerne)
- *Leucanthemum vulgare* (gewone margriet)
- *Trifolium repens* (witte klaver)
- *Verbascum thapsus* (koningskaars)
- *Brassica rapae* (raapzaad)
- *Lavendula angustifolia* 'hidcote' (lavendel)
- *Urtica dioica* (brandnetel)
- *Brassica nigra* (zwarte mosterd)
- *Allium sativum* (knoflook)
- *Solanum tuberosum* (aardappel)

Alle 16 plantensoorten werden in het vegetatieve stadium in een grote kooi met insectengaas (120 x 120 x 120 cm) geplaatst. De planten waren ongeveer even groot en willekeurig op een tafel in de kas geplaatst, gerangschikt in rijen van vier bij vier planten, met gelijke afstand tussen de planten (30 cm, gemeten vanaf het midden van de pot) (figuur 4.1). Er werden zes herhalingen(kooien) uitgevoerd met behulp van een gerandomiseerd experimenteel ontwerp. Bij aanvang van het experiment werden 35 mannetjes en 35 vrouwtjes *L. rugulipennis* van 1 week oud in het midden van de kooi vrijgelaten. Een week later werden nog eens 15 mannetjes en 15 vrouwtjes per kooi ingezet. De aantrekkelijkheid van de waardplanten werd beoordeeld gedurende een periode van zes weken door driemaal per week visueel de planten te inspecteren en het aantal volwassenen per plant te registreren. Aan het einde van het experiment zijn alle planten beoordeeld en is per plant het aantal *L. rugulipennis* nimfen en volwassenen geregistreerd. Planten werden voorzien van voeding via druppelslangen. De proef werd uitgevoerd bij  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  en 70% RV.

Voorkeuren voor zowel volwassenen als nimfen werden vergeleken met behulp van chikwadraattesten om te bepalen of de waargenomen verdeling van insecten op planten significant afweek van een 50:50-verdeling, die wordt verwacht als *L. rugulipennis* geen voorkeuren vertoont.



**Figuur 4.1** Opzet kasproef voor het testen van lokplanten.

#### 4.2.2 Aantrekkelijke en repellente behandelingen

In een kasproef is onderzocht of het gedrag van de behaarde wants kan worden beïnvloed met voedsel, Orius of repellentia. Voor dit onderzoek zijn keuzetesten opgezet in grote kooien van 1\*2\*2 meter. Per kooi werden 2 groepen planten aangeboden in de hoeken van de kooi met 1.5 meter afstand tussen de planten (figuur 4.2). Een groep planten bestond uit een pot met een diameter van 26 cm met daarin 5 jonge chrysantenplanten (IPM-stek, cv Baltica) van 5-7 weken oud in potgrond. Per kooi werden 40 volwassen wantsen (sexratio 1:1) van 1-2 weken oud ingezet. Na 3 dagen werd beoordeeld waar de volwassen wantsen zich bevonden en wat de gemiddelde eileg is per plant was. Dit werd uitgevoerd voor 6 combinaties, met per behandeling 5 herhalingen. De proef werd uitgevoerd in 5 rondes, waarbij eerst behandelingen A, B en C worden uitgevoerd in één proef met 15 kooien en daarna behandelingen D, E en F afzonderlijk met voldoende afstand tussen de kooien. De volgende behandelingen zijn getest en vergeleken met onbehandelde chrysantenplanten:

- A. Chrysant met *Orius laevigatus*
- B. Chrysant met Artemia-cysten
- C. Chrysant met prooimijten (*Thyreophagus entomophagus*)
- D. Chrysant met citronella-olie
- E. Chrysant met rozemarijolie
- F. Chrysant met hexyl butyrate (HB-dispensers)

De geuren rozemarijn en citronella werden aangeboden als geuren in een epje met watten, vastgemaakt aan een houten stok (figuur 4.3).





**Figuur 4.2** Opzet keuzetesten voor behaarde wants.

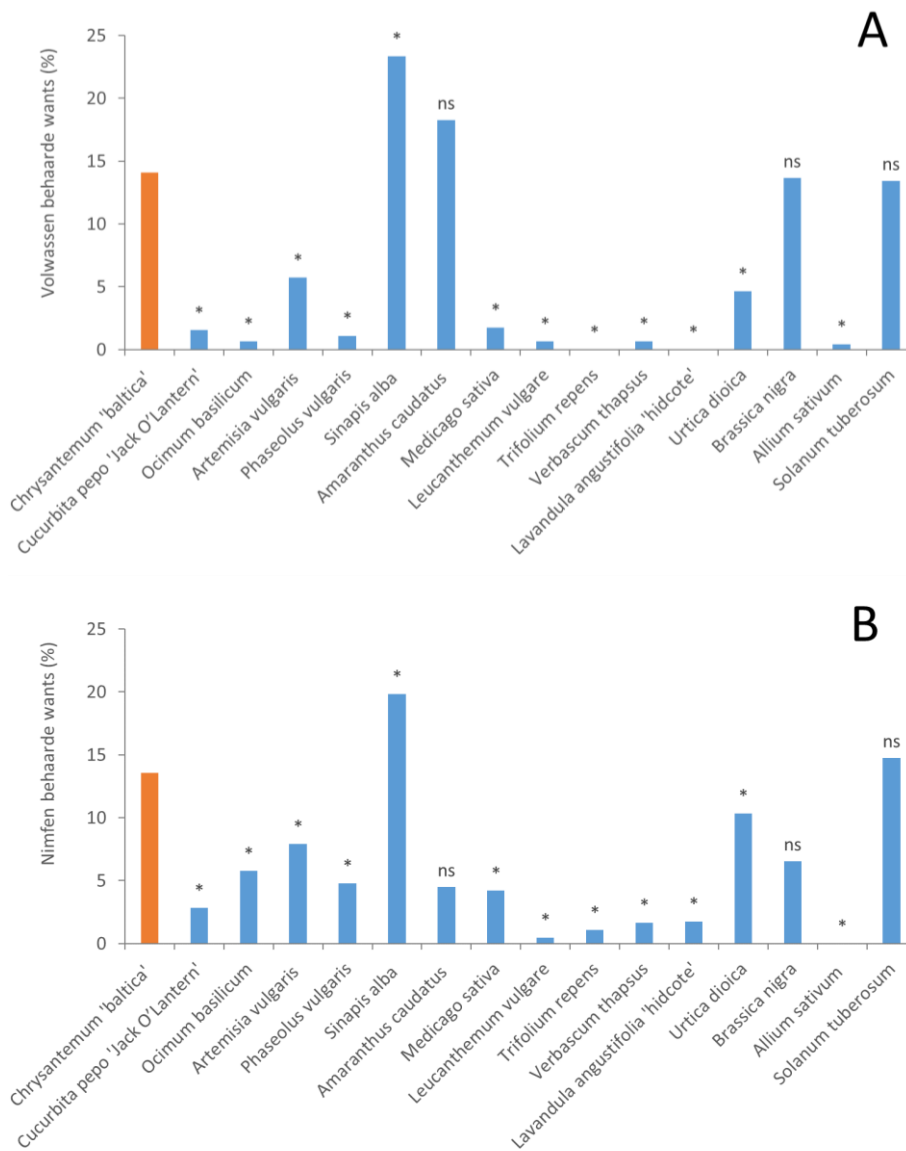


**Figuur 4.3** Epje met aangebrachte geur.

## 4.3 Resultaten

### 4.3.1 Lokplanten

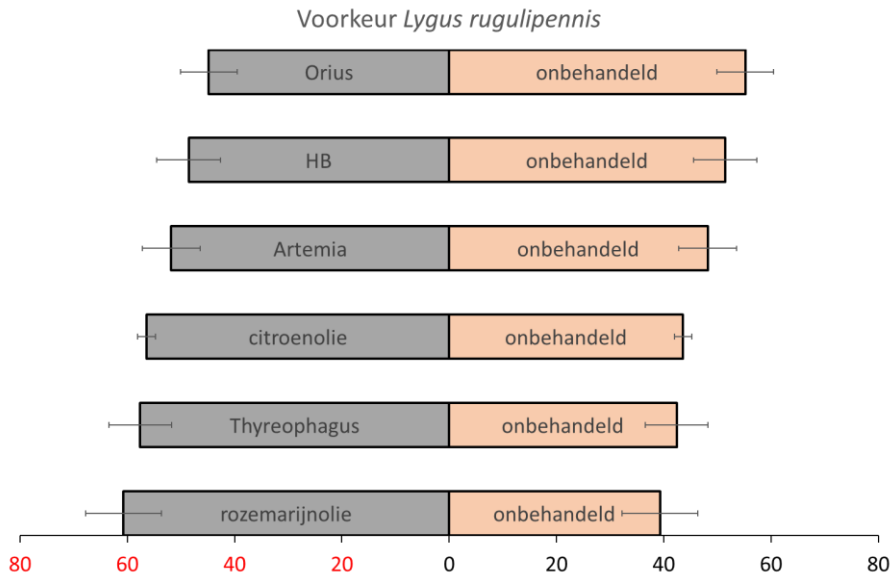
Volwassenen wantsen van de behaarde wants werden waargenomen op 14 van de 16 plantensoorten. Er werden géén volwassen exemplaren waargenomen op lavendel en witte klaver. Het hoogste percentage volwassenen werd gevonden bij witte mosterd, kattestaart en chrysanth 'Baltica' (figuur 4.4). Witte mosterd was de enige soort die significant aantrekkelijker was voor volwassenen van *L. rugulipennis* dan chrysanth ( $\chi^2 = 10,376$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ). Ook was dit de enige plantsoort waar significant meer nimfen werden gevonden dan op chrysanth ( $\chi^2 = 11,977$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ) (figuur 4.3).



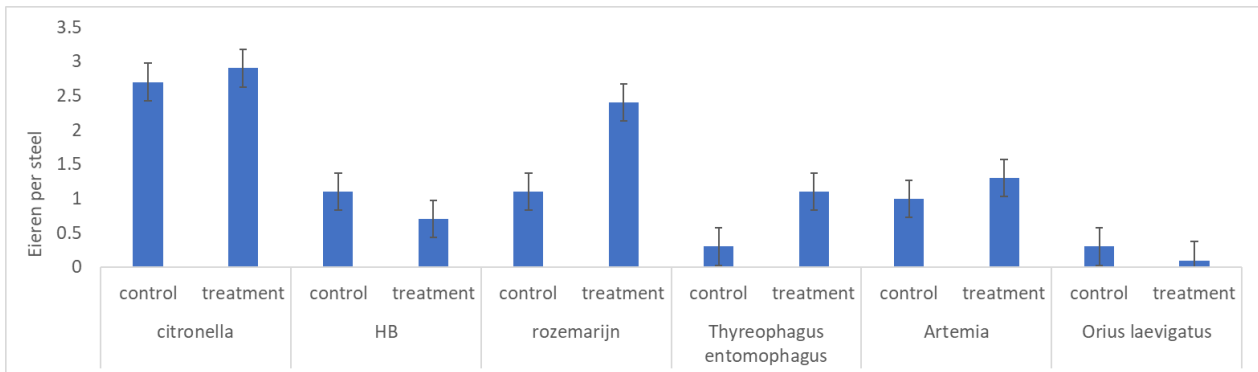
**Figuur 4.4** Relatieve aantrekkelijkheid van plantsoorten ten opzichte van chrysanth voor de volwassen wants *Lygus rugulipennis* (A) en de nimfen van deze wants (B). Per plantsoort is het procentuele aantal wantsen weergegeven van het totaal van 454 adulten (A) en 1024 nimfen (B). Een asterix boven een staaf geeft een significant verschil ten opzichte van chrysanth (oranje staaf) weer (Chi-squared tests,  $p < 0,05$ ).

### 4.3.2 Aantrekkelijke en repellente geuren

Bij géén van de behandelingen werd een significant effect gevonden op de voorkeur van de behaarde wants voor onbehandelde planten (figuur 4.5). Op basis van deze testen is er wel een trend te zien dat rozemarijn een lichte aantrekking heeft. Er werden ook geen sterke verschillen gevonden in het aantal eieren van de behaarde wants dat werd teruggevonden op de planten. Alleen bij de planten met rozemarijn werden iets meer eieren van behaarde wants teruggevonden ten opzichte van onbehandeld (figuur 4.6).



**Figuur 4.5** Aantrekkelijkheid van chrysantenplanten die behandeld waren met geuren, voedsel of Orius ten opzichte van onbehandelde planten. Per behandeling is het gemiddelde percentage wantsen van behaarde wants dat is teruggevonden op behandelde planten en controleplanten. Er werden géén significante verschillen tussen de behandelingen gevonden (GLM, binomial,  $p < 0.05$ ).



**Figuur 4.6** Gemiddelde aantal eieren van de behaarde wants dat na 3 dagen op de chrysantenstelen is teruggevonden bij controle en behandelde planten.

---

## 4.4 Discussie en conclusies

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat chrysantheem een erg aantrekkelijke plant is voor de behaarde wants. Alleen witte mosterd (*Sinapsis alba*) was nog aantrekkelijker en kan dus mogelijk worden gebruikt als lokplant om de aanwezigheid van de behaarde wants te monitoren. Verder is bekend dat gele mosterd ook nog andere nuttige functies heeft. De exudaten van de wortels kunnen wortelknobbelaaltjes onderdrukken en de het stuifmeel en nectar is een belangrijke voedselbron voor natuurlijke vijanden van bladluis (Gospodarek 2021). Daarmee is deze plant mogelijk interessant om in te zetten voor meerdere functies.

Keuzetesten lieten verder zien dat de aanwezigheid van *Orius laevigatus*, voermijten of *Artemia* géén significant effect hadden op de keuze van behaarde wants. De bestrijding van trips met *Orius* en het bijvoeren van roofmijten en *Orius* met voermijten of *Artemia* lijkt dus geen effect te hebben op de behaarde wants en maakt het gewas niet aantrekkelijker voor deze omnivore plaag. In tegenstelling tot een Engelse studie vonden wij ook géén repellent effect van het alarmferomoon hexylbutyraat. De geur rozemarijn was licht aantrekkelijk voor de behaarde wants. Al met al bieden de resultaten weinig aanknopingspunten om een effectieve push-pull-strategie te ontwikkelen.

