



Geïntegreerde bestrijding van plagen in de sierteelt onder glas

Een systeembenadering met preventieve biologische bestrijding als basis

Gerben Messelink¹, Ada Leman¹, Somayyeh Ghasemzadeh¹, Chantal Bloemhard¹,
Renata van Holstein-Saj¹, Roland Vijverberg¹, Karen Muñoz-Cárdenas² en Paul van Rijn²
1. Wageningen Plant Research, Business Unit Glastuinbouw, 2. Universiteit van Amsterdam

Rapport GTB-1420

Referaat

De bestrijding van plagen zoals in de sierteelt onder glas wordt met het smaller wordende pakket van chemische gewasbeschermingsmiddelen steeds lastiger. Alternatieve manieren van bestrijding met biologische middelen of natuurlijke vijanden biedt perspectief, maar is vaak nog onvoldoende robuust en betrouwbaar. In dit onderzoek is daarom gekeken naar diverse manieren om biologische bestrijdingssystemen van californische trips, *Echinotrips*, wittevlieg en wolluis te verbeteren. Daarbij hebben we vooral gekeken naar de ontwikkeling van preventieve maatregelen die helpen om de vestiging en effectiviteit van natuurlijke vijanden te verhogen met toplagen, alternatief voedsel, artificiële domatia en een bankerplantsysteem. Verder is de interactie tussen sluipwespen en roofkevers bij curatieve bestrijding van wolluis bestudeerd. Tenslotte is een aantal correctiemiddelen voor trips beoordeeld.

Abstract

The control of greenhouse pests in ornamental crops is getting more difficult because of the decreasing number of available pesticides. Alternative methods of pest control, based on biopesticides and natural enemies is promising, but not yet robust and reliable enough. In this project we developed and evaluated several methods to enhance the biological control of western flower thrips, *Echinothrips americanus*, whiteflies and mealybugs. Most studies were focused on preventive control measures that promote the establishment and efficacy of natural enemies by using top layers, alternative food, artificial domatia and a banker plant system. Furthermore we studied the interaction between parasitoids and predatory beetles for curative control of mealybugs. Finally, a number of (bio)pesticides was evaluated for their potential use as a correction tool against western flower thrips.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1420

Projectnummer: 3742181300

PT nummer: 14977

EZ-nummer: BO-25.08-001-019

DOI (doi.library@wur.nl): 10.18174/400783

Dit project/onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het Productschap Tuinbouw en het ministerie van Economische zaken (project "standing army" uit de TKI toeslag).

Disclaimer

© 2016 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR 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

Inhoud

	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Preventieve inzet van roofmijten met behulp van toplagen in alstroemeria: een praktijktest	11
	2.1 Inleiding	11
	2.2 Materiaal en methoden	11
	2.3 Resultaten	13
	2.4 Discussie en conclusies	16
3	De risico's van additioneel voedsel voor de bestrijding van trips	17
	3.1 Inleiding	17
	3.2 Materiaal en methoden	17
	3.2.1 Eileg van trips en roofmijten op 4 voedselbronnen	17
	3.2.2 Effect van stuifmeel op de predatie van trips	17
	3.2.3 Effect van additioneel voedsel op de bestrijding van trips in chrysant	18
	3.3 Resultaten	19
	3.3.1 Eileg van trips en roofmijten op 4 voedselbronnen	19
	3.3.2 Effect van stuifmeel op de predatie van trips	20
	3.3.3 Effect van additioneel voedsel op de bestrijding van trips in chrysant	21
	3.4 Discussie en conclusies	24
4	Effect van stuifmeel en bodemroofmijten op de bestrijding van trips met <i>A. swirskii</i> in roos	25
	4.1 Inleiding	25
	4.2 Materiaal en methoden	26
	4.3 Resultaten	27
	4.4 Conclusies	32
5	Strategie voor inzet van stuifmeel voor de bestrijding van trips met roofmijten	33
	5.1 Inleiding	33
	5.2 Materiaal en methoden	33
	5.3 Resultaten	34
	5.4 Discussie en conclusies	36

6	Vergelijking van Type IV roofmijten gecombineerd met stuifmeel voor de bestrijding van trips in roos	37
6.1	Inleiding	37
6.2	Materiaal en methoden	37
6.2.1	Laboratoriumtesten met stuifmeel	37
6.2.2	Kasproef in roos met verschillende roofmijten	38
6.2.3	Ontwikkeling roofmijten bij hoge en lage luchtvochtigheid	38
6.3	Resultaten	39
6.3.1	Laboratoriumtesten met stuifmeel	39
6.3.2	Kasproef in roos met verschillende roofmijten	41
6.3.3	Ontwikkeling roofmijten bij hoge en lage luchtvochtigheid	42
6.4	Discussie en conclusies	43
7	Modelvoorspellingen voor gebruik van additioneel voedsel	45
7.1	Inleiding	45
7.2	Modelopbouw en aannames	45
7.3	Scenarioberekeningen	46
7.4	Resultaten	47
7.4.1	Rover/prooi-ratio's	47
7.4.2	Effect stuifmeel-kwaliteit	48
7.4.3	Stuifmeel versus Artemia	49
7.4.4	Ander type roofmijten	50
7.4.5	Invloed gewas (via de groeisnelheid van trips)	51
7.5	Discussie en conclusies	54
8	Effecten van stuifmeel op de bestrijding van <i>Echinothrips</i> met roofmijten	55
8.1	Inleiding	55
8.2	Materiaal en methoden	56
8.2.1	Predatietesten in het laboratorium	56
8.2.2	Kasproef met <i>A. swirskii</i> en <i>E. gallicus</i>	56
8.2.3	Kasproef met <i>A. swirskii</i> en <i>E. ovalis</i>	57
8.3	Resultaten	57
8.3.1	Predatietesten in het laboratorium	57
8.3.2	Kasproef met <i>A. swirskii</i> en <i>E. gallicus</i>	58
8.3.3	Kasproef met <i>A. swirskii</i> en <i>E. ovalis</i>	59
8.4	Discussie en conclusies	61
9	Alternatieve voedselbronnen voor <i>Orius</i>	63
9.1	Inleiding	63
9.2	Materiaal en methoden	64
9.3	Resultaten	65
9.4	Discussie en conclusies	66

10	Artificiële domatia voor roofmijten	67
10.1	Inleiding	67
10.2	Materiaal en methoden	68
10.2.1	Effect van domatia op roofmijten bij verschillende luchtvochtigheden	68
10.2.2	Selectie van kunstmatige domatia	68
1.1.2	Kasproef met Anthurium en Spathiphyllum	69
10.3	Resultaten	70
10.3.1	Effect van domatia op roofmijten bij verschillende luchtvochtigheden	70
10.3.2	Selectie van kunstmatige domatia	71
1.1.3	Kasproef met Anthurium en Spathiphyllum	71
10.4	Discussie en conclusies	73
11	Een bankerplantsysteem voor Delphastus tegen wittevlies	75
11.1	Inleiding	75
11.2	Materiaal en methoden	76
11.3	Resultaten	76
11.4	Discussie en conclusies	78
12	Curatieve bestrijding van wolluis met sluipwespen en roofkevers	79
12.1	Inleiding	79
12.2	Materiaal en methoden	80
12.3	Resultaten	80
12.4	Discussie en conclusies	82
13	Evaluatie van correctiemiddelen tegen trips	83
13.1	Inleiding	83
13.2	Materiaal en methoden	83
13.3	Resultaten	84
13.4	Discussie en conclusies	88
14	Aanbevelingen	89
	Literatuur	91

Samenvatting

De bestrijding van plagen in de sierteelt onder glas wordt door de verminderde beschikbaarheid van effectieve chemische gewasbeschermingsmiddelen steeds lastiger. Alternatieve manieren van bestrijding met biologische middelen of natuurlijke vijanden biedt perspectief, maar is vaak nog onvoldoende robuust en betrouwbaar. In dit onderzoek is daarom gekeken naar diverse manieren om biologische bestrijdingssystemen van californische trips, *Echinotrips*, wittevlug en wolluis te verbeteren. Daarbij hebben we vooral gekeken naar de ontwikkeling van preventieve maatregelen die helpen om de vestiging en effectiviteit van natuurlijke vijanden te verhogen met toplagen, alternatief voedsel, artificiële domatia en een bankerplantsysteem. Het idee is daarbij om de robuustheid van biologische bestrijding te verhogen door de permanente vestiging en hoge dichtheden van natuurlijke vijanden, ook wel het 'standing-army-principe' genoemd. Verder is de interactie tussen sluipwespen en roofkevers bij curatieve bestrijding van wolluis bestudeerd. Tenslotte is een aantal correctiemiddelen voor trips beoordeeld.

Het aanbrengen van een toplaag van zemelen en gist in alstroemeria kon over een periode van 10 weken de dichtheden van roofmijten in de bodem verhogen. Echter, in tegenstelling tot eerdere proeven met toplagen, werd er géén verhoogde dichtheid van *Neoseiulus cucumeris* in de bodem of in het gewas gevonden. De strooisellagen werden volledig gedomineerd door spontaan voorkomende bodemroofmijten, waarvan ca. 90 procent behoorde tot de soort *Lasioseius fimetorum*. Blijkbaar kunnen de toplagen dus niet voor een lange periode de *N. cucumeris* ondersteunen als er ook bodemroofmijten voorkomen die de kleinere *N. cucumeris* wegconcurreren. Wat hiervan de gevolgen voor de bestrijding van trips zijn is niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat 30 tot 50 keer zo hoge dichtheden van bodemroofmijten gunstig is voor de bestrijding van tripspoppen in de bodem.

Een andere manier om roofmijten in het gewas te ondersteunen is het aanbrengen van voedsel op de planten. Het risico hiervan is dat dit alternatieve voedsel de roofmijten kan afleiden van de te bestrijden plaag en dat het ook een voedselbron is voor californische trips. In laboratoriumstudies hebben we inderdaad laten zien dat de eileg van trips gemiddeld 3x zo hoog is in aanwezigheid van stuifmeel en Ephestia-eieren dan op chrysantenblad zonder deze voedselbronnen en dat tegelijkertijd de hoeveelheid tripslarven die roofmijten per dag eten, werd gehalveerd door de aanwezigheid van stuifmeel. De verwachting was dan ook dat bij een relatief lage roofmijntintroductie en hoge tripsdichtheid het voedsel zou leiden tot verhoogde tripsdichtheden. Deze trend was ook duidelijk waarneembaar in de kasproef met chrysant, maar door de snelle populatiegroei van roofmijten in aanwezigheid van het additionele voedsel leidde dit al na 3 weken in een verbeterde bestrijding van trips. De beste resultaten werden behaald met lisdoddestuifmeel, terwijl deze voedselbron ook de hoogste eileg gaf bij trips. Dit suggereert dat de voedingswaarde voor trips uiteindelijk niet zo belangrijk is, maar dat de voedingswaarde voor roofmijten veel bepalender is voor het resultaat van de bestrijding.

De strategie van het bijvoeren van roofmijten met stuifmeel is verder onderzocht in een serie kasproeven met verschillende roofmijtsoorten in roos. Het toevoegen van lisdoddestuifmeel aan de roofmijt *Amblyseius swirskii* gaf een aanzienlijke verbetering van de bestrijding van trips ten opzichte van behandelingen zonder stuifmeel. Ook bleek dat het beter is om door te gaan met het wekelijks bijvoeren van de roofmijt *A. swirskii* in het gewas op het moment dat trips komt opzetten, tenzij de tripsdruk erg hoog is en de roofmijtaantallen erg laag zijn. Doorgaan met bijvoeren resulteerde in een meer stabiele en verhoogde roofmijtdichtheid en tot een verbeterde bestrijding van trips. Bodemroofmijten kunnen gecombineerd met een toplaag worden toegevoegd aan behandelingen met *A. swirskii*, maar de bijdrage aan de bestrijding van trips met *A. swirskii* in combinatie met stuifmeel was beperkt.

Zonder toepassing van stuifmeel was de toegevoegde waarde groter. Naast *A. swirskii* is het effect van stuifmeel op verschillende zogenaamde "Type IV roofmijten" getest. De soorten *Iphiseius degenerans*, *Euseius ovalis*, *Euseius gallicus* en *Euseius stipulatus* konden zich beter op stuifmeel ontwikkelen dan de generalistische roofmijt (Type III) *A. swirskii*. In een kasproef op roos werden gedurende de hele proefperiode de hoogste populatiedichtheden bereikt bij de roofmijten *E. ovalis* en *I. degenerans*, maar vooral *E. ovalis* viel op door de extreem hoge dichtheden in de laatste weken. Echter de beste bestrijding werd behaald met *I. degenerans*. Een onbedoelde hittepiek heeft mogelijk effect gehad op de resultaten. Het is bekend dat deze roofmijt relatief goed bestand is tegen lage luchtvochtigheden.

Een klimaatcelproef bij verschillende luchtvochtigheden liet zien dat deze roofmijt net als *I. degenerans* redelijk goed bestand is tegen lage luchtvochtigheden. Dat kan verklaren dat deze roofmijt zich ook beter vestigde dan bijvoorbeeld *E. gallicus*, terwijl op basis van de eilegtesten er juist een hoge dichtheid van *E. gallicus* te verwachten was. Aansluitend op de verschillende kasproeven met alternatief voedsel zijn modelberekeningen uitgevoerd om verschillende scenario's van bijvoeren door te rekenen. Op basis daarvan kunnen we concluderen dat de voedingswaarde van het alternatief voedsel voor roofmijten belangrijker is dan die voor trips. Zelfs stuifmeel dat relatief gunstig is voor trips kan nog steeds de tripsbestrijding verbeteren. Een andere belangrijke conclusie was dat roofmijten die zich sneller op stuifmeel ontwikkelen dan *A. swirskii*, maar tegelijkertijd minder trips per individu consumeren, tijdelijk een hogere tripsdichtheid geven, maar op iets langere termijn tot een evengoed of beter bestrijdingsresultaat leiden.