---

# 5 Monitoren van de zuidelijke groene schildwants

## 5.1 Inleiding

In meerdere studies worden vanggewassen of 'trap crops' als een succesvolle methode gebruikt om migrerende *N. viridula* weg te lokken van het eigenlijke gewas (Conti *et al.* 2021). Als vanggewassen worden vroegrijpe soja, kousenband, witte bonen, mosterd en sorghum gebruikt. Het principe is dat vanggewassen eerder bloeien of vrucht dragen dan het eigenlijke gewas, waardoor *N. viridula* zich vestigt in de vanggewassen in plaats van het eigenlijke gewas. In kasteelten is dit principe moeilijk uit te voeren omdat het te kostbaar is om veel kasareaal in te richten met een vanggewas. Een vangplant kan mogelijk wel gebruikt worden in een lege kas of in een kas waarin het gewas net geplaatst is en nog niet bloei/vrucht draagt om actieve *N. viridula* te signaleren en verwijderen. Een andere methode voor signalering is gebaseerd op vallen met aggregatieferomoon (Tillman *et al.* 2010). Het aggregatieferomoon van *N. viridula* is momenteel niet commercieel verkrijgbaar. In dit onderzoek is een aantal kandidaat lokplanten en het aggregatieferomoon getest. Verder is gekeken of adulten tijdens de winterrust gelokt kunnen worden naar overwinteringsvallen. Van *N. viridula* is bekend uit dat ze overwinteren in bovengrondse schuilplaatsen, zoals strooisels, schorsholtes, dichte coniferen of andere groenblijvende planten, stro en onder daken van gebouwen (Jones & Sullivan, 1981; Musolin, 2012).

## 5.2 Materiaal en methoden

### 5.2.1 Lokplanten

Een kasproef werd opgezet om te bepalen of bepaalde planten aantrekkelijker zijn voor *N. viridula* dan een paprikagewas. De proef vond plaats in mei 2020 in een kas van 24 m<sup>2</sup>. De gemiddelde temperatuur tijdens de proef was 22,3 °C met een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 50%. De experimentele eenheid was een vliesdoek kooi van 140x140x150 cm met daarin de gewassen mais, gele mosterd, kousenband, peulen en een paprikaplant. Het zaad van zwarte mosterd kwam slecht op en de groei van sorghum en vroegrijpe soja was te traag om meegenomen te worden in het experiment. Alle planten bloeiden en/of hadden vruchten tijdens het experiment op mais en kousenband na. In totaal stonden er 6 kooien in de kas, 2 per tafel. In elke kooi stonden de planten in een cirkel opgesteld, in een willekeurige volgorde. Water en voeding werd toegediend via een eb en vloed systeem. In het midden van elke kooi werden 5 vrouwelijke en 5 mannelijke *Nezara* losgelaten van 16 tot 21 dagen oud, afkomstig uit kweekbakken met *Nezara* in de piek van hun eileg. Drie dagen na het loslaten werden alle wantsen verzameld en werden alle planten destructief gecontroleerd op de aanwezigheid van eieren van *N. viridula*.

### 5.2.2 Feromoonvallen

Het soorteigen aggregatieferomoon van *N. viridula* was in 2020 nog niet beschikbaar. Uit eerder onderzoek blijkt dat het aggregatieferomoon methyl (2E, 4Z)-2,4-decadienoate (MDD) van stinkwantsen uit het geslacht *Euschistus* ook aantrekkelijk is voor *N. viridula* (Tillman *et al.* 2010). Daarnaast blijkt uit onderzoek dat er meer bruingemarmerde schildwantsen (*Halyomorpha halys*) werden gevangen bij een combinatie van het soorteigen aggregatieferomoon en het aggregatieferomoon Methyl (E, E, Z)-2,4,6-decatrienoate (MDT), het aggregatieferomoon van een andere exotische schildwants *Plautia stali* (Weber *et al.* 2020). Zowel MDD als MDT waren beschikbaar en zijn daarom getest op aantrekkelijkheid voor *N. viridula*. Ook het aggregatieferomoon MTT van de schildwants *Euschistus heros* was beschikbaar en is daarom meegenomen in de experimenten.

---

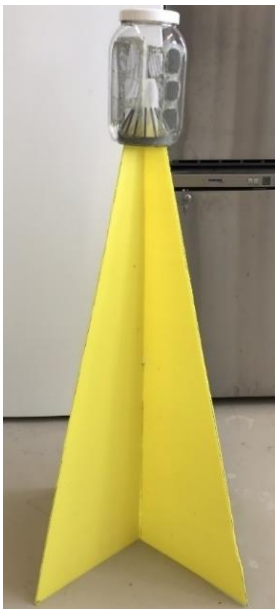
De volgende aggregatieferomonen zijn geleverd door Pherobank B.V.:

- Aggregatieferomoon van *Euschistus heros* en *E. obscurus* (MTT)
- Aggregatieferomoon van *Plautia stali* (MDT)
- Algemeen aggregatieferomoon van wantsen uit geslacht *Euschistus* (MDD)

Om te testen of deze feromonen aantrekkelijk zijn voor *Nezara* is gebruik gemaakt van zogenaamde piramidevallen (figuur 5.1). Deze piramidevallen worden veelvuldig gebruikt voor het signaleren en wegvangen van stinkwantsen, in combinatie met een feromoon. In de basis bestaan de vallen uit twee in elkaar geschoven driehoeken van geel kanaalplaat. Hier bovenop staat een grote plastic pot met gaas afgedekte gaten om de feromonen te verspreiden. In de plastic pot is een trechter gebouwd waardoor stinkwantsen makkelijk in de pot kunnen lopen, maar er niet makkelijk uit kunnen. De feromoondispensers werden aan de onderkant van de deksel bevestigd.

De eerste screenings van de feromonen vonden plaats in een kasproef in de zomer van 2020 in een kas van 24 m<sup>2</sup>. De gemiddelde temperatuur tijdens de proef was 25,7 °C met een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 61%. De kas bestond uit 3 tafels met op elke tafel 2 blokken van 10 paprika planten. In de kas werden 20 volwassen *Nezara* mannetjes en 20 vrouwtjes losgelaten. Een dag na de introductie van *Nezara* zijn er vier piramidevallen in de kas geplaatst, drie controle vallen zonder feromoon en een met feromoon. De vallen werden in de ochtend en de namiddag nakeken op *Nezara* en hun positie werd steeds doorgeschoven. Elk feromoon werd op deze manier een week getest.

Na het kasexperiment zijn de piramidevallen verplaatst naar een paprikabedrijf in de praktijk. Op het moment van plaatsten was er een hoge plaagdruk van *N. viridula* in de kas. In totaal werden 10 piramidevallen in de kas verspreid, twee per feromoon en vier controle vallen zonder feromoon. In september 2020 zijn de piramidevallen geplaatst bij een biologisch tuinbouwbedrijf. De plaagdruk van *N. viridula* was in deze kas zeer hoog, met name in de Spaanse pepers. Van elk feromoon is een piramideval neergezet en een controle zonder feromonen. In plaats van een feromoon dispenser per val zijn er twee dispensers per val gebruikt. In maart 2021 is door Pherobank B.V. het aggregatieferomoon van *N. viridula* geleverd in zes verschillende verhoudingen. Deze feromonen zijn gedurende het voorjaar en zomer van 2021 getest bij zowel een biologische tuinbouwbedrijf als bij een conventionele kwekerij.



**Figuur 5.1** Piramideval voor het testen van aggregatieferomonen.

---

### 5.2.3 Overwinteringsvallen

Als mogelijke overwinteringsval werden PVC-buizen met een diameter van 12.5 cm gebruikt die werden gevuld met hooi of grof knaagdierkatoen om een strooisellaag te simuleren (figuur 5.2). De onderkant werd afgedekt met kippen gaas zodat het vulmateriaal niet uit de pvc-buis viel. De vallen werden getest in september, op het moment dat *N. viridula* in diapauze gaat, en werden geplaatst bij een biologische paprikateler met een hoge populatie *N. viridula*. In totaal zijn er acht overwinteringsvallen verspreid over kas gehangen. Na ruim een maand zijn alle vallen weer opgehaald.



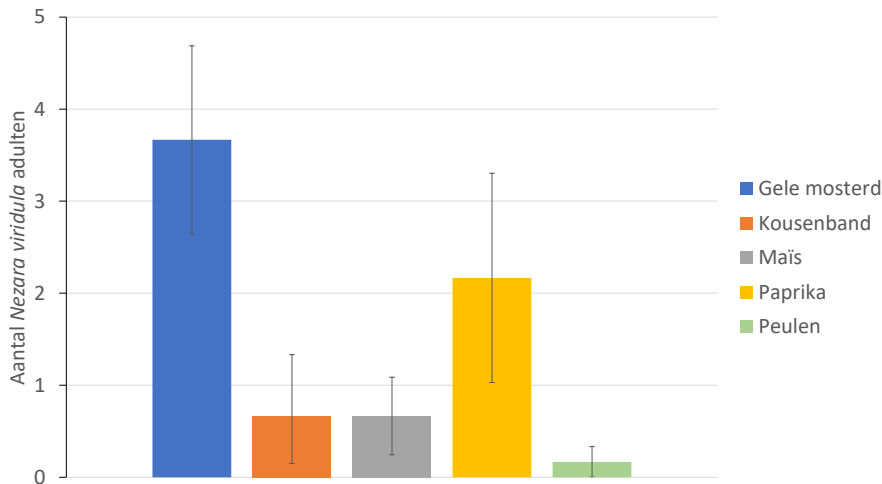
**Figuur 5.2** Overwinteringsval met hooi.



## 5.3 Resultaten

### 5.3.1 Lokplanten

De volwassen wantsen werden het meest teruggevonden op gele mosterd, gevolgd door paprika. De verschillen waren echter niet significant (figuur 5.3). Op de overige planten werden nauwelijks wantsen teruggevonden. Er werd maar een beperkt aantal ei-pakketten teruggevonden, 3 op paprika, 3 op mais en 2 op kousenband.



**Figuur 5.3** Gemiddeld aantal volwassen *N. viridula* per plant.

### 5.3.2 Feromoonvallen

De resultaten met de feromoonvallen vielen tegen. In testen in een kleine kasafdeling werd alleen met het feromoon MDT eenmalig een *Nezara* gevangen tijdens het experiment. In de praktijk werden ook nauwelijks wantsen gevonden. Na drie weken is er slechts één adult gevangen in een val met MDD bij de conventionele teler. In de kas met zeer hoge populatie *N. viridula* werden slechts enkele wantsen gevangen in de vallen. Na een week zaten in alle vallen enkele nimfen en adulten, ook in de controle zonder feromoon. De piramidevallen blijken dus aantrekkelijk, maar er lijkt geen voorkeur voor een bepaald feromoon te zijn. De testen met het aggregatieferomoon van *N. viridula* bleken niet succesvol. Geen enkele keer werden er wantsen gevangen.

### 5.3.3 Overwinteringsvallen

De overwinteringsvallen waren duidelijk niet aantrekkelijk voor *N. viridula*. In geen enkele val werden wantsen teruggevonden.

## 5.4 Discussie en conclusies

Het onderzoek met lokplanten, feromoonvallen en overwinteringsvallen heeft géén resultaten opgeleverd die bruikbaar zijn in de praktijk voor signalering of monitoring van *N. viridula* in kasteelten.

---

# 6 Bestrijding van zuidelijke groene schildwants met entomopathogene schimmels

## 6.1 Inleiding

In de begin jaren negentig is in Brazilië uitgebreid onderzoek gedaan aan de bestrijding van *N. viridula* met entomopathogene schimmels (Sosa-Gómez and Moscardi 1998). Zowel nimfen als adulten waren vatbaar voor een isolaat van *Beauveria bassiana* en *Metarhizium anisopliae*, maar in het veld bleek vooral *Metarhizium* een effect te hebben, zij het beperkt met maximaal 40% mortaliteit (Sosa-Gómez and Moscardi 1998). Studies laten ook zien dat de wantsen zich kunnen verdedigen tegen schimmelinfecties met het afscheiden van stoffen in het exoskelet met een fungicide werking. Dit kan dus verklaren waarom de infecties door schimmels beperkt blijven. In ons onderzoek zijn verschillende isolaten van *Beauveria* en *Metarhizium* in het laboratorium en in de kas getest tegen *N. viridula*, waaronder isolaten met een toelating als gewasbeschermingsmiddel.

## 6.2 Materiaal en methoden

### 6.2.1 Labtesten

Nimfen en adulten van *N. viridula* zijn eerst onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden blootgesteld aan verschillende isolaten van entomopathogene schimmels. Alle entomopathogene schimmelculturen werden gekweekt op PDA met antibiotica in een broedstof bij 23°C tot het moment van sporenvorming. Sporensuspensies werden altijd vers op de dag van de experimenten gemaakt. Als uitvloeier werd Triton 0.05% toegevoegd aan de sporensuspensies en de controle vloeistof. Voor deze testen is gebruik gemaakt van verschillende soorten en stammen uit de collectie van WUR Glastuinbouw, aangevuld met bekende commerciële isolaten (tabel 6.1). Alle isolaten uit tabel 6.1 zijn getest op het tweede nimfale stadium van *N. viridula*. Daarnaast is een groot deel van deze stammen getest op de volwassen stadia van deze wants. Van de geteste stammen zijn 20 N2 nimfen en 8 volwassen mannetjes en 8 volwassen vrouwtjes *N. viridula* gebruikt. De wantsen werden aan de entomopathogene schimmels blootgesteld door ze volledig onder te dompelen in 10 ml sporensuspensie met een concentratie van  $10^6$  sporen per ml. Als controle werden wantsen ondergedompeld in water met een druppel Triton 0.05%. Vervolgens werden de wantsen in een plastic container van 280 ml geplaatst met een stukje snijboon en vochtig filterpapier op de bodem. Om de luchtvochtigheid hoog te houden werden de containers voorzien van deksel met enkele kleine luchtgaatjes. De containers werden voor 48 uur in het donker geplaatst bij 22 °C met een R.V. van 70%. Na 48 uur werden de deksels vervangen door normale gaasdeksels en werden de containers in een klimaatkast geplaatst (22 °C, 70% R.V., 16:8 L:D). De mortaliteit van Nezara werd tot twee weken na de behandeling gemonitord. Snijbonen in de containers werden twee keer per week vervangen voor de vochtvoorziening van *N. viridula* en het filterpapier werd nat gehouden. Om te verifiëren of de dode Nezara gestorven waren door de behandeling werden deze individueel in afgesloten Petrischalen geplaatst, met vochtig filterpapier op de bodem. De Petrischalen werden in het donker in een klimaatkast geplaatst (22 °C, 70% R.V) en tweewekelijks gecontroleerd op de uitgroei van entomopathogene schimmels.