Naast californische trips is de inzet van stuifmeel ook gunstig voor de bestrijding van *Echinothrips*. Deze trips blijkt zelf niet te eten van het stuifmeel, waardoor er geen risico is van verhoogde tripsdichtheden door het alternatieve voedsel. De roofmijt *A. swirskii* gaf een betere bestrijding van *Echinothrips* in aanwezigheid van stuifmeel dan zonder stuifmeel. Op basis van de predatietesten in het laboratorium lijkt *Amblydromalus limonicus* de meest geschikte roofmijt te zijn voor de bestrijding van trips. Daarnaast gaf ook *E. ovalis* een goede bestrijding en een bijkomstig voordeel van deze roofmijt is de snelle ontwikkeling op stuifmeel. De roofmijt *E. gallicus* consumeerde nauwelijks *Echinothrips* en gaf op planten geen bestrijding van *Echinothrips*, zelfs niet bij zeer hoge dichtheden door het bijvoeren met stuifmeel. Al met al blijft de inzet van roofmijten dus maatwerk en is het resultaat afhankelijk van de aanwezige plagen, het type gewas, het teeltklimaat en keuze om wel of geen stuifmeel toe te dienen.

Naast roofmijten kunnen ook andere biologische bestrijders ondersteund worden met voedsel. De levensduur van de roofwants *Orius laevis* kon goed verlengd worden met prooimijten en bijenpollen en de specialistische wittevliegpredator *Delphastus catalinae* kon zich prima ontwikkelen op een niet-schadelijke wittevliegsoort die gebruikt kan worden in een bankerplantsysteem.

Natuurlijke vijanden hebben voor een goede vestiging in gewassen niet alleen behoefte aan voedsel, maar ook aan schuilplekken en geschikte plekken om hun eieren af te zetten. Voor roofmijten zijn domatia erg belangrijk. Natuurlijke domatia bleken een aanzienlijk effect te hebben op de overleving van de roofmijt *A. swirskii* bij een relatieve luchtvochtigheid van 64%. Bij deze waarde werden meer dan 2x zoveel nakomelingen gevonden op bladeren met domatia dan zonder domatia. Bij hoge luchtvochtigheden was dit voordeel er niet, wat suggereert dat de domatia lokaal zorgen voor een beter microklimaat, waardoor er minder sterfte is van de gevoelige roofmijtstadia. Bij een extreem lage luchtvochtigheid werkten de domatia niet meer en werd er geen hogere overleving van roofmijten gevonden. In een proef met potplanten verbeterde de vestiging van roofmijten wanneer kunstmatige domatia (jutetouw en gierstkaf) werden toegevoegd aan de planten.

Bij de inzet van meerdere soorten bestrijders is het ook belangrijk om te weten of er versturende interacties zijn tussen de natuurlijke vijanden. Uit ons onderzoek werd duidelijk dat de wolluiskever *Cryptolaemus montrouzieri* de effectiviteit van de sluipwesp *Anagyrus pseudococci* in kooien kan verminderen. Verder onderzoek zou zich kunnen richten op het uitwerken en ontwikkelen van nieuwe methoden om tot een standing army van bestrijders te komen in kasteelten, waarbij gelet moet worden op interacties tussen bestrijders. Verder is het aan te bevelen om de selectie van nieuwe biologische bestrijders te doen op basis van de prestaties met alternatieve voedselbronnen. Ook kan het type natuurlijke vijanden veranderen op basis van deze standing-army-benadering. De selectie zal meer verschuiven van specialistische natuurlijke vijanden naar generalistische of omnivore predatoren die zich goed kunnen handhaven op alternatieve voedselbronnen, waardoor preventieve inzet beter gerealiseerd kan worden.

Tot slot, biologische bestrijding zal gecombineerd moeten worden met plantweerbaarheid en selectieve correctiemiddelen. Met name de ontwikkeling van weerbare planten is een uitdagende, maar kansrijke richting waarbij nog veel onderzoek en ontwikkeling nodig is. Er liggen bijvoorbeeld kansen om endofytische schimmels en bacteriën en microbiologische gemeenschappen in het wortelmilieu in te zetten om planten weerbaarder te maken tegen plagen (en ziekten) en om dit te integreren met biologische bestrijders op het gewas. De combinatie van deze maatregelen kan leiden tot robuuste en weerbare teeltsystemen die in de toekomst minder afhankelijk zijn van inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen.

1 Inleiding

In de sierteelt onder glas zijn trips, wittevlies, wol- en schildluis de meest lastig te bestrijden plagen (Messelink 2014). Het pakket chemische middelen voor deze plagen is de laatste jaren steeds kleiner geworden. Bovendien werken sommige middelen niet goed meer door resistentieontwikkeling bij de plaag (vooral bij trips). Tenslotte is het aantal toepassingen van de huidige toegestane middelen sterk beperkt met de heretikettering van alle gewasbeschermingsmiddelen. Het is dus van groot belang om aan alternatieven voor chemische bestrijding te werken. Door integratie van verschillende maatregelen wordt de bestrijding robuuster en is de afhankelijkheid van chemische middelen minder groot. Binnen de koepel PPS (publiek-private samenwerking) van de topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen wordt een geïntegreerde aanpak beschreven. Deze bestaat uit 4 onderzoekslijnen, te weten 1) weerbaar gewas, 2) robuuste weerbare teeltsystemen, 3) slimme en innovatieve technologieën en 4) effectief en duurzaam middelenpakket (Figuur 1.1). Bij de plaagbestrijding ontbreekt tot nu toe aan voldoende effectieve preventieve maatregelen die gewassen weerbaar maken tegen plagen. Een veelbelovende methode om die weerbaarheid te verhogen is de inzet van generalistische natuurlijke vijanden die zich permanent vestigen in een gewas (een "standing army") doordat ze zich ook kunnen voeden met alternatieve prooien of alternatief voedsel zoals stuifmeel en plantensap. Dit kunnen roofwantsen zijn van de familie Miridae en Anthocoridae en roofmijten (Type III en IV). De vestiging en populatiegroei kan bij deze generalisten ondersteund worden met alternatief of additioneel voedsel. Naast de preventieve biologische bestrijding, kunnen natuurlijke vijanden ook curatief worden ingezet. Dit gebeurt vaak met specialistische natuurlijke vijanden die snel kunnen reageren op een plaaguitbraak. Ook bij deze manier van bestrijding is er behoefte om de werking van deze bestrijders te verbeteren. Naast de preventieve en curatieve bestrijding met natuurlijke vijanden is er grote behoefte aan integreerbare en effectieve correctiemiddelen. Doordat er vaak meerdere plagen (en ziekten) aanwezig zijn in een gewas is het van groot belang middelen te kunnen inzetten die de bestrijding van andere plagen en ziekten niet verstoort door ongewenste neveneffecten. Bovendien hebben biologische bestrijders vaak maar een beperkt effect, waardoor het zeer wenselijk is om correctiemiddelen te hebben die aanvullend en integreerbaar zijn.

Co-innovatie Agenda Plantgezondheid



**Het Nieuwe Doen
in Plantgezondheid**
2012-2027

Figuur 1.1 Pijlers van de koepel PPS "het nieuwe doen in plantgezondheid".

In dit project is getracht de geïntegreerde bestrijding in de sierteelt verder te ontwikkelen door te werken aan 3 onderzoeksvelden:

- a. Preventieve biologische bestrijding met een "standing army" van natuurlijke vijanden.
- b. Curatieve biologische bestrijding.
- c. Integreerbare middelen.

Onderzoek voor onderdeel A, "Preventieve biologische bestrijding" was gericht op:

- Preventieve inzet van roofmijten met behulp van toplagen in alstroemeria.
- Screening van verschillende voedselbronnen voor roofmijten in chrysant.
- Preventieve inzet van roofmijten in roos met inzet van stuifmeel.
- Vergelijking van Type IV roofmijten in roos.
- Preventieve bestrijding van *Echinothrips* met roofmijten.
- Screening van voedselbronnen op geschiktheid voor verlengde eileg van Orius in chrysant.
- Testen van artificiële domatia voor roofmijten in potplanten.
- Testen van alternatieven prooien voor een bankerplantsysteem met Delphastus tegen wittevlug.

Voor onderdeel B "curatieve biologische bestrijding" is een kasproef in roos met de roofkever *Cryptolaemus montrouzieri* en de sluipwesp *Anagyrus pseudococchi* uitgevoerd om te bepalen of er antagonistische of additieve effecten zijn bij de bestrijding van citruswolluis.

Voor onderdeel C "Integreerbare middelen" zijn verschillende middelen getest tegen de californische trips in chrysant.

Dit onderzoek is tot stand gekomen door financiering van het productschap tuinbouw (project 14977: Geïntegreerde bestrijding van plagen in de sierteelt onder glas) en het ministerie van economische zaken (Topsector project BO-25.08-001-019, "Standing Army").

2 Preventieve inzet van roofmijten met behulp van toplagen in alstroemeria: een praktijktest

2.1 Inleiding

Voorafgaand aan dit project is een aantal experimenten gedaan met toplagen bestaande uit zemelen, gist, bark en schimmel-etende mijten (Grosman *et al.* 2014). Deze toplagen blijken niet alleen bodempredatoren, maar ook roofmijten in het gewas te kunnen voorzien van voedsel. Blijkbaar migreren deze roofmijten heen en weer tussen de bodem en de plant. Deze manier van voedselvoorziening is bijzonder interessant voor gewassen waar roofmijten zich moeilijk vestigen. In alstroemeria toen mooie resultaten behaald: trips werd beter bestreden in vakken met een toplaag dan in vakken zonder zo'n toplaag. De roofmijt *Neoseiulus cucumeris* presteerde daarbij beter dan *Amblyseius swirskii*. Het onderzoek vond toen plaats in een periode van 8 weken. In dit onderzoek is gekeken of toplagen ook over een langer periode kunnen bijdragen aan de vestiging van roofmijten in het gewas. Het onderzoek is uitgevoerd op een praktijkbedrijf met kokos als teeltsubstraat.

2.2 Materiaal en methoden

Bij alstroemeriateler Gert van Daalen in Brakel zijn in week 11 en 12 van 2015 bij de aanplanting van 5 nieuwe kappen van elk 300 m² met alstroemeria (cv Intenze Pink, 4planten/m²) op kokossubstraat (60% fijne kokos, 40% kokosvezels) de volgende behandelingen aangebracht:

Kap 1: taxuskevercompost (met BIO1020): 0.5 cm laag

Kap 2: groencompost, 0.5 cm laag

Kap 3: bosstrooisel, 1.5 cm laag

Kap 4: volvelds zemelen en gist, 1.5 cm laag

Kap 5: zemelen en gist bij randen, 2 cm bij de randen

Figuur 2.1 geeft het beeld weer van de strooisellagen kort na het aanbrengen. De zemelen werden gemixt met bakkersgist in een gewichtsverhouding van 40:1. Ieder kap bestond uit 5 bedden van 0.5*37m, dus een netto oppervlakte van 92 m². In week 13 is de roofmijt *Neoseiulus cucumeris* in alle bedden ingezet in een dichtheid van 500/m². Bij het uitstrooien is er voor gezorgd dat er gemiddeld 400x zoveel voermijten als roofmijten aanwezig waren. De voermijt was in dit geval *Tyrophagus putrescentiae*. Na het toevoegen van de roofmijten werden de bedden afgedekt met een laag styromull. De inzet van roofmijten werd herhaald in week 20. Vervolgens is ieder 4 weken 1 kweekzakje met *N. cucumeris* per 5m² opgehangen, wat neerkomt op ongeveer 200 roofmijten/m². In week 24 is vervolgens bij iedere strooisellaag de bodemfauna geanalyseerd door per behandeling 3 monsters van elk 500 ml te nemen. Een monster van 500 ml was het samenvoegsel van 8 deelmonsters van 60-70 ml van willekeurig gekozen plekken uit de strooisellaag (onder het de styromull). De aanwezige springstaarten en mijten werden geëxtraheerd met Tullgren-apparaat en vervolgens geïdentificeerd onder een microscoop. Van de volwassen roofmijten zijn preparaten gemaakt voor determinaties tot op soortniveau. Om een indruk te krijgen van de tripsdichtheid per kap is van week 23 tot en met 27 bij iedere kap het aantal tripsen per 10 vangplaten geteld (Figuur 2.2). De tripsen op de vangplaten zijn niet gedetermineerd, maar op het bedrijf kwam zowel de tabakstrips als de californische trips voor. Daarnaast zijn in ieder kap takken geplukt om te het aantal trips en roofmijten per tak te beoordelen. Er is bemonsterd op 10 juni en 26 augustus. Per vak 10 takken en in 3 herhalingen, dus 30 takken per behandeling.



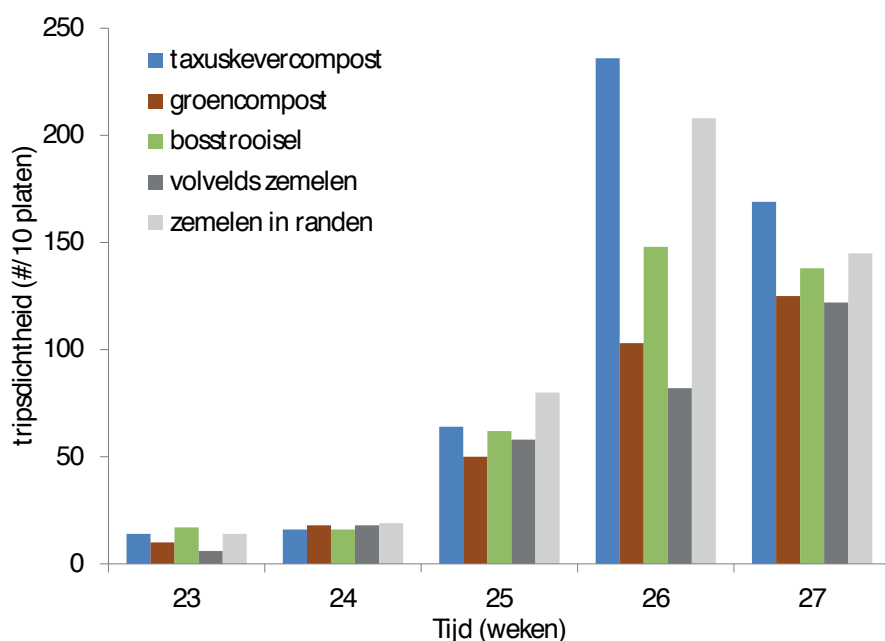
Figuur 2.1 Verschillende strooiselbehandelingen bij een nieuwe teelt van alstroemeria met van links een strookbehandeling van zemelen, in het midden een volveldse strooisellaag van zemelen en rechts bosstrooisel.