**Tabel 6.1** Isolaten die zijn getest tijdens de laboratoriumtesten met *Nezara viridula*.

Code isolaat	Wetenschappelijke naam	Productnaam	Herkomst
GHA	<i>Beauveria bassiana</i>	Botanigard	Certis
ATCC 74040	<i>Beauveria bassiana</i>	Naturalis	HortiPro
WURMb1	<i>Metarhizium brunneum</i>		WUR
Ve6	<i>Akanthomyces muscarius</i> ( <i>Lecanicillium muscarium</i> )	Mycotal	Koppert
Apopka 97	<i>Cordyceps javanica</i> ( <i>Isaria fumosorosea</i> )	PreFeRal	Biobest
3BE4	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
26FR9-2	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
13ZW9	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
17DK16	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
44IT6-1	<i>Beauveria pseudobassiana</i>		WUR
Rb6rb	<i>Beauveria bassiana</i>		WUR
58IT18	<i>Metarhizium robertsii</i>		WUR
5BE8-2	<i>Metarhizium robertsii</i>		WUR
30FR12-2	<i>Metarhizium robertsii</i>		WUR
12ZW5	<i>Metarhizium robertsii</i>		WUR
49IT9-1	<i>Metarhizium anisopliae</i>		WUR
14DK4	<i>Metarhizium majus</i>		WUR

## 6.2.2 Kasproef

De vier entomopathogene schimmels die uit de labscreening als het meest virulent naar voren kwamen zijn getest in een kasproef. Dit waren de *Metarhizium-islotaten* BIO1020, 58IT18, 12ZW5 en 14DK4. De kasproef vond plaats in december 2020 in een kas van 24 m<sup>2</sup>. De gemiddelde temperatuur tijdens de proef was 17 °C met een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 75%.

De experimentele eenheid was een insectenkweekkooi van 60x60x180 cm met daarin een vruchtdragende 15 weken oude paprika plant, cultivar Maranello (figuur 6.1). Aan alle kooien werden 10 *N. viridula* mannetjes, 10 *N. viridula* vrouwtjes en 20 nimfen van het vierde of vijfde stadium toegevoegd (figuur 6.1). Twee keer per week werden aan elke kooi 2 snijbonen toegevoegd om de overleving van de wantsen te bevorderen. Een dag na de introductie van *N. viridula* werden de behandelingen uitgevoerd. Elke kooi is bespoten tot afdrup met 100 ml sporensuspensie, in een concentratie van 10<sup>6</sup> sporen per ml van de schimmel-isolaten en uitvloeier Triton 0.05%. De planten in de controlebehandeling werden bespoten met water en Triton 0.05%. De mortaliteit van *N. viridula* werd tot twee weken na de behandeling gemonitord. Indien dode nimfen of adulten werden gevonden, dan werden deze vervolgens individueel in afgesloten Petrischalen geplaatst, met vochtig filterpapier op de bodem. De Petrischalen werden in het donker in een klimaatkast geplaatst (22 °C, 70% R.V) en twee wekelijks gecheckt op de uitgroei van entomopathogene schimmels.

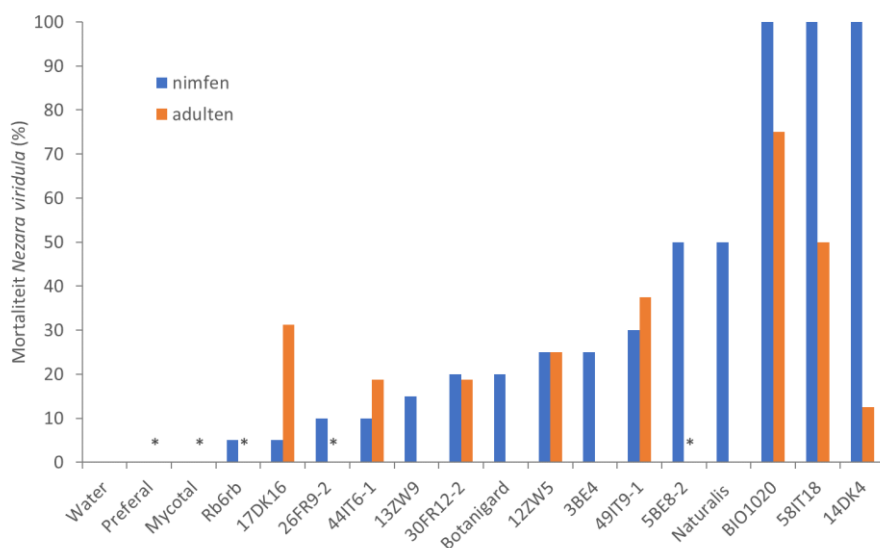


**Figuur 6.1** Introductie van *Nezara viridula* voor een kasproef met entomopathogene schimmels.

## 6.3 Resultaten

### 6.3.1 Labtesten

De screening van isolaten in het laboratorium laten zien dat de meeste isolaten niet succesvol nimfen of adulten van *N. viridula* weten te infecteren (figuur 6.2). Bij slechts 3 isolaten werd bij de nimfen 100% mortaliteit waargenomen en deze behoorden alle 3 tot het genus *Metarhizium*. Het isolaat van het commerciële product BIO1020 bleek het meest pathogeen voor zowel de nimfen als adulten (figuur 6.2 en 6.3)



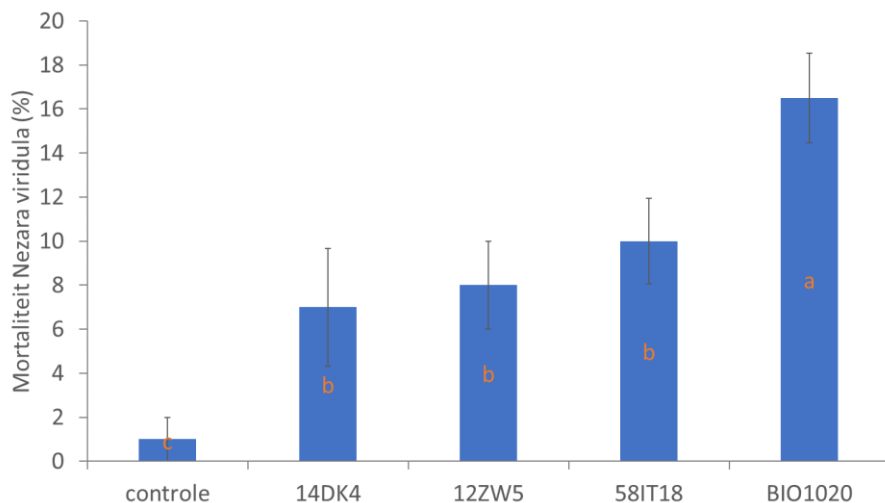
**Figuur 6.2** Mortaliteit (percentages) van nimfen en adulten van *Nezara viridula* na onderdompeling in sporensuspensies van verschillende isolaten van entomopathogene schimmels. Een asterix geeft aan welke isolaten niet zijn getest op volwassen wantsen.



**Figuur 6.3** Door *Metarhizium brunneum* geïnfecteerde adult (links) en nimf (rechts) van *Nezara viridula*.

### 6.3.2 Kasproef

Alle behandelingen met entomopathogene schimmels hadden een significant effect op de overleving van *N. viridula*, maar het aantal wantsen dat in de kasproef doodging door een infectie met een entomopathogene schimmels bleef relatief laag (figuur 6.4). Net als in de laboratoriumproef was ook in de kasproef het isolaat BIO1020 het meest effectief, hoewel slechts 16% van de wantsen door een schimmelinfectie stierven (figuur 6.4).



**Figuur 6.4** Gemiddelde mortaliteit ( $\pm SE$ ) van nimfen en adulten van *Nezara viridula* door infecties met entomopathogene schimmels. Alle schimmels zijn ongeformuleerd getest. Verschillende letter in de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (GLM,  $p < 0.05$ ).

## 6.4 Discussie en conclusie

Van de 18 geselecteerde isolaten van entomopathogene schimmels bleken 3 isolaten van het genus *Metarhizium* het meest succesvol nimfen en adulten van *N. viridula* te infecteren en doden. Het commerciële isolaat BIO1020 was zowel in het laboratorium als in de kas het meest effectief, waarbij nimfen gevoeliger zijn voor infectie dan de volwassen wantsen. In de kasproef bleef de bijdrage aan de bestrijding echter beperkt tot 16%. In de praktijk zal inzet van deze schimmel dus slechts een beperkte bijdrage kunnen leveren. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat in deze proef ongeformuleerde isolaten zijn getest, waarbij enkel een uitvloeier is gebruikt. Formuleringen van commerciële producten zouden de effectiviteit kunnen verhogen. Onze resultaten komen redelijk overeen het eerder onderzoek in Brazilië waarbij ook in het veld maximaal 40% bestrijding behaald werd met een *Metarhizium*-isolaat (Sosa-Gómez and Moscardi 1998).

---

# 7 Biologische bestrijding van de zuidelijke groene schildwants met roofwantsen en sluipwespen

## 7.1 Inleiding

Door de snelle opmars van de bruingemarmerde schildwants *H. halys* en de zuidelijke groene schildwants *N. viridula* in Europa is er ook veel aandacht voor de biologische bestrijding van deze wantsen. Recent is er een mooi overzichtsartikel verschenen waarin de mogelijkheden en ontwikkelingen in biologische bestrijding van deze wantsen zijn beschreven (Conti *et al.* 2021). Voor de bruingemarmerde schildwants wordt het meest verwacht van de sluipwesp *Trissolcus japonicus*, een eiparasitoïde die net als zijn gastheer uit Azië afkomstig is (Conti *et al.* 2021). Voor *N. viridula* is de ei-parasitaire sluipwesp *Trissolcus basal* een goede kandidaat. Deze sluipwesp is wereldwijd verspreid en in veel landen al geïntroduceerd als biologische bestrijder van *N. viridula*. Al in de jaren negentig is in Italië uitgebreid onderzoek gedaan naar deze soort. Doordat men in Italië massaal soja ging telen, was er ook een enorme toename van *N. viridula*, maar in de loop der jaren werd de plaag steeds beter onderdrukt door *T. basal* en liepen de parasiteringspercentages op van 65 tot wel 92% (Colazza and Bin 1995). Gedurende de looptijd van dit project zijn de firma's Bioplanet en Koppert deze sluipwespen gaan kweken voor de Nederlandse glastuinbouw en werd de soort beschikbaar voor telers. In dit project is gekozen om het onderzoek aan biologische bestrijding meer te richten op preventieve inzet van natuurlijke vijanden die zich op alternatieve voedselbronnen kunnen handhaven voordat de plaag aanwezig is. Daarbij zijn we uitgekomen op de roofwants *Podisus maculiventris*. Deze soort komt oorspronkelijk uit Noord-Amerika, maar is al jaren lang ook in Europa ingezet en kan in Nederland zonder ontheffing worden ingezet (Bijlage 8, behorende bij artikel 3.28, eerste lid, van de Regeling natuurbescherming). In het verleden is deze wants ingezet voor de bestrijding van rupsen in kassen. Daarnaast is de roofwants ook een goede bestrijder van de coloradokever in aardappel (Hough-Goldstein and McPherson 1996) en in Zuid-Europa zijn er ook grote programma's voor biologische bestrijding van deze plaag met *P. maculiventris* uitgevoerd. De vele introducties in Nederland hebben nooit geresulteerd in een vestiging in de Nederlandse natuur. De soort gaat niet in diapauze en de kans op overleving is daarom niet groot.

Eerder onderzoek heeft al laten zien dat zowel de nimfen als adulten van *P. maculiventris* prederen op de eieren, nimfen en adulten van *N. viridula* (De Clercq *et al.* 2002). In welke mate deze roofwants ook in staat is om populaties van *N. viridula* in kassen te onderdrukken was echter niet bekend. In dit onderzoek hebben we een reeks van proeven opgezet om het potentieel van *P. maculiventris* als bestrijder van *N. viridula* te onderzoeken in paprika. Daarnaast hebben we onderzocht of vestiging van populaties ondersteund kan worden met alternatieve prooien en hebben we gekeken wat de interacties zijn met andere natuurlijke vijanden.



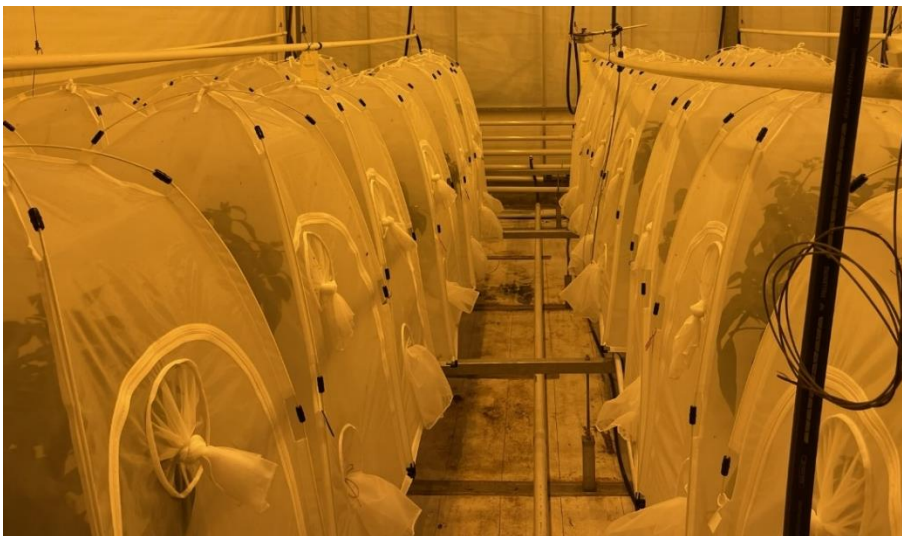
## 7.2 Materiaal en methoden

### 7.2.1 Kasproef 1

In het verleden is gebleken dat het lastig was om *P. maculiventris* in het gewas te vestigen in de afwezigheid van een prooi. Maar de opkomst van verscheidende alternatieve voedselbronnen voor biologische bestrijders heeft gezorgd voor een sterke verbetering in het creëren van een “standing army” in het gewas (Messelink *et al.* 2014, Pijnakker *et al.* 2020). Daarom is in dit experiment onderzocht of het mogelijk is om een “standing army” van *P. maculiventris* op te bouwen in paprika, door bij te voeren met meelwormen (*Tenebrio molitor*). Tegelijkertijd is nagegaan of het bijvoeren met meelwormen een effect had op het bestrijdend vermogen van *P. maculiventris* op *N. viridula*. De kasproef vond plaats van oktober tot half december 2021. De gemiddelde kastemperatuur was 20.6 °C (range 17.6-26.6) bij een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 74% (range 54-94). De planten werden, afhankelijk van de instraling, belicht met SON-T-lampen voor 14 uur per dag. De proef werd uitgevoerd met het cultivar Maranello (Enza Zaden). De experimentele eenheid was een insectenkooi met tripsgaas van 75x75x115 cm met daarin een vruchtdragende paprikaplant in potgrond. Elke plant stond in een schotel met vermiculiet om verdrinken van insecten in drainagewater tegen te gaan. De planten werden voorzien van paprikavoeding via druppelaars. In totaal waren er de volgende acht behandelingen met ieder vijf herhalingen:

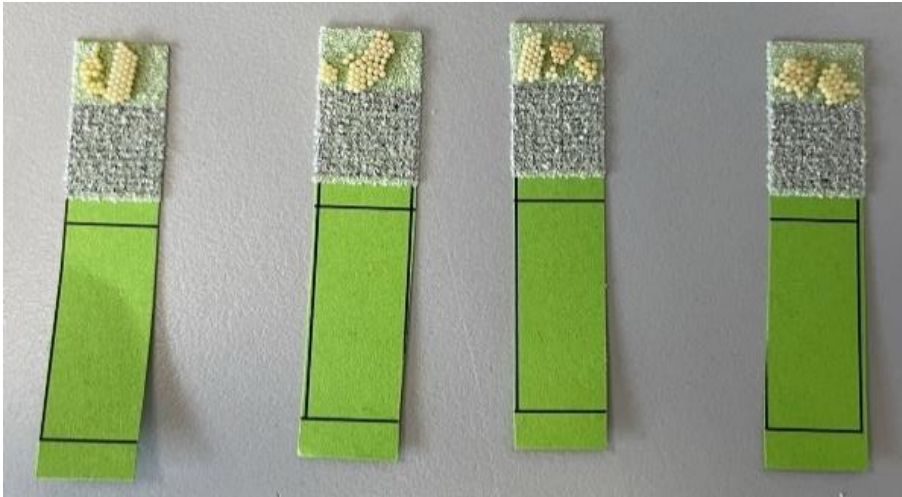
- A. *Nezara viridula*
- B. *Podisus maculiventris*
- C. *P. maculiventris* + meelwormen
- D. *N. viridula* + *P. maculiventris* + meelwormen
- E. *N. viridula* + *P. maculiventris*
- F. *P. maculiventris* + meelwormen + *T. basalis*
- G. *N. viridula* + *T. basalis*
- H. *N. viridula* + *T. basalis* + *P. maculiventris*

De 40 kooien werden als een blokkenproef verdeeld over de kas (figuur 7.1). In de behandelingen A, D en E zijn drie paar volwassen *N. viridula* en 100 *N. viridula* eitjes geïntroduceerd. In de behandelingen B, C, D, E en F zijn ook drie paartjes volwassen *P. maculiventris* en vijf nimfen van het vijfde stadium geïntroduceerd. Twee weken na de introductie van *P. maculiventris* zijn aan behandeling F vier gepaarde *T. basalis* vrouwtjes toegevoegd. Deze introductie is nog twee keer herhaald, steeds met twee weken tussen de introducties. De kooien met behandeling C, D en F werden wekelijks bijgevoerd met meelwormen in een kartonnen “DiBox” die in de paprikaplant hing. De dichtheden van beide stinkwantsen en *T. basalis* werden wekelijks beoordeeld door de hele kooi en de gehele paprikaplant te screenen op eieren, nimfen en adulten voor een periode van acht weken. In elke kooi werd preventief de roofmijt *Amblyseius swirskii* uitgezet.



**Figuur 7.1** Opstelling kooien met *N. viridula*, *P. maculiventris* en *T. basalis* in de kas.

De behandelingen G en H zijn in week 46 ingezet, op het moment dat de *N. viridula* kweek genoeg eieren produceerde. Aan deze twee behandelingen zijn gedurende 4 opeenvolgende weken 50 *N. viridula* eitjes geïntroduceerd. De *N. viridula* eitjes werden op groen papier bevestigd met dubbelzijdig plakband. De delen van het plakband waar geen eitjes op zaten werden bedekt met een laagje zand zodat uitgekomen nimfen niet vast kwamen te zitten (figuur 7.2). De papieren kaartjes met *N. viridula* eitjes werden vervolgens aan de onderkant van een paprikabladvastgemaakt met een klein knijpertje. Op hetzelfde moment werden aan behandeling H twee paartjes één week oude volwassen *P. maculiventris* toegevoegd. Aan zowel behandeling G als H werden vier 48 uur oude gepaarde *T. basalis* vrouwtjes toegevoegd. De introductie van *T. basalis* is in week 49 herhaald. De dichtheden van beide stinkwantsen en *T. basalis* werden wekelijks beoordeeld door de hele kooi en de gehele paprikaplant te screenen op eieren, nimfen en adulten voor een periode van vier weken. Na de laatste telling zijn de kaartjes met *N. viridula* eieren uit alle kooien verwijderd en in een klimaatkast geplaatst (22 °C, 70% R.V., 16:08 L:D) om de uitkomst van *T. basalis* te controleren.



**Figuur 7.2** Papieren kaartjes met elk 50 *N. viridula*-eitjes.

### 7.2.2 Kasproef 2

In het voorjaar van 2022 hebben we een tweede kasproef opgezet om de potentie van de roofwants *P. maculiventris* als bestrijder van *N. viridula* over een langere periode te testen. Dit keer werd de proef uitgevoerd in grotere kooien met een langere teelt van paprika. De volgende onderzoeksvragen werden met deze proef beantwoord:

1. Hoe effectief bestrijdt *P. maculiventris* *N. viridula* bij een preventieve inzet in paprika?
2. Is het voor een effectieve bestrijding nodig om door te gaan met bijvoeren met meelwormen nadat *N. viridula* aanwezig is?
3. Hoe goed is de bestrijding van *N. viridula* in een combinatie van *P. maculiventris* en de eiparasitaire sluipwesp *T. basalis*?
4. Wat is het effect van de aanwezigheid van *P. maculiventris* op de vestiging van de roofwants *Orius laevigatus* en de roofmijt *Amblyseius swirskii*?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden werden de volgende behandelingen meegenomen:

- A. Controle (Alleen *N. viridula*)
- B. *P. maculiventris* preventief + bijvoeren
- C. *P. maculiventris* preventief + bijvoeren tot het moment van introductie *N. viridula*
- D. *T. basalis* curatief
- E. *P. maculiventris* preventief + bijvoeren + *T. basalis* curatief

De experimentele eenheid was een inloop-insectenkooi van 100x200x200 cm met daarin vier paprika planten van het cultivar Maranello (Enza zaden) op twee steenwolmatten, waarbij drie stengels per plant werden aangehouden (figuur 7.3). In totaal waren er 20 kooien, vijf behandelingen met ieder vier herhalingen.



**Figuur 7.3** De positie van de paprikaplanten in de inloopkooien.

De proef vond plaats in de periode april tot en met augustus. De gemiddelde kastemperatuur was 22°C bij een gemiddelde relatieve luchtvochtigheid van 67%.

De planten werden voorzien van paprikavoeding via druppelaars. Aan behandeling B, C en E zijn acht paar volwassen *P. maculiventris* toegevoegd. Twee weken later is begonnen met de introductie *N. viridula*. Vanwege kweekbeperkingen zijn over een periode van vier weken aan alle kooien zeven paartjes volwassen *N. viridula* toegevoegd. Daarnaast zijn per kooi de volgende hoeveelheden *N. viridula* eitjes toegevoegd, opnieuw aangeboden op papieren kaartjes zoals in kasproef 1 (figuur 7.2).

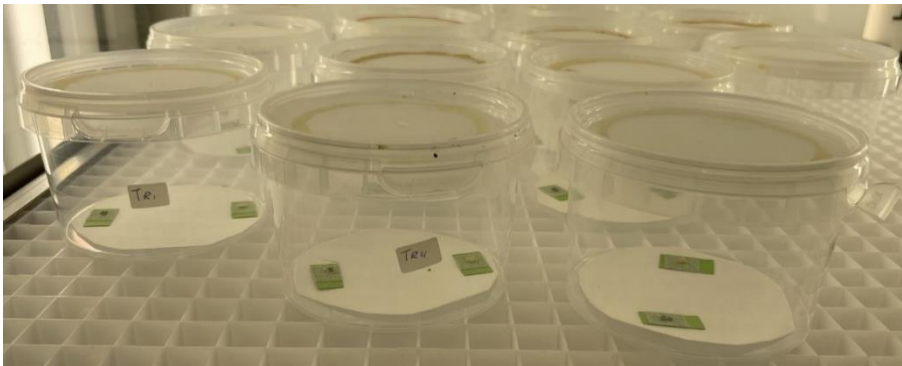
**Tabel 7.1** De hoeveelheden *N. viridula* eitjes geïntroduceerd per kooi per week.

Week	Aantal eitjes van <i>N. viridula</i>
19	11
21	45
22	4
24	16
25	28
26	50
27	50
28	40
29	40
30	40

In week 22, 24, 29 en week 30 zijn aan de kooien van de behandelingen D en E acht 48 uur oude gepaarde *T. basalis* vrouwtjes toegevoegd. De kooien met behandeling B en E werden wekelijks bijgevoerd met meelwormen in een kartonnen "DiBox". In elke kooi hingen vier DiBoxen, in elke paprikaplant één. In kooien van behandeling C werd op dezelfde manier bijgevoerd tot week 22, daarna is er gestopt met bijvoeren. Aan elke kooi werden vijf paartjes volwassen Orius (*Orius laevigatus*) toegevoegd en in week 12 en week 24 is in elke plant een kweekzakje *Amblyseius swirskii* gehangen. De dichtheden van beide stinkwantsen en *T. basalis* werden wekelijks beoordeeld door de hele kooiwand te tellen van elke paprikaplant één stengel helemaal te screenen op eieren, nimfen en adulten voor een periode van tien weken. Aan het einde van de proef is er nog een eindtelling gedaan, waarbij alle planten volledig zijn gescreend. Per kooi werden wekelijks in acht bloemen de hoeveelheden Orius nimfen en adulten geteld. De *A. swirskii*-populatie werd wekelijks geteld door zes random geplukte bladeren per kooi te beoordelen onder een binoculair. Geogste vruchten werden geteld, gewogen en geclassificeerd waarbij met name gelet werd op stinkwants schade.

### 7.2.3 Voorkeurstesten parasitering *T. basalis*

Om te onderzoeken of *T. basalis* een voorkeur heeft voor de eieren van *N. viridula* of *P. maculiventris* en wat het effect hiervan is op uitkomst en sexratio's is een labproef opgezet. De proef vond plaats in doorzichtige plastic containers (figuur 7.4). Op de bodem van de containers werd rond filterpapier gelegd waarop twee groene kaartjes werden vastgemaakt met dubbelzijdig plakband (figuur 7.4). Op het ene kaartje zaten tien *N. viridula* eitjes, op het andere kaartje tien *P. maculiventris* eitjes. Eieren van beide wantsen waren max 24 uur oud. De eitjes werden met de onderkant vastgemaakt aan de kaartjes met dubbelzijdig plakband. Het niet bedekte deel van het plakband werd bedekt met zand, zodat *T. basalis* er vrij overheen kon lopen. Vervolgens werd er aan elke container één 48 uur oud gepaard *T. basalis* vrouwtje toegevoegd. De deksel werd voorzien van een kleine druppel honing als voeding. De containers werden daarna in een klimaatkast geplaatst bij 25°C, 24:00 L:D, 70% R.V. Na zes uur werden uit alle containers de *T. basalis* vrouwtjes verwijderd en werden de eitjes van *P. maculiventris* en *N. viridula* elk in een aparte container geplaatst en in een andere klimaatkast gezet (25°C, 16:08 L:D, 70% R.V.). Voor een periode van twee weken werden de containers dagelijks gecheckt op uitkomende wantsen en sluipwespen. Uitkomende *T. basalis* werden vervolgens gesekst om de geslachtsverhoudingen te kunnen bepalen. Deze voorkeurstesten werden met 24 vrouwtjes van *T. basalis* herhaald.



**Figuur 7.4** Containers met daarin groene kaartjes met eieren van *N. viridula* en *P. maculiventris* eitjes.

### 7.2.4 Interactie *P. maculiventris* en *O. laevigatus*

De roofwants *Orius laevigatus* wordt in paprika standaard ingezet voor de bestrijding van trips. Het is daarom belangrijk te weten in hoeverre deze roofwants ook een effect kan hebben op de nieuwe roofwants *P. maculiventris*. Aangezien beide predatoren generalisten zijn, zou *P. maculiventris* ook een effect kunnen hebben op *O. laevigatus*. We hebben daarom een proef opgezet om te bepalen of volwassenen van *O. laevigatus* prederen op het tweede nymfale stadium (N2) van *P. maculiventris* en andersom. Daarnaast hebben we gekeken of volwassen *P. maculiventris* vrouwtjes prederen op volwassen *O. laevigatus*. De proeven werden uitgevoerd in dezelfde bakjes als beschreven in paragraaf 7.2.3 (figuur 7.4), met dit keer aan elk bakje een snijboon als voedsel toegevoegd. De interactie met *O. laevigatus* werd met minstens 20 N2 *P. maculiventris* nimfen en volwassenen getest.

De volgende behandelingen zijn getest:

- A. 10 volwassen *O. laevigatus*
- B. 1 *P. maculiventris* N2 + 10 volwassen *O. laevigatus*
- C. 1 *P. maculiventris* N2
- D. 1 volwassen *P. maculiventris* vrouwtje + 10 volwassen *O. laevigatus*

De predatie van volwassen wantsen op nimfen van de andere soort werd gemeten gedurende 24 uur in een klimaatcel bij 25°C, 16:08 L:D en 70% R.V.

---

## 7.2.5 Predatie van *P. maculiventris* op verschillende kasplagen

Omdat *P. maculiventris* een generalistische predator is, is het goed mogelijk dat er naast rupsen en *N. viridula* ook nog andere plagen worden gepredeerd. Daarom is in een aantal labtesten gescreend of er predatie plaatsvindt op *Myzus persicae*, *Aulacorthum solani*, *Echinothrips americanus* en *Lygus rugulipennis*. De proefopzet vond plaats in dezelfde containers als beschreven in paragraaf 7.2.3. Voor de vochtvoorziening en als voedsel voor de bladluizen werd elke container voorzien van een laag 1% wateragar en een paprikapons. Net als beschreven in paragraaf 7.2.4 werden de predatie testen uitgevoerd met zowel *P. maculiventris* N2 nimfen als volwassen vrouwtjes. Elke plaag-*P. maculiventris* combinatie werd vier keer herhaald voor zowel de nimfen als de volwassen vrouwtjes. Predatie van *P. maculiventris* N2 nimfen en volwassen vrouwtjes is op de volgende aantallen plagen gescreend:

- A. 30 *Echinothrips americanus*
- B. 10 N3 *Lygus rugulipennis* nimfen
- C. 5 volwassen *Lygus rugulipennis*
- D. 40 *Myzus persicae*
- E. 40 *Aulacorthum solani*

De predatie van volwassen wantsen op nimfen van de andere soort werd gemeten gedurende 24 uur in een klimaatcel bij 25°C, 16:08 L:D en 70% R.V. De overleving van *P. maculiventris* en eventuele predatie werd gemonitord na 2, 4, 6 en 24 uur. Na 24 uur werden het totaal aantal dode plaaginsecten per container geteld.