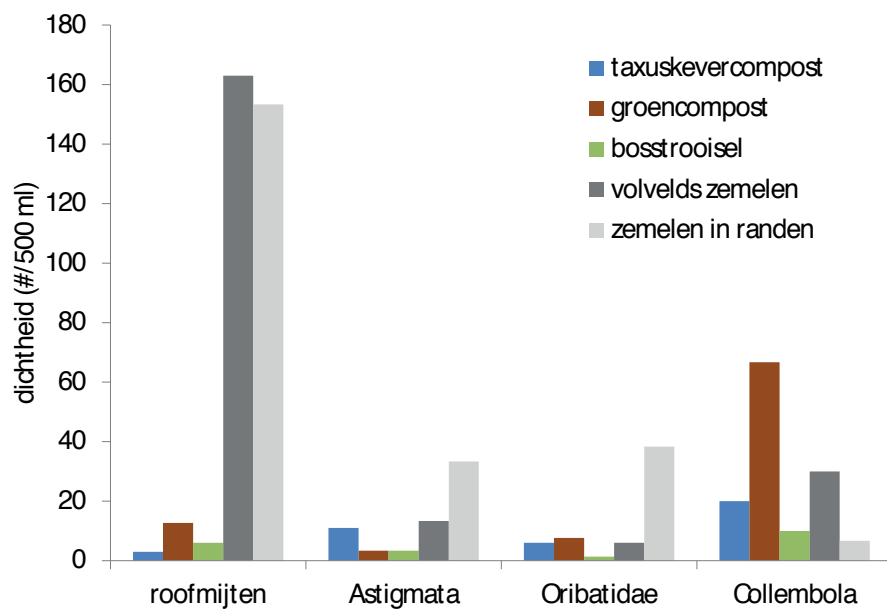
Figuur 2.2 Volgroeid alstroemeria-gewas in de kappen met strooisellagen met vangplaten voor het tellen van de tripsdichtheden.

2.3 Resultaten

De tripsdichtheden waren relatief laag aan het begin van de teelt, maar namen eind juni en begin juli geleidelijk toe in alle vakken (Figuur 2.3). Aangezien de proef geen echte herhalingen had en de vakken niet fysiek gescheiden waren, kan weinig gezegd worden over de effecten op trips. De vangplaattellingen laten wel een trend zien van de laagste tripsdichtheden in de kap met volveldse behandeling van zemelen. In week 27 is dat effect echter verdwenen en liggen de dichtheden in alle kappen dicht bij elkaar. De bodemfauna-analyses geven aan dat er duidelijke verschillen zijn tussen de behandelingen. De aantallen oribatidae (mosmijten) en astigmata (schimmeletende mijten, waaronder *T. putrescentiae*) zijn beduidend hoger in de behandelingen met zemelen dan in de andere strooisellaagbehandelingen (Figuur 2.4). De verschillen waren het meest duidelijk voor de groep van roofmijten. Het aantal roofmijten in de zembelbehandelingen was gemiddeld 30 tot 50 keer zo hoog als in de andere behandelingen. Of daarbij de zemelen volvelds of in stroken was aangebracht, maakte niet zoveel uit. De meest dominante roofmijt in deze behandelingen was *Lasioseus fimetorum* (Figuur 2.5), een relatief kleine bodemroofmijt die zich ook met tripspoppen kan voeden (Enkegaard & Brodsgaard 2000). De uitgezette roofmijt *N. cucumeris* werd maar een enkele keer teruggevonden in de bodem. Verder werd een aantal wat grotere roofmijten gevonden waarvan ook bekend is dat ze zich met tripspoppen voeden, zoals *Stratiolaelaps scimitus*, *Gaeolaelaps aculeifer* en *Macrocheles robustulus* (Figuur 2.5). Bij het beoordelen van de takken werden géén trips of roofmijten waargenomen.



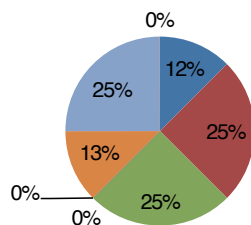
Figuur 2.3 Wekelijkse vangsten van trips per 10 vangplaten bij 5 kappen met verschillende strooiselbehandelingen in alstroemeria.



Figuur 2.4 Gemiddelde dichtheden van collembola en mijten per 500 ml strooisellaag in alstroemeria in week 24.

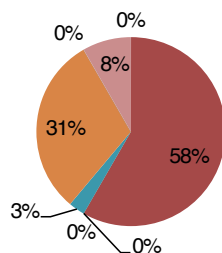
taxuskevercompost (n=8)

- Neoseiulus cucumeris
- Lasioseius fimetorum
- Ameroseius sp.
- Parasitus sp.
- Hypoaspis sp.
- Gaeolaelaps aculeifer
- Stratiolaelaps scimitus
- Macrocheles robustulus

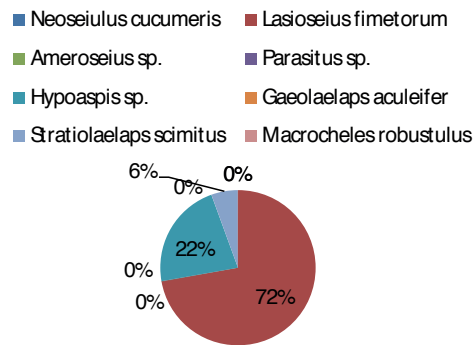


groencompost (n=36)

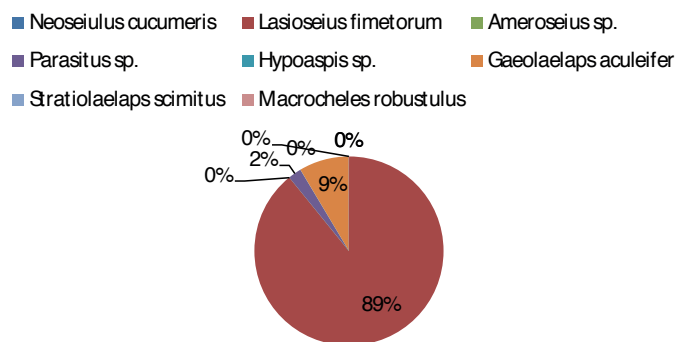
- Neoseiulus cucumeris
- Lasioseius fimetorum
- Ameroseius sp.
- Parasitus sp.
- Hypoaspis sp.
- Gaeolaelaps aculeifer
- Stratiolaelaps scimitus
- Macrocheles robustulus



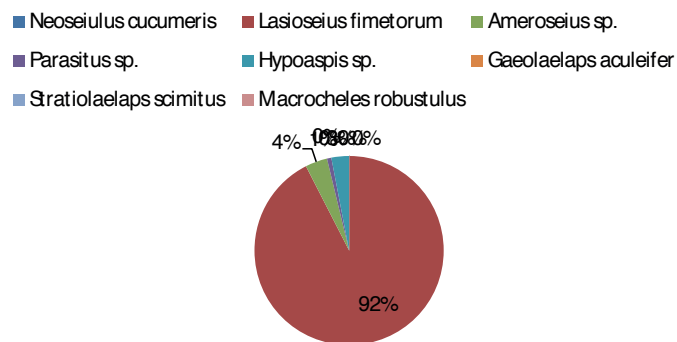
bosstrooisel (n= 18)



volveldszemelen (n = 175)



zemelen randen (n = 133)



Figuur 2.5 Relatieve dichtheid van verschillende soorten bodemroofmijten in 5 verschillende strooisellagen in alstroemeria in week 24.