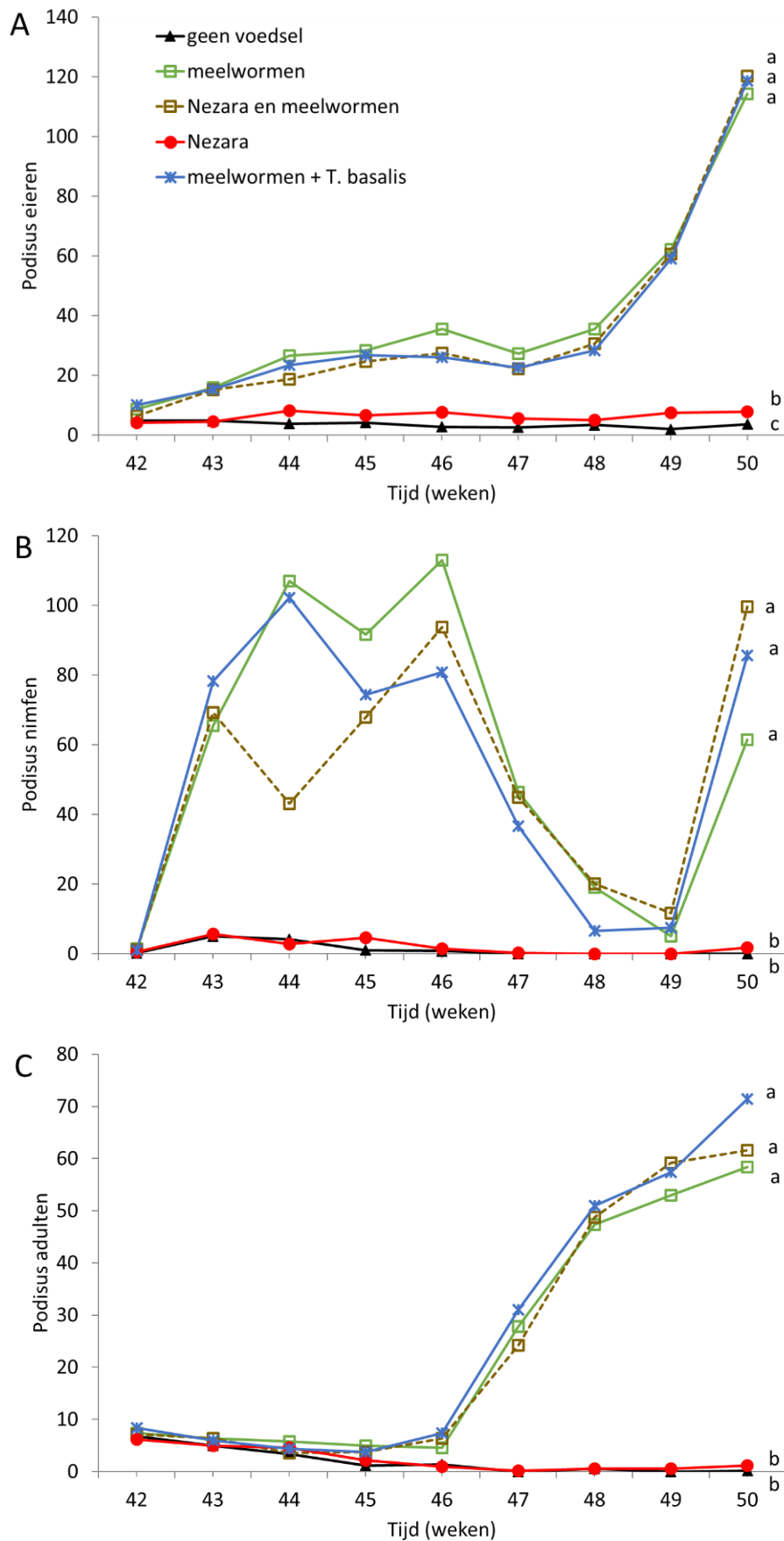
## 7.3 Resultaten

### 7.3.1 Kasproef 1

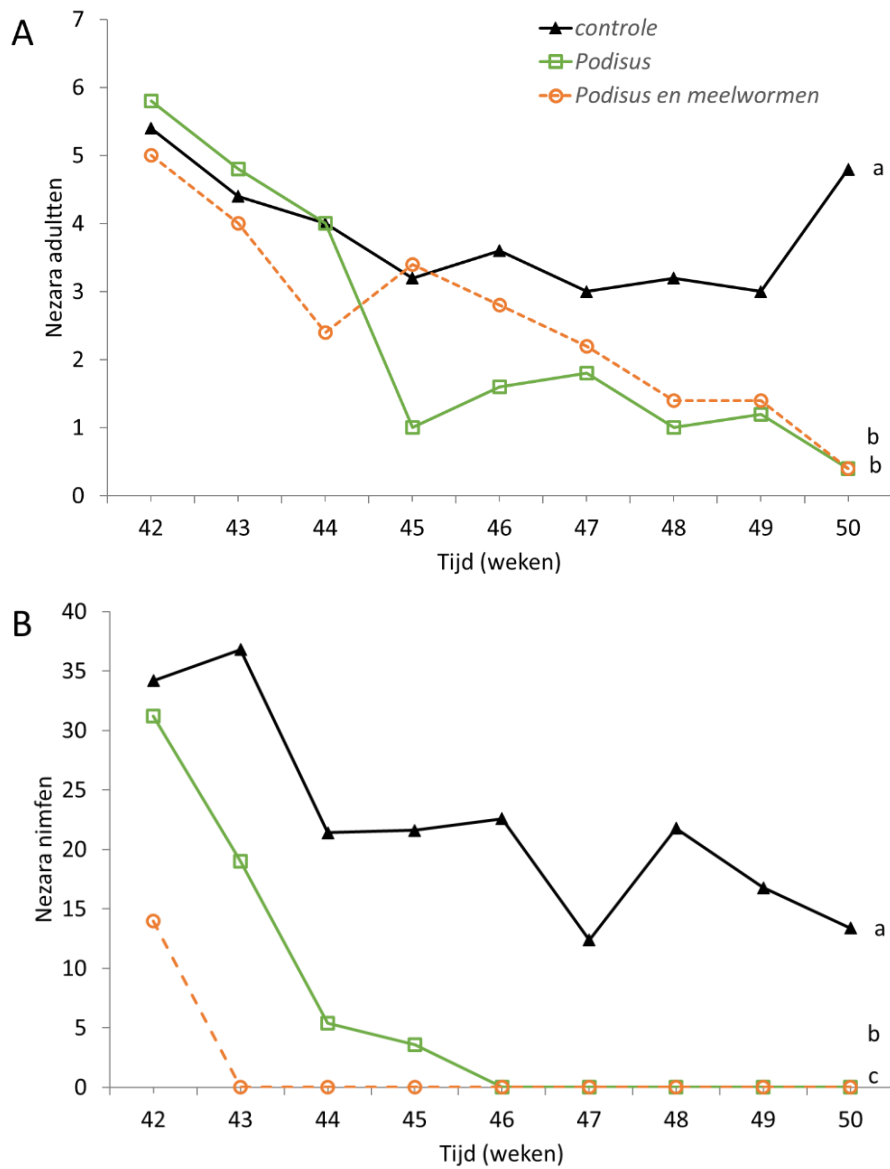
In alle behandelingen waar meelwormen wekelijks werden toegevoegd als alternatieve prooi voor *P. maculiventris* nam de populatie sterk toe (figuur 7.5). De aanwezigheid van *N. viridula* of de sluipwesp *T. basalis* had géén significant effect op deze populatiegroei. Zonder voedsel kon *P. maculiventris* niet overleven op paprika plant, maar ook de aanwezigheid van de eieren van *N. viridula* was niet voldoende om een goede dichtheid roofwantsen op te bouwen (figuur 7.5). De roofwantsen hadden een significant bestrijdend effect op *N. viridula*. Zowel in de behandeling met als zonder meelwormen werden de populaties *N. viridula* volledig bestreden, maar in de behandeling met meelwormen was er een significante vertraging in de onderdrukking van *N. viridula* (figuur 7.6).

In de proef met behandeling G en H, waar *N. viridula* later is ingezet werd deze wants opnieuw uitstekend bestreden door inzet van *P. maculiventris*, ondanks de aanwezigheid van de sluipwesp *T. basalis* (figuur 7.7). De parasitering bleef om onduidelijke redenen erg laag, slechts enkele nieuwe sluipwespen werden in de kooien waargenomen (figuur 7.8) en dit was niet genoeg om een toename van *N. viridula* te voorkomen (figuur 7.7). Uit de *N. viridula* eitjes op de kaartjes afkomstig uit behandeling H kwamen iets meer *T. basalis* sluipwespen dan uit behandeling G (figuur 7.9).



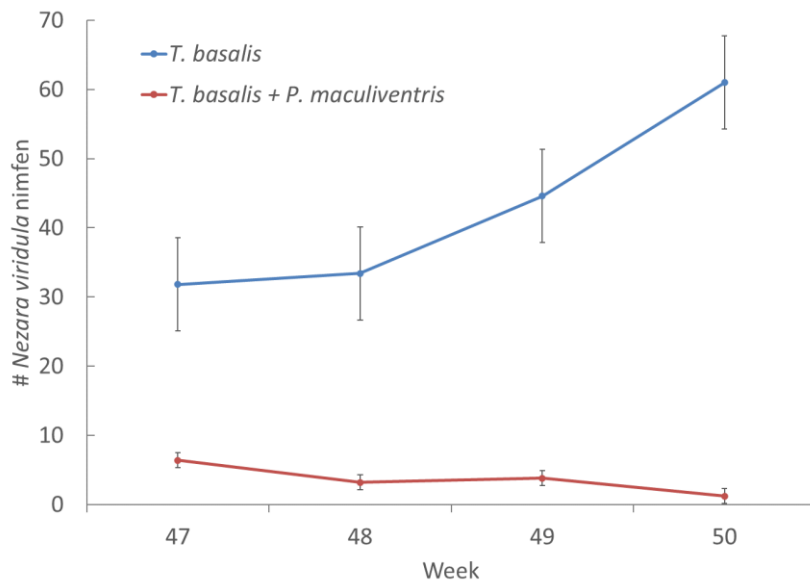


**Figuur 7.5** Populatieontwikkeling van de roofwants *Podisus maculiventris* op paprika met verschillende voedselbehandelingen en bij één behandeling in combinatie met de sluipwesp *Trissolcus basalis*. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ SE) aantallen per kooi voor (A) het aantal eipakketten (dicht en open), (B) nimfen en (C) adulten van *P. maculiventris*. Verschillende letters naast de lijnen geven significante verschillen tussen de behandelingen over de tijd heen weer (GLMM,  $p < 0.05$ ).

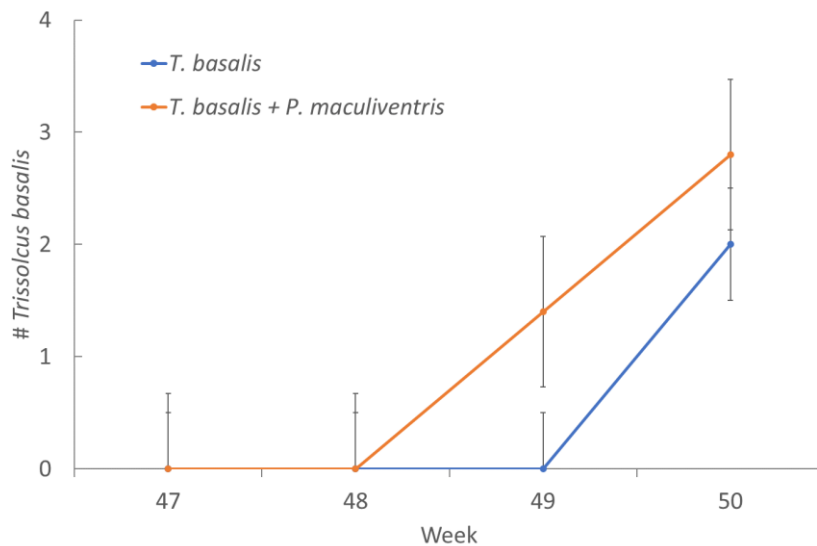


**Figuur 7.6** Populatieontwikkeling van de zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula* op paprika met en zonder de roofwants *Podisus maculiventris* en het effect van bijvoeren met meelwormen daarop. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ SE) aantallen per kooi voor (A) het aantal adulten en (B) nimfen van *N. viridula*. Verschillende letters naast de lijnen geven significante verschillen tussen de behandelingen over de tijd heen weer (GLMM,  $p < 0.05$ ).

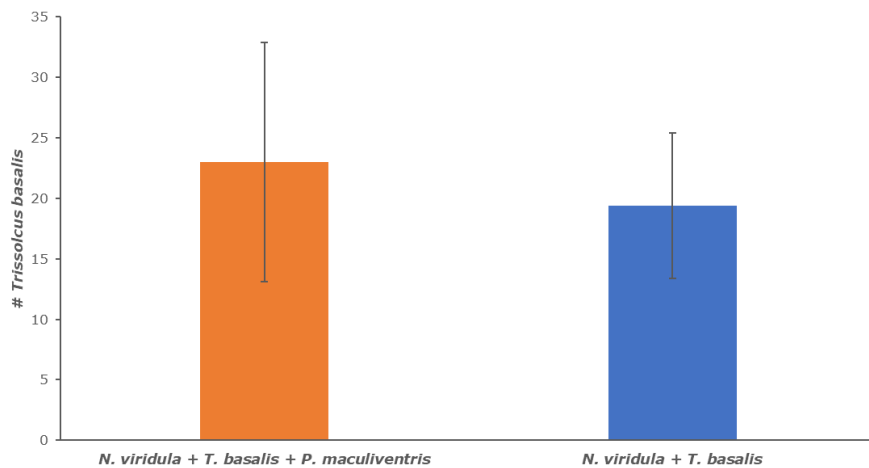




**Figuur 7.7** Populatieontwikkeling van de zuidelijke groene schildwants *N. viridula* op paprika met alleen de sluipwesp *Trissolcus basalis* of de combinaties van deze sluipwesp met de roofwants *Podisus maculiventris*.