2.4 Discussie en conclusies

Deze praktijkproef laat duidelijk zien dat het aanbrengen van een toplaag van zemelen en gist over een periode van 10 weken de dichtheden van roofmijten in de bodem kan verhogen. Echter, in tegenstelling tot eerdere proeven met toplagen, werd er géén verhoogde dichtheid van *N. cucumeris* in de bodem of in het gewas gevonden. Sterker nog, deze roofmijt was nauwelijks terug te vinden. De strooisellagen werden volledig gedomineerd door spontaan voorkomende bodemroofmijten, waarvan ca. 90 procent behoorde tot de soort *L. fimetorum*. Blijkbaar kunnen de toplagen dus niet voor een lange periode de *N. cucumeris* ondersteunen als er ook bodemroofmijten voorkomen die de kleinere *N. cucumeris* wegconcurreren al dan niet gecombineerd met intraguild predatie. Wat hiervan de gevolgen voor de bestrijding van trips zijn is niet duidelijk, maar het is aannemelijk dat 30 tot 50 keer zo hoge dichtheden van bodemroofmijten gunstig is voor de bestrijding van tripspoppen in de bodem. Een kanttekening bij deze methode is dat niet uitgesloten kan worden dat de voermijt *T. putrescentiae* in sommige gevallen ook gewasschade kan geven. Het is bijvoorbeeld bekend dat ze dit kunnen doen bij jonge komkommerplanten. Jonge alstroemeria-planten zouden hier ook vatbaar voor kunnen zijn. Om dit potentiële risico te vermijden kan gekozen worden om met andere voermijten te werken zoals *Carpoglyphus lactis* of *Acarus siro*. Samenvattend kunnen we concluderen dat toplagen op de korte termijn de bestrijding van trips met *N. cucumeris* kunnen verbeteren (eerder werk Grosman *et al.* (2014)), maar dat op de langere termijn (>10 weken) de kans groot is dat de toplagen worden overgenomen door bodemroofmijten, die op hun beurt ook kunnen bijdragen aan de bestrijding van tripspoppen in de bodem.

3 De risico's van additioneel voedsel voor de bestrijding van trips

3.1 Inleiding

De bijvoeren van populaties natuurlijke vijanden in teeltsystemen heeft de laatste jaren steeds meer aandacht gekregen (Wade *et al.* 2008; Messelink *et al.* 2014). Dit is vooral een goede methode om generalistische predatoren vroegtijdig te laten vestigen wanneer plagen nog niet, of in zeer lage dichtheden aanwezig zijn. Er is echter ook een risico verbonden aan de inzet van alternatief voedsel. Ten eerste kan het de predatoren verzadigen en afhouden van de te bestrijden plaag. Dit zijn vaak korte termijn effecten die op de lange termijn weer worden goed gemaakt door de verhoogde dichtheden van de rovers. Een ander risico is dat de voedselbron zelf ook eetbaar is voor de plaag. Dit is al snel het geval bij de californische trips, *Frankliniella occidentalis*. Deze trips is eigenlijk een omnivoor en eet niet alleen van de plant, maar ook van dierlijke prooien (zoals spint, wittevlies en roofmijteieren) (Trichilo & Leigh 1986; Faraji *et al.* 2002b; van Maanen *et al.* 2012). Het lijkt daarom verstandig om voedselbronnen te selecteren met een zo hoog mogelijke voedingswaarde voor de predator en een zo laag mogelijke voedingswaarde voor trips. In deze studie hebben we een aantal voedselbronnen vergeleken voor de roofmijt *Amblyseius swirskii* en de californische trips. Daarbij zijn de volgende zaken onderzocht:

1. De eileg van de roofmijt en trips op deze voedselbronnen.
2. Het effect van voedsel op de dagelijkse predatie van trips.
3. Effect van voedsel op de bestrijding van trips bij verschillende ratio's van roofmijt-trips.

3.2 Materiaal en methoden

3.2.1 Eileg van trips en roofmijten op 4 voedselbronnen

Voor dit onderzoek zijn 4 voedselbronnen geselecteerd: 1) stuifmeel van de grote lisdodde 2) suikermaispollen, 3) meelmoteieren (Ephestia) en 4) Artemia-cysten. Het stuifmeel was 10 maanden oud en opgeslagen in de vriezer bij -20 °C. De Ephestia-eieren waren afkomstig van Biobest en de Artemia van Smulders wholesale (Artemia quick HS aqua). De eileg van *A. swirskii* vrouwtjes is uitgevoerd op paprikabladdopsonen met een diameter van 2.5 cm op met water verzadigd katoen. Per voedselbron zijn 20 jonge roofmijtvrouwtjes afzonderlijk getest. De eileg werd gemeten gedurende 3 dagen, waarbij de eileg van de eerste dag werd weggelaten om de invloed van het kweekdieet te kunnen uitsluiten. De eileg van tripsvrouwtjes met en zonder alternatief voedsel is gemeten op chrysantenbladeren (cv Euro White) op wateragar in met insectengaas afsluitbare plastic bakjes van 5 bij 6 cm. Iedere 3 dagen werd een het vrouwtje overgeplaatst naar een nieuw bakje met een nieuw blad. Na 1 week werd het aantal uitgekomen larven per blad beoordeeld. De eileg werd gedurende 15 dagen gemeten. Totaal waren er 12 herhalingen per behandeling. Alle testen met roofmijten en trips zijn uitgevoerd in een klimaatkast bij 25 °C, 70% RV en 16 uur licht per dag.

3.2.2 Effect van stuifmeel op de predatie van trips

In het laboratorium is beoordeeld wat het effect van lisdoddestuifmeel is op de dagelijkse predatie van trips door *A. swirskii*. Dit is uitgevoerd in klein plastic cupjes van 25 ml met daarin een laagje wateragar met een paprikabladdopson met een diameter van 3 cm. Per bakje werden 8 L1 larven van trips aangebracht, 4 mg lisdoddestuifmeel of de combinatie. Per behandeling zijn 10 herhalingen ingezet. De predatie van trips en de eileg van roofmijten werd gedurende 3 dagen dagelijks beoordeeld, waarbij de mijten ook dagelijks op een nieuwe bladdopson zijn geplaatst met weer de zelfde behandelingen. De proef is uitgevoerd onder dezelfde condities als de vorige eilegproef.

3.2.3 Effect van additioneel voedsel op de bestrijding van trips in chrysant

De invloed van additioneel voedsel op de bestrijding van trips is getest op niet-bloeiende chrysantenplanten (cv Eurowhite) op 3 teelttafels in een kasafdeling van 24 m². De experimentele eenheid bestond uit een 36-cm-diameter pot met veen en één chrysantenplant afkomstig van 6 chrysantenstekken. Ieder pot was afgedekt met een cilindervormige plexiglas insectenkooi (Figuur 3.1). De bestrijding van trips met roofmijten is getest bij lage en hoge (10 en 50 vrouwtjes/pot) introductiedichtheid van roofmijten. Totaal waren er de volgende 9 behandelingen in 4 herhalingen:

- a. Onbehandeld (alleen trips).
- b. Lage dichtheid *A. swirskii* (10 vrouwtjes).
- c. Hoge dichtheid *A. swirskii* (50 vrouwtjes).
- d. Lisdoddestuifmeel + roofmijten laag.
- e. Lisdoddestuifmeel + roofmijten hoog.
- f. Maisstuifmeel + roofmijten laag.
- g. Maisstuifmeel + roofmijten hoog.
- h. Ephestia-eieren + roofmijten laag.
- i. Ephestia-eieren + roofmijten hoog.

Trips werd twee keer geïntroduceerd met een interval van een week in een dichtheid van 5 tripsvrouwtjes per kooi. Roofmijten zijn eenmalig ingezet op dezelfde dag als de tweede tripsintroductie. De verschillende voedselbronnen zijn kort daarna aangebracht door per plant 0.125 gram met een kwast gelijkmatig te verdelen over de bladeren. Na twee weken is dit herhaald. De trips- en roofmijtdichtheden zijn vervolgens gedurende 8 weken wekelijks gevolgd door 12 bladeren per plant te plukken en te beoordelen onder een binoculair. Direct na deze beoordeling werden de bladeren weer teruggeplaatst in de kooien. De gemiddelde kastemperatuur tijdens het experiment was 20.2 °C en de luchtvochtigheid 68%. In de kooien was de luchtvochtigheid waarschijnlijk iets hoger.

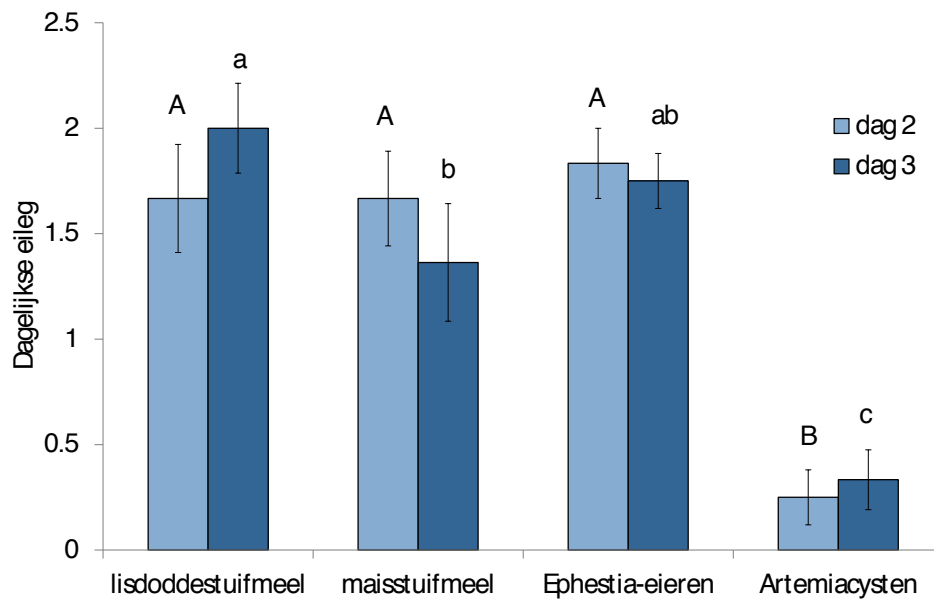


Figuur 3.1 Opzet kasproef met chrysantenplanten in insectenkooien voor het testen van het effect van alternatief voedsel op de bestrijding van trips.

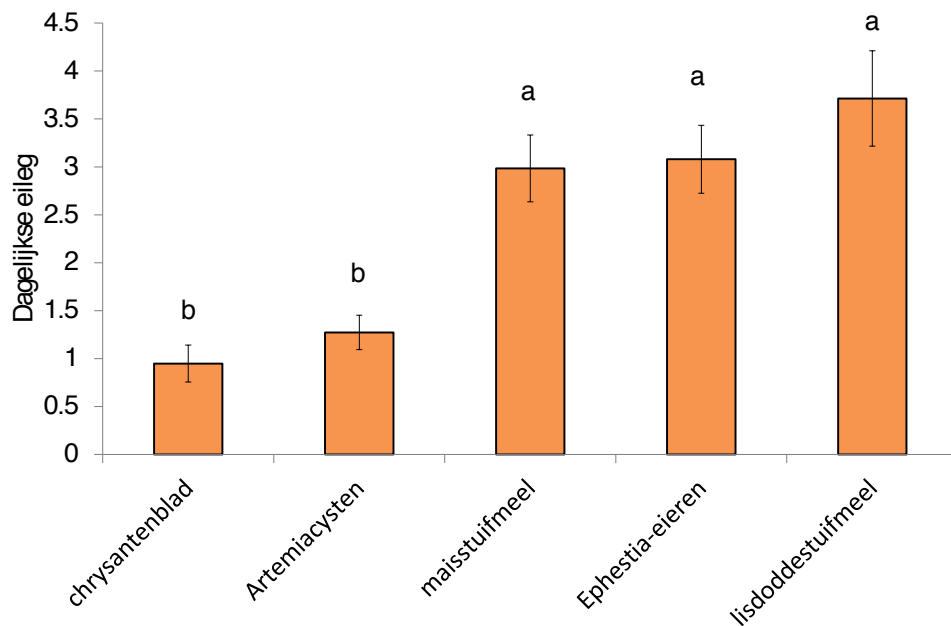
3.3 Resultaten

3.3.1 Eileg van trips en roofmijten op 4 voedselbronnen

De twee soorten stuifmeel en Ephestia-eieren zijn voor zowel *A. swirskii* als voor californische trips een goede voedselbron (F. 3.2 en 3.3). Gemiddeld was de eileg van trips op chrysantenblad met deze voedselbronnen 3x zo hoog ten opzichte van de eileg op chrysantenblad zonder deze voedselbronnen (Figuur 3.3). Artemiacysten was voor zowel de roofmijten als trips géén geschikte voedselbron. Lisdoddestuifmeel geeft bij zowel roofmijten als trips de hoogste eileg.



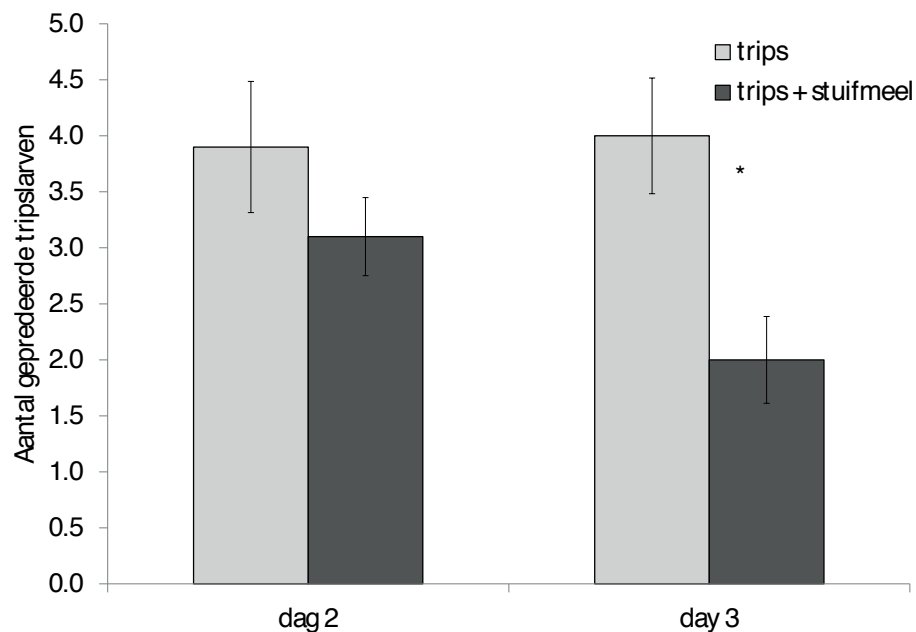
Figuur 3.2 Gemiddeld aantal eieren dat per roofmijtvrouwtje van *A. swirskii* gelegd wordt bij verschillende diëten. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen per dag weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 3.3 Gemiddelde dagelijkse eileg van de californische trips, *Frankliniella occidentalis*, op chrysantenblad of chrysantenblad met additionele voedselbronnen. De eileg is een gemiddelde gemeten gedurende 16 dagen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