**Figuur 7.8** Populatieontwikkeling van de sluipwesp *Trissolcus basalis* na het regelmatig aanbieden van eipakketen van *Nezara viridula* met en zonder de roofwants *Podisus maculiventris*.

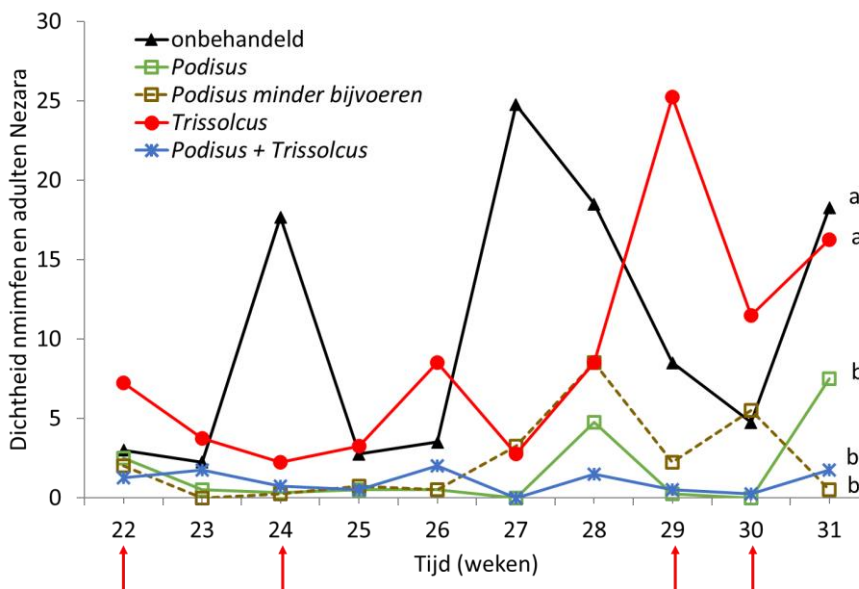


**Figuur 7.9** Gemiddeld ( $\pm$ SE) aantal uitgekomen volwassen *Trissolcus basalis* sluipwespen van de kaartjes uit kooien met alleen *Nezara viridula* en zowel *N. viridula* als *Podisus maculiventris*.

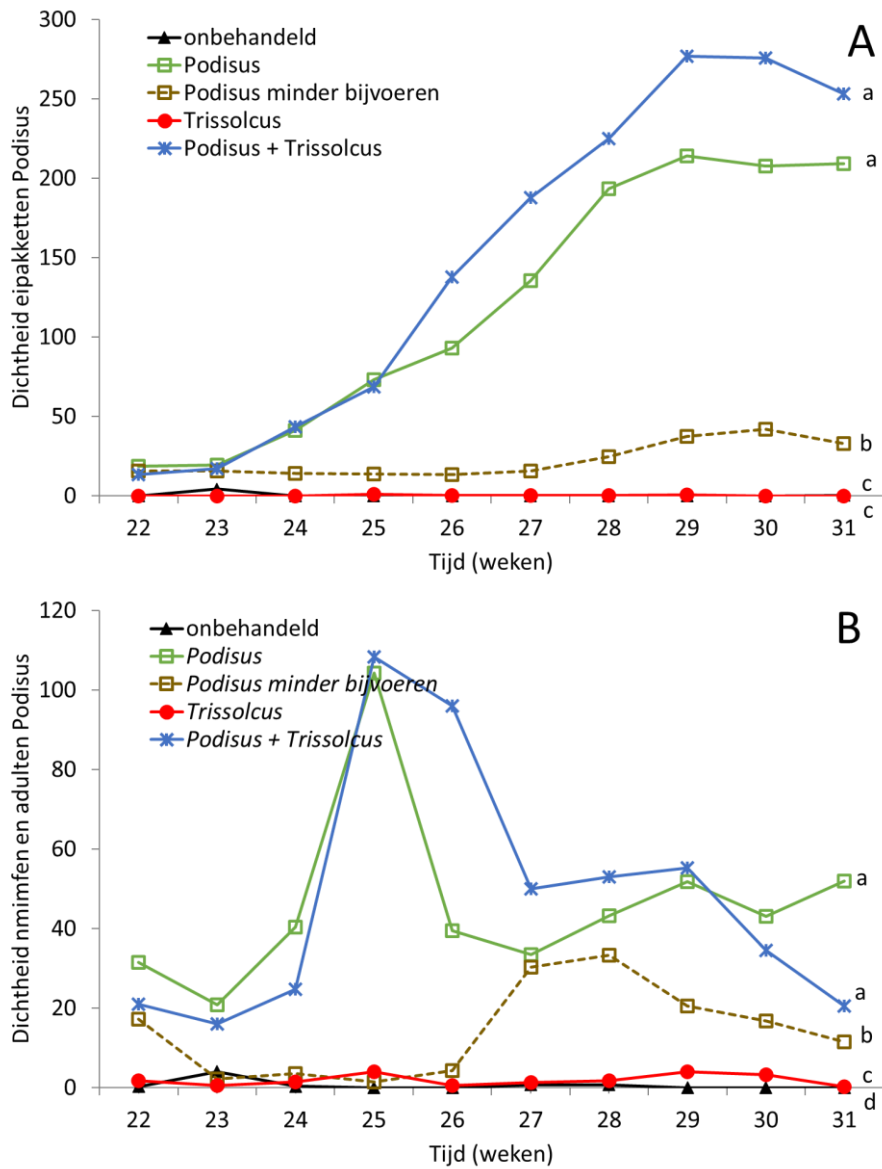
### 7.3.2 Kasproef 2

Net als in de eerste kasproef gaf ook in de tweede proef *P. maculiventris* een significante onderdrukking van *N. viridula* (figuur 7.10). Het eerder stoppen met bijvoeren met meelwormen had een sterk effect op de populatieontwikkeling van de roofwants. Vooral het aantal ei-pakketten nam veel sterker toe indien er werd doorgegaan met bijvoeren met meelwormen (figuur 7.11), maar dit had geen effect op de bestrijding van *N. viridula*. Die was in beide gevallen zeer sterk (figuur 7.10). De bestrijding van *N. viridula* met de sluipwesp *T. basalis* was in deze proef om onduidelijke redenen niet afdoende. De sluipwesp leek in de combinatiebehandeling met *P. maculiventris* een licht versturende werking te hebben. Aan het einde van de proef waren de dichtheden van de roofwants significant lager dan in de behandeling zonder sluipwespen (figuur 7.12). Tevens werd in de laatste telling in de kooien redelijke aantallen levende sluipwespen gevonden (gem. 10/kooi) in de behandeling met *P. maculiventris* terwijl er geen sluipwespen werden teruggevonden in de behandelingen met alleen *N. viridula*. De massale aanwezigheid van ei-pakketten van *P. maculiventris* was waarschijnlijk een ondersteuning voor de populatieontwikkeling van de sluipwesp.

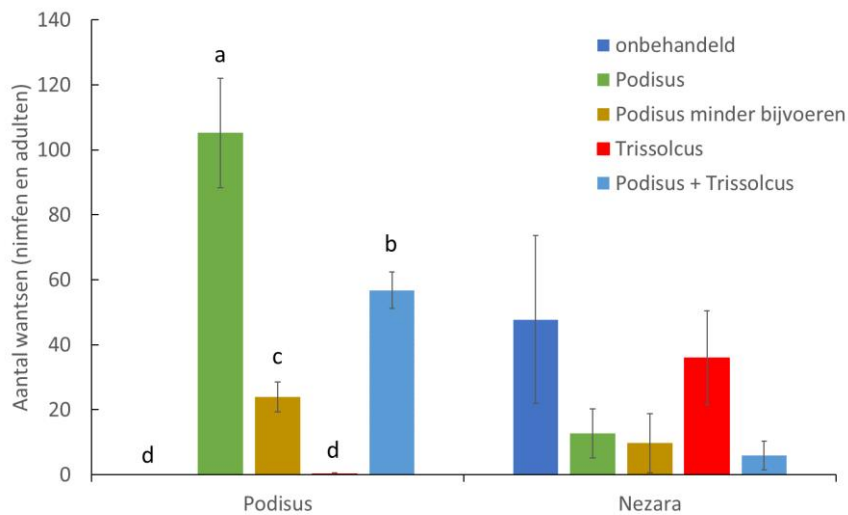
De dichtheden roofmijten van de soort *A. swirskii* waren niet verschillend tussen de behandelingen met dichtheden variërend van 0.4 tot 1.2 roofmijt per blad. Ook waren er géén significante effecten van behandeling op de Oriusdichtheden in de bloemen. Het aantal vruchten per plant werd bewust wat hoog aangehouden om de plantengroei in de kooien wat te kunnen remmen. Het gevolg daarvan was dat vanaf week 28 het aantal bloemen sterk af nam, maar tot die tijd was Orius goed gevestigd in alle behandelingen (figuur 7.13).



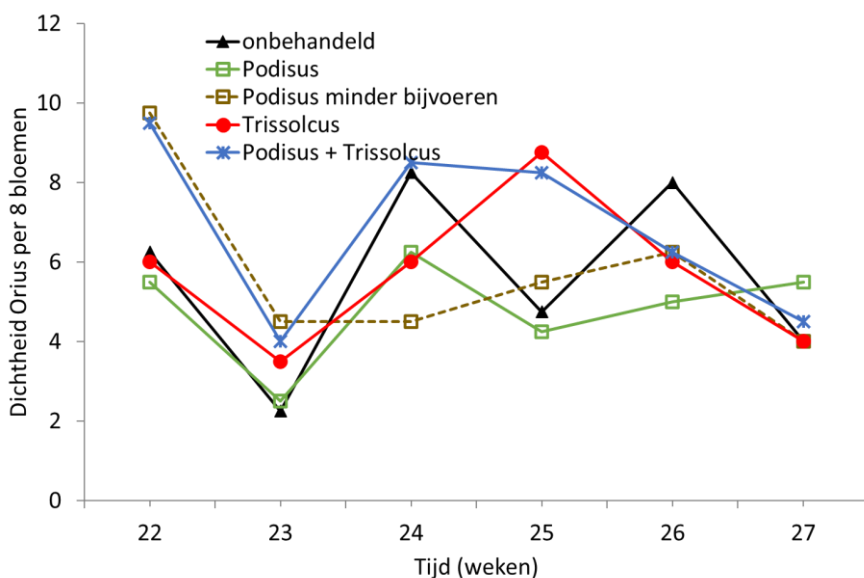
**Figuur 7.10** Populatiedynamiek van de zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula* op paprika bij verschillende behandelingen met de roofwants *Podisus maculiventris* en de sluipwesp *Trissolcus basalis*. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ SE) aantallen nimfen en adulten per kooi voor van *N. viridula*. Verschillende letters naast de lijnen geven significante verschillen tussen de behandelingen over de tijd heen weer (Repeated measures ANOVA,  $p < 0.05$ ). De rode pijlen geven de inzetmomenten van *T. basalis* aan.



**Figuur 7.11** Populatiedynamiek van de roofwants *Podisus maculiventris* bij verschillende behandelingen. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ SE) aantallen eipakketten (A) en nimfen en adulten (B) per kooi. Verschillende letters naast de lijnen geven significante verschillen tussen de behandelingen over de tijd heen weer (Repeated measures ANOVA,  $p < 0.05$ ).



**Figuur 7.12** Gemiddelde dichtheden van de roofwants *Podisus maculiventris* en *Nezara viridula* aan het einde van de proef in week 31. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ SE) aantallen nimfen en adulten per kooi. Verschillende letters geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (ANOVA,  $p < 0.05$ ).



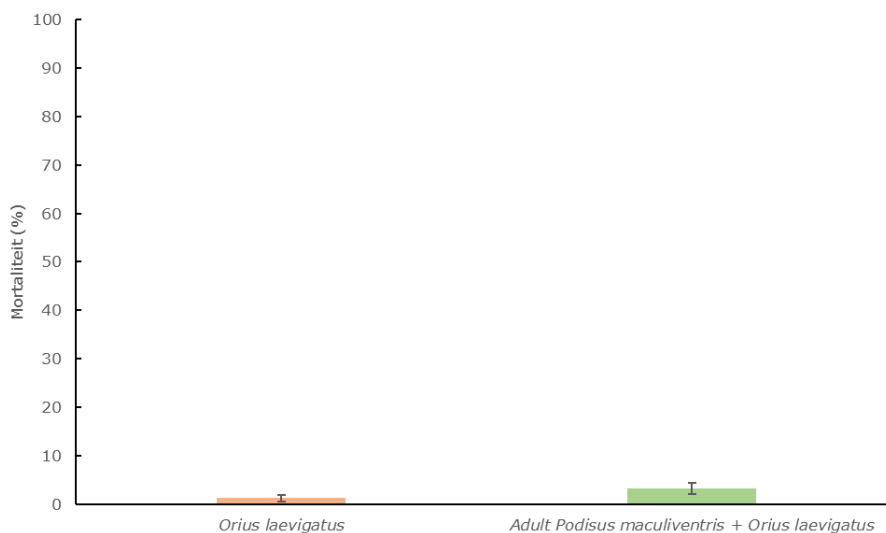
**Figuur 7.13** Gemiddelde dichtheden van de roofwants *Orius laevigatus* per 8 bloemen bij de verschillende behandelingen met de roofwants *Podisus maculiventris* en de sluipwesp *Trissolcus basalis*.

### 7.3.3 Voorkeurstesten parasitering *T. basalis*

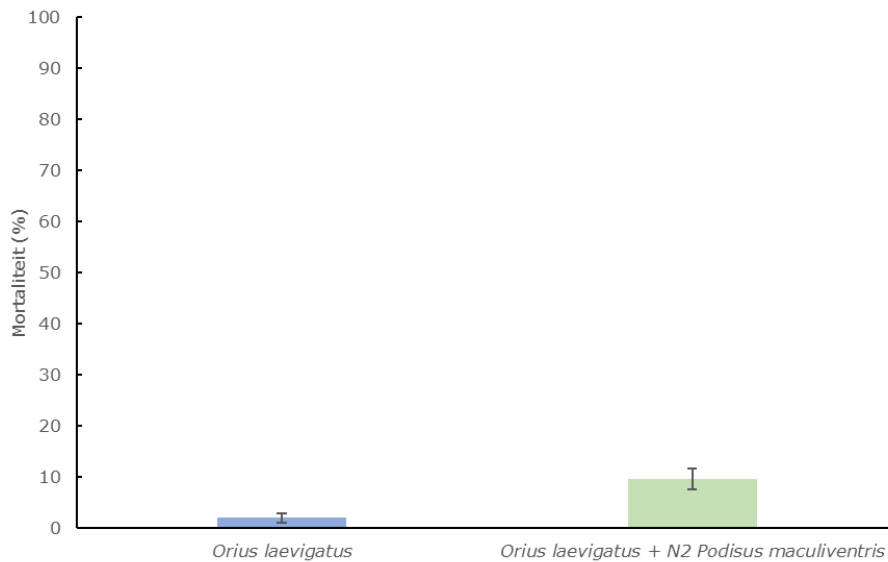
Bij 9 van de 26 wespen waren in 6 uur tijd alle 20 eieren geparasiteerd en kon er dus niets gezegd worden over een voorkeur voor een van de wantsensoorten. Bij 7 wespen werd helemaal geen parasitering gevonden en bij de overige 12 vrouwtjes werden gemiddeld rond de 10 eieren geparasiteerd, waarbij er een lichte voorkeur was voor de eieren van *N. viridula*. Gemiddeld was 66% van het totaal aantal geparasiteerde eieren van de soort *N. viridula*. Dit komt overeen met een veldstudie uit Italië waarin de parasiteringspercentages van *N. viridula* eitjes door *T. basalis* in soja werden bepaald (Colazza and Bin 1995).

### 7.3.4 Interactie *P. maculiventris* en *O. laevigatus*

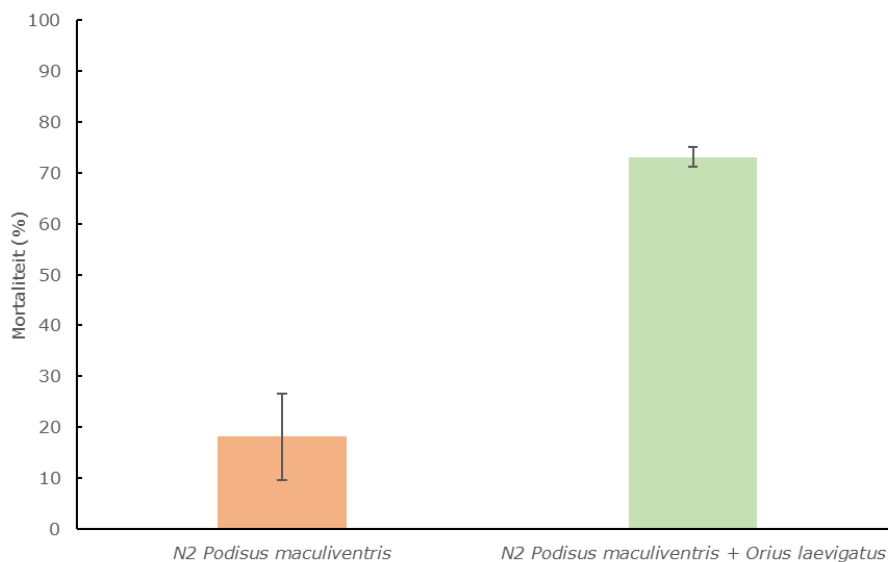
De volwassen wantsen van *P. maculiventris* hadden in het laboratorium géén effect op de overleving van de volwassenen van *O. laevigatus* (figuur 7.13). Met en zonder *P. maculiventris* was er meer dan 97% overleving. Er werd geen predatie van volwassen *P. maculiventris* op *O. laevigatus* waargenomen en ook niet andersom. Volwassen *O. laevigatus* waren echter wel vatbaar voor predatie door *P. maculiventris*, maar het aantal dat werd gedood bleef met 9%, gemiddeld 1 van de 10 Orius, relatief laag (figuur 7.14). Andersom bleek *O. laevigatus* een sterk effect te hebben op *P. maculiventris* nimfen, die in 73% van alle gevallen werden gedood door volwassen *O. laevigatus* (figuur 7.15).



**Figuur 7.13** De gemiddelde ( $\pm$ SE) mortaliteit van *Orius laevigatus* met en zonder een *Podisus maculiventris* vrouwtje.



**Figuur 7.14** De gemiddelde ( $\pm$ SE) mortaliteit van *Orius laevigatus* met en zonder een *Podisus maculiventris* N2 nimf.



**Figuur 7.15** De gemiddelde ( $\pm$ SE) mortaliteit *Podisus maculiventris* N2 nimfen met en zonder *Orius laevigatus*.

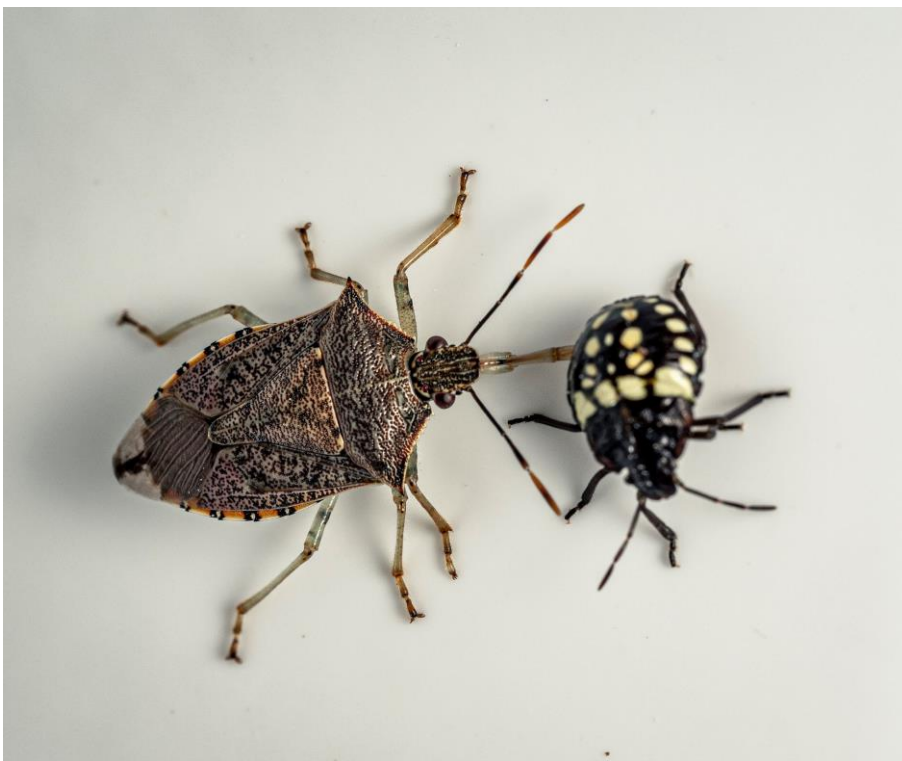
### 7.3.5 Predatie van *P. maculiventris* op verschillende kasplagen

Volwassen vrouwtjes *P. maculiventris* predeerden van de geteste plagen alleen op volwassen *Lygus rugulipennis*. In twee van de vier containers werden alle vijf *L. rugulipennis* gepredeerd. In de andere twee drie van de vijf. De nimfen van *P. maculiventris* predeerden niet op volwassen *L. rugulipennis* maar wel op de nimfen. Gemiddeld werden er per container 2,75 *L. rugulipennis* nimfen gepredeerd door *P. maculiventris*. De *P. maculiventris* nimfen predeerden mondjesmaat op *Echinothrips americanus*. Slechts in twee van de vier containers werden er twee *E. americanus* tripsen gepredeerd. Zowel *Myzus persicae* als *Aulacorthum solani* werden gepredeerd door *P. maculiventris* nimfen. Gemiddeld werden er 3,7 *M. persicae* per container gepredeerd. In de containers met *A. solani* werden gemiddeld 6 bladluizen geconsumeerd.



## 7.4 Discussie en conclusies

De resultaten van twee kasproeven laten zien dat de roofwants *P. maculiventris* veel potentie biedt als biologische bestrijder van *N. viridula*. De zuidelijke groene schildwants werd in beide proeven volledig bestreden met slechts enkele overlevenden. Vooral de nimfen blijken een favoriete prooi voor deze roofwantsen (figuur 7.16). Voor de populatieopbouw in het gewas blijken meelwormen een uitstekende prooi te zijn. Zonder voedsel kon *P. maculiventris* niet overleven op paprikaplanten, maar ook de aanwezigheid van de eieren van *N. viridula* was niet voldoende om een goede dichtheid roofwantsen op te bouwen. De sluipwesp *T. basalis* bleek ook de eieren van *P. maculiventris* te kunnen parasiteren, maar in het laboratorium hadden ze een lichte voorkeur voor *N. viridula* en in de kasproef hadden ze géén negatief effect op de populatieopbouw van *P. maculiventris*. De parasitering van *N. viridula* bleef om onduidelijke redenen in onze kasproef erg laag. De roofwants *P. maculiventris* had géén negatief effect op de populatieontwikkeling van *A. swirskii* of de roofwants *O. laevigatus*. De inzet van deze wants lijkt dus goed gecombineerd te kunnen worden met de bestrijding van trips. Andersom bleek in het laboratorium de roofwants *O. laevigatus* te prederen op nimfen van *P. maculiventris*, maar waarschijnlijk zijn deze effecten in een gewas met verschillende niches voor de roofwantsen beperkt.



**Figuur 7.16** Volwassen roofwants *Podisus maculiventris* prederend op een nimf van *Nezara viridula*.

---

# 8 Praktijktesten met de roofwants *P. maculiventris*

## 8.1 Inleiding

Op basis van de positieve resultaten met de roofwants *P. maculiventris* in kooiproeven is in 2023 de stap gemaakt naar praktijkintroductions op 2 paprikabedrijven. Beide bedrijven hadden de jaren daarvoor veel last van *N. viriduda* en de verwachting was dat ook in 2023 deze plaag weer zou optreden. Het doel van deze praktijkproeven was om te bepalen of *P. maculiventris* in staat is zich te vestigen en een populatie op te bouwen wanneer wordt bijgevoerd met meelwormen.

## 8.2 Materiaal en methoden

Begin mei 2023 zijn op twee conventionele paprikakwekerijen *Podisus maculiventris* geïntroduceerd. Teler 1 had een traditioneel systeem met twee enkele rijen matten tussen de paden, teler 2 een V systeem met een enkele rij matten. Bij beide telers werd *P. maculiventris* binnen één tralie geïntroduceerd. De tralie bij teler 1 bestond uit vijf rijen van 60 meter diep met in totaal 37 uitzetpunten. De tralie bij teler 2 had zes rijen van 130 meter diep met in totaal 72 uitzetpunten. Op beide bedrijven vonden in totaal drie introductions van *P. maculiventris* plaats, twee voor de start van de observaties en een laatste introductie aan het einde van de zomer. Per introductie werden er per uitzetpunt 20 *P. maculiventris* geïntroduceerd van gemengde leeftijd. In totaal zijn er bij teler 1 2220 en bij teler 2 4320 *P. maculiventris* geïntroduceerd. Bij teler 1 is ook een controle kooi met daarin een paprikaplant geplaatst waarin dezelfde hoeveelheid introductions van *P. maculiventris* en bijvoermomenten waren als in de tralie. Op elk uitzetpunt werd een doorzichtig plastic container aan de paprikaplant bevestigd als voerstation. Om de week werden hier verse meelwormen in gedaan om *P. maculiventris* bij te voeren (figuur 8.1).

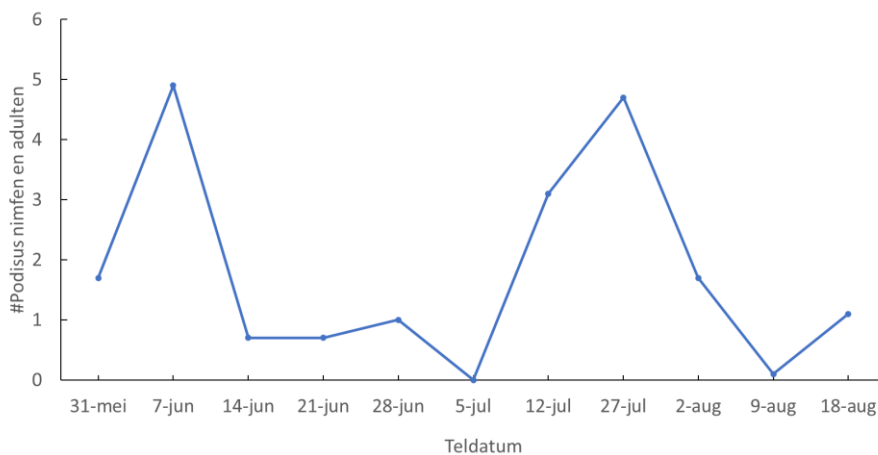


**Figuur 8.1** Een plastic voerstation met daarin meelwormen als alternatieve voedselbron voor *Podisus maculiventris*.

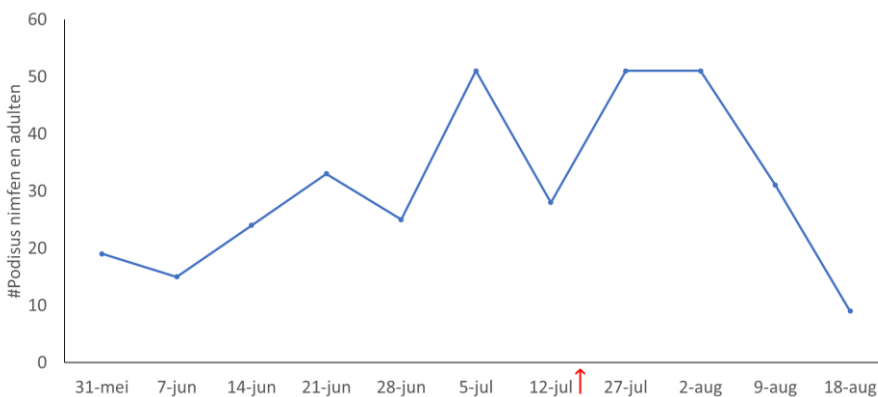
Vanaf week 21 werd de populatie van *P. maculiventris* wekelijks geteld door per rij bij zowel het middelste uitzetpunt als een random uitzetpunt drie stengels van drie planten volledig te scannen op de aanwezigheid van eieren, nimfen en adulten. Ook in drie rijen links en drie rijen rechts van de uitzetralie werden op dezelfde manier beoordeeld op de aanwezigheid van *P. maculiventris*.