3.3.2 Effect van stuifmeel op de predatie van trips

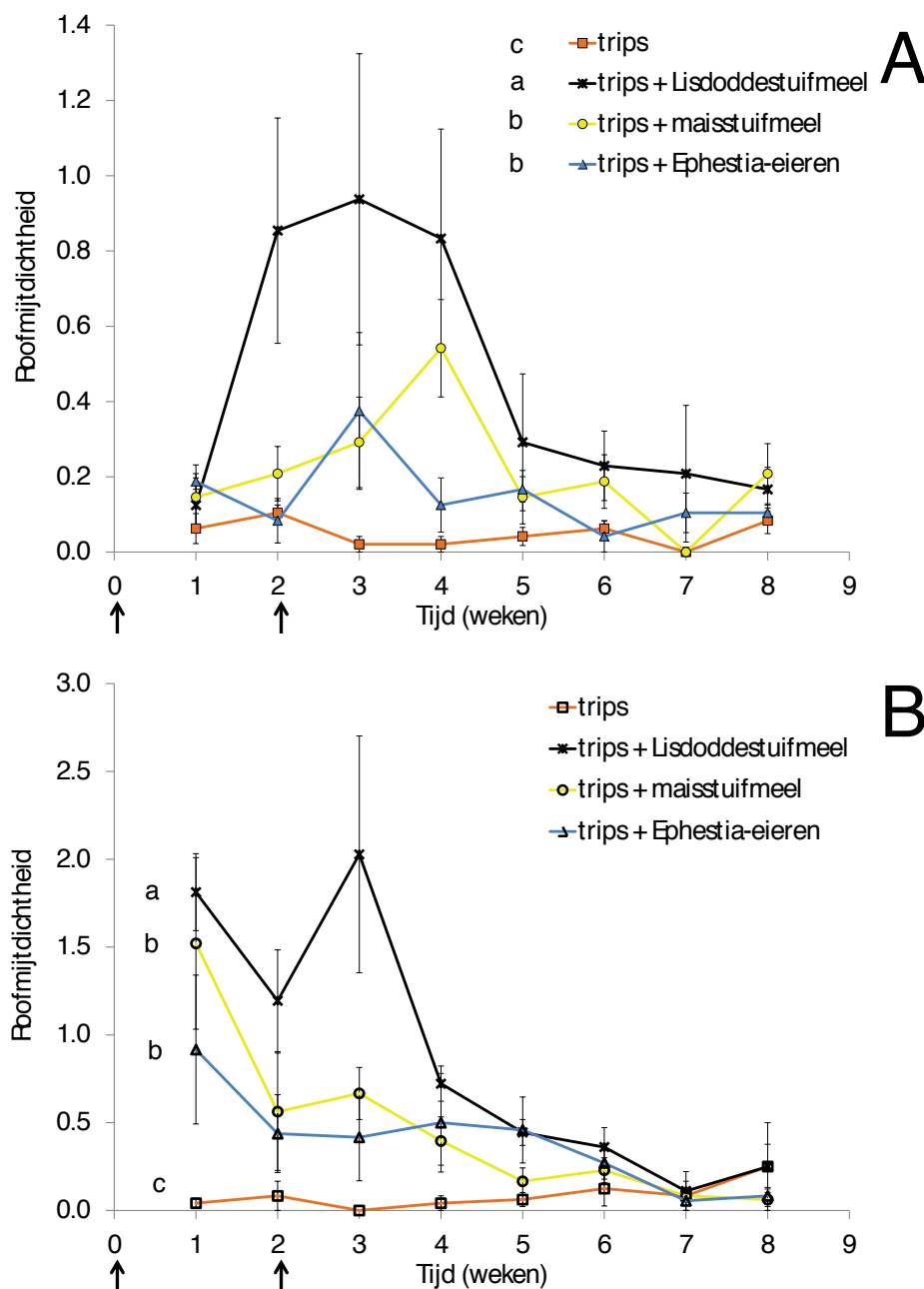
Op dag twee is er nog geen effect van stuifmeel op de dagelijks hoeveel trips die *A. swirskii* roofmijt vrouwtjes eten, maar op dag 3 was de predatiesnelheid gehalveerd (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Gemiddeld aantal tripslarven (L1) dat per dag door *Amblyseius swirskii* vrouwtjes wordt gegeten op bladeren met en zonder lisdoddestuifmeel. Op dag 3 was er een significant verschil tussen de twee behandelingen (ANOVA, $p < 0.05$).

3.3.3 Effect van additioneel voedsel op de bestrijding van trips in chrysant

Bij alle drie de voedselbronnen werden significant hogere roofmijtdichtheden gevonden ten opzichte van de behandeling met alleen trips (Figuur 3.5). De dichtheden bij lisdoddestuifmeel waren daarbij significant hoger dan bij maisstuifmeel en *Ephestia*-eieren. Twee weken na het toedienen van het voedsel is bij zowel de lage als hoge roofmijtdichtheid een afname van roofmijten te zien.



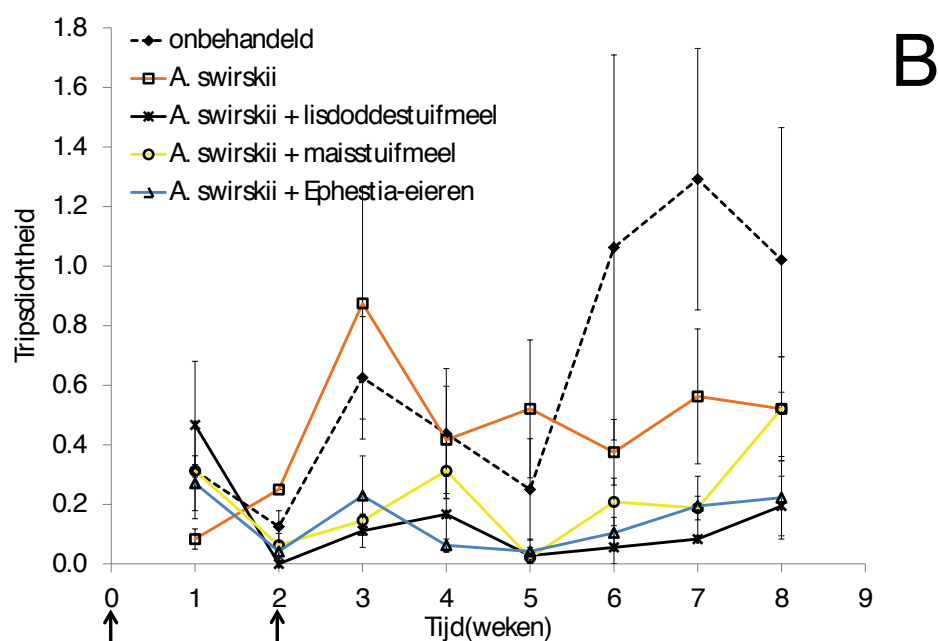