### 8.3 Resultaten

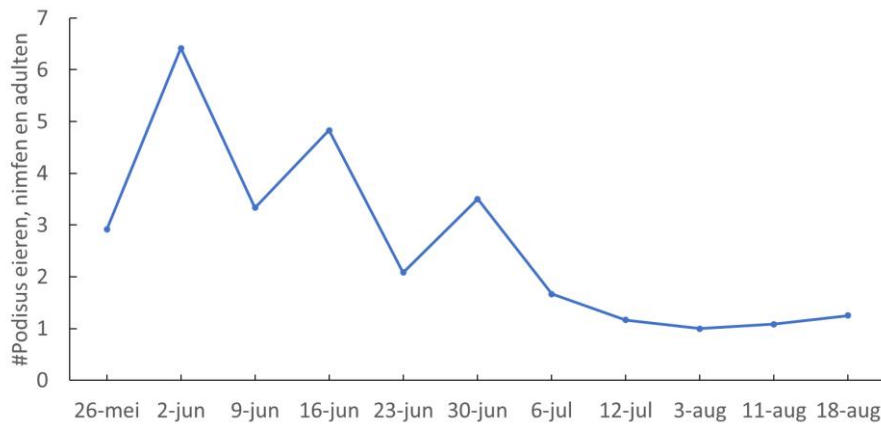
In de rijen naast de uitzetralie werd tijdens het gehele experiment bij geen van de twee telers *P. maculiventris* aangetroffen. In de uitzetralie waren de aantallen *P. maculiventris* bij teler 1 laag en vond er geen populatieopbouw plaats gedurende het experiment (figuur 8.2). In de controlekooi geplaatst bij teler 1 vond wel een populatie opbouw plaats van *P. maculiventris* met een constante aanwezigheid van eieren, nimfen en adulten (figuur 8.3). Bij teler 2 vond er ook geen populatieontwikkeling plaats gedurende het experiment (figuur 8.4).



**Figuur 8.2** Populatieontwikkeling van *Podisus maculiventris* bij teler 1. Weergegeven zijn de gemiddelde hoeveelheid nimfen en adulten per telling. De rode pijl geeft de derde introductie van *P. maculiventris* weer.



**Figuur 8.3** Populatieontwikkeling van *Podisus maculiventris* in de controlekooi bij teler 1. Weergegeven zijn de gemiddelde hoeveelheid eieren, nimfen en adulten per telling. De rode pijl geeft de derde introductie van *P. maculiventris* weer.



**Figuur 8.4** Populatieontwikkeling van *Podisus maculiventris* bij teler 2. Weergegeven zijn de gemiddelde hoeveelheid eieren, nimfen en adulten per telling. De rode pijl geeft de derde introductie van *P. maculiventris* weer.

## 8.4 Discussie en conclusies

Tijdens de praktijkproeven met *P. maculiventris* vond helaas niet de gewenste populatieopbouw plaats zoals eerder gezien in kooiproeven, ondanks de constante aanwezigheid van meelwormen. In de controlekooi bij teler 1 vond wel een populatieopbouw plaats van *P. maculiventris*, wat uitsluit dat het aan de klimaat of kasomstandigheden ligt bij teler 1. Het niet aanslaan van *P. maculiventris* kan liggen aan de verdeling van de voerstations. De afstand voor jonge nimfen kan relatief groot zijn, waardoor ze verhongeren voordat ze de meelwormen vinden. Ook kan het zijn dat in kooiproeven de volwassen en grote nimfen van *P. maculiventris* de relatief grote meelwormen doden en kleine nimfen hier vervolgens van mee-eten. Deze vorm van groepsvoeding hebben we vaak waargenomen. De kans dat de jonge nimfen door de adulten worden gefaciliteerd bij prooiovermeestering en voeding is waarschijnlijk veel lager bij een lage dichtheid van verschillende stadia van *P. maculiventris* dan de kunstmatig hoge dichtheden in kooien, waardoor de overlevingskans van de nimfen afneemt. Daarnaast is het onbekend of *P. maculiventris* uit de kas migreert en dus tijdens de proef uit de kas is gevlogen. Verder onderzoek is nodig naar het vlieggedrag van volwassen *P. maculiventris* in kassituaties en andere bijvoerstrategieën om deze hypothesen te kunnen bevestigen.

---

# Literatuur

- Akutse, K. S., N. K. Maniania, K. K. M. Fiaboe, J. Van den Berg, and S. Ekesi. 2013.  
Endophytic colonization of *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) by fungal pathogens and their effects on the life-history parameters of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae).  
*Fungal Ecology* 6:293-301.
- Balzan, M. V., and A. C. Moonen. 2014.  
Field margin vegetation enhances biological control and crop damage suppression from multiple pests in organic tomato fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 150:45-65.
- Colazza, S., and F. Bin. 1995.  
Efficiency of *Trissolcus basalus* (Hymenoptera: Scelionidae) as an egg parasitoid of *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) in central Italy. *Environmental Entomology* 24:1703-1707.
- Conti, E., G. Avila, B. Barratt, F. Cingolani, S. Colazza, S. Guarino, K. Hoelmer, R. A. Laumann, L. Maistrello, G. Martel, E. Peri, C. Rodriguez-Saona, G. Rondoni, M. Rostas, P. F. Roversi, R. F. H. Sforza, L. Tavella, and E. Wajnberg. 2021.  
Biological control of invasive stink bugs: review of global state and future prospects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 169:28-51.
- De Clercq, P., K. Wyckhuys, H. N. De Oliveira, and J. Klapwijk. 2002.  
Predation by *Podisus maculiventris* on different life stages of *Nezara viridula*. *Florida Entomologist* 85:197-202.
- Easterbrook, M. A., J. D. Fitz Gerald, C. Pinch, J. Tooley, and X. M. Xu. 2003.  
Development times and fecundity of three important arthropod pests of strawberry in the United Kingdom. *Annals of Applied Biology* 143:325-331.
- Easterbrook, M. A., and J. A. Tooley. 1999.  
Assessment of trap plants to regulate numbers of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis*, on late-season strawberries. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 92:119-125.
- Fountain, M. T., G. Deakin, D. Farman, D. Hall, C. Jay, B. Shaw, and A. Walker. 2021.  
An effective "push-pull" control strategy for European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis* (Heteroptera: Miridae), in strawberry using synthetic semiochemicals. *Pest Management Science*.
- Gonzalez, F., C. Tkaczuk, M. M. Dinu, Z. Fiedler, S. Vidal, E. Zchori-Fein, and G. J. Messelink. 2016.  
New opportunities for the integration of microorganisms into biological pest control systems in greenhouse crops. *Journal of Pest Science* 89:295-311.
- Gospodarek, J. 2021.  
Effect of *Sinapis alba* L. as an insectary plant on the occurrence of *Aphis fabae* Scop., Coccinellidae and Syrphidae in broad bean. *Agronomy* 11:2202.
- Hagler, J. R. 2011.  
An immunological approach to quantify consumption of protein-tagged *Lygus hesperus* by the entire cotton predator assemblage. *Biological Control* 58:337-345.
- Hagler, J. R., D. J. Nieto, S. A. Machtley, D. W. Spurgeon, B. N. Hogg, and S. L. Swezey. 2018.  
Dynamics of predation on *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) in Alfalfa trap-cropped organic strawberry. *Journal of Insect Science* 18:12.
- Hough-Goldstein, J., and D. McPherson. 1996.  
Comparison of *Perillus bioculatus* and *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) as potential control agents of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* 89:1116-1123.
- Hull, J. J., Y. W. Yang, K. Miyasaki, and C. S. Brent. 2020.  
TRPA1 modulates noxious odor responses in *Lygus hesperus*. *Journal of Insect Physiology* 122:11.
- Ingegno, B. L., G. J. Messelink, A. Leman, D. Sacco, and L. Tavella. 2021.  
Development and thermal activity thresholds of European mirid predatory bugs. *Biological Control* 152:104423.

- 
- Leland, J. E., and G. L. Snodgrass. 2004.  
Prevalence of naturally occurring *Beauveria bassiana* in *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) populations from wild host plants of Mississippi. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 21:157-163.
- Martinuz, A., A. Schouten, R. D. Menjivar, and R. A. Sikora. 2012.  
Effectiveness of systemic resistance toward *Aphis gossypii* (Hom., Aphididae) as induced by combined applications of the endophytes *Fusarium oxysporum* Fo162 and *Rhizobium etli* G12. *Biological Control* 62:206 -212
- McCabe, E., G. Loeb, and H. Grab. 2017.  
Responses of crop pests and natural enemies to wildflower borders depends on functional group. *Insects* 8:8.
- Messelink, G. J., J. Bennison, O. Alomar, B. L. Ingegno, L. Tavella, L. Shipp, E. Palevsky, and F. L. Wäckers. 2014.  
Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *Biocontrol* 59:377-393.
- Messelink, G. J., A. Leman, R. van Holstein-Saj, R. van Tol, R. Vijverberg, C. Elfferich, L. Catalá Senent, T. Huang, K. Shresta, and H. M. Kruidhof. 2019.  
Nieuwe mogelijkheden voor de bestrijding van trips in de sierteelt onder glas. Rapport GTB-895, Wageningen University & Research, Bleiswijk.
- Mouratidis, A., A. Leman, E. H. Poelman, and G. Messelink. 2022.  
*Dicyphus* predatory bugs pre-established on tomato plants reduce *Nesidiocoris tenuis* population growth. *Journal of Pest Science* 95:1659–1670.
- Muvea, A. M., R. Meyhöfer, S. Subramanian, H.-M. Poehling, E. Ekesi, and N. K. Maniania. 2014.  
Colonization of onions by endophytic fungi and their impacts on the biology of *Thrips tabaci* PLOSone 9:1-7.
- Noma, T., and K. Strickler. 2000.  
Effects of *Beauveria bassiana* on *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) feeding and oviposition. *Environmental Entomology* 29:394-402.
- Ondiaka, S., L. Migiro, M. Rur, G. Birgersson, M. Porcel, B. Ramert, and M. Tasin. 2016.  
Sunflower as a trap crop for the European tarnished plant bug (*Lygus rugulipennis*). *Journal of Applied Entomology* 140:453-461.
- Pickett, J. A., C. M. Woodcock, C. A. O. Midega, and Z. R. Khan. 2014.  
Push-pull farming systems. *Current Opinion in Biotechnology* 26:125-132.
- Pijnakker, J., D. Vangansbeke, M. Duarte, R. Moerkens, and F. L. Wäckers. 2020.  
Predators and parasitoids-in-first: from inundative releases to preventative biological control in greenhouse crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4:38.
- Rodriguez, R. J., J. F. White, A. E. Arnold, and R. S. Redman. 2009.  
Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist* 182:314-330.
- Schouten, A. 2016.  
Mechanisms involved in nematode control by endophytic fungi. Pages 121-142 in J. E. Leach and S. Lindow, editors. *Annual Review of Phytopathology*, Vol 54. Annual Reviews, Palo Alto.
- Šedivý, J., and A. Honěk. 1983.  
Flight of *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae) to a light trap / Anflug der Blindwanze *Lygus rugulipennis* Popp. (Heteroptera, Miridae) an eine Lichtfalle. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz / Journal of Plant Diseases and Protection* 90:238-243.
- Sosa-Gómez, D. R., and F. Moscardi. 1998.  
Laboratory and field studies on the infection of stink bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology* 71:115-120.
- Swezey, S. L., D. J. Nieto, J. R. Hagler, C. H. Pickett, J. A. Bryer, and S. A. Machtley. 2013.  
Dispersion, distribution, and movement of *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) in trap-cropped organic strawberries. *Environmental Entomology* 42:770-778.
- Sword, G. A., A. Tessnow, and M. J. Ek-Ramos. 2017.  
Endophytic fungi alter sucking bug responses to cotton reproductive structures. *Insect Science* 24:1003-1014.

- 
- Tillman, P. G., J. R. Aldrich, A. Khimian, and T. E. Cottrell. 2010.  
Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental Entomology* 39:610-617.
- Toxopeus, J., and B. J. Sinclair. 2018.  
Mechanisms underlying insect freeze tolerance. *Biological Reviews* 93:1891-1914.
- van Steenpaal, S. E. F., M. A. van Slooten, and G. J. Messelink. 2006.  
Signalering en geïntegreerde bestrijding van schadelijke wantsen in de glastuinbouw rapport  
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw.
- Vega, F. E., M. S. Goettel, M. Blackwell, D. Chandler, M. A. Jackson, S. Keller, M. Koike, N. K. Maniania, A. Monzon, B. H. Ownley, J. K. Pell, D. E. N. Rangel, and H. E. Roy. 2009.  
Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology* 2:149-159.
- Vega, F. E., F. Posada, M. C. Aime, M. Pava-Ripoll, F. Infante, and S. A. Rehner. 2008.  
Entomopathogenic fungal endophytes. *Biological Control* 46:72-82.
- Vidal, S., and L. R. Jaber. 2015.  
Entomopathogenic fungi as endophytes: plant-endophyte-herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Current Science* 109:46-54.
- Waller, F., B. Achatz, H. Baltruschat, J. Fodor, K. Becker, M. Fischer, T. Heier, R. Huckelhoven, C. Neumann, D. von Wettstein, P. Franken, and K. H. Kogel. 2005.  
The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:13386-13391.
- Wardle, A. R., J. H. Borden, H. D. Pierce, and R. Gries. 2003.  
Volatile compounds released by disturbed and calm adults of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris*. *Journal of Chemical Ecology* 29:931-944.
- Weber, D. C., W. R. Morrison, A. Khimian, K. B. Rice, B. D. Short, M. V. Herlihy, and T. C. Leskey. 2020.  
Attractiveness of pheromone components with and without the synergist, methyl (2*E*,4*E*,6*Z*)-2,4,6-decatrienoate, to brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology* 113:712-719.
- Woelke, J. B., M. Bouw, A. Cusumano, and G. J. Messelink. 2023.  
*Lygus rugulipennis* on chrysanthemum: Supplemental prey effects and an evaluation of trap plants. *Journal of Applied Entomology* 147:157-166.
- Xu, X. M., C. N. Jay, M. T. Fountain, J. Linka, and J. D. Fitzgerald. 2014.  
Development and validation of a model forecasting the phenology of European tarnished plant bug *Lygus rugulipennis* in the UK. *Agricultural and Forest Entomology* 16:265-272.
- Zhang, N., D. van Wieringen, G. J. Messelink, and A. Janssen. 2019.  
Herbivores avoid host plants previously exposed to their omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Pest Science* 92:737-745.







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



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Rapport WPR-1321

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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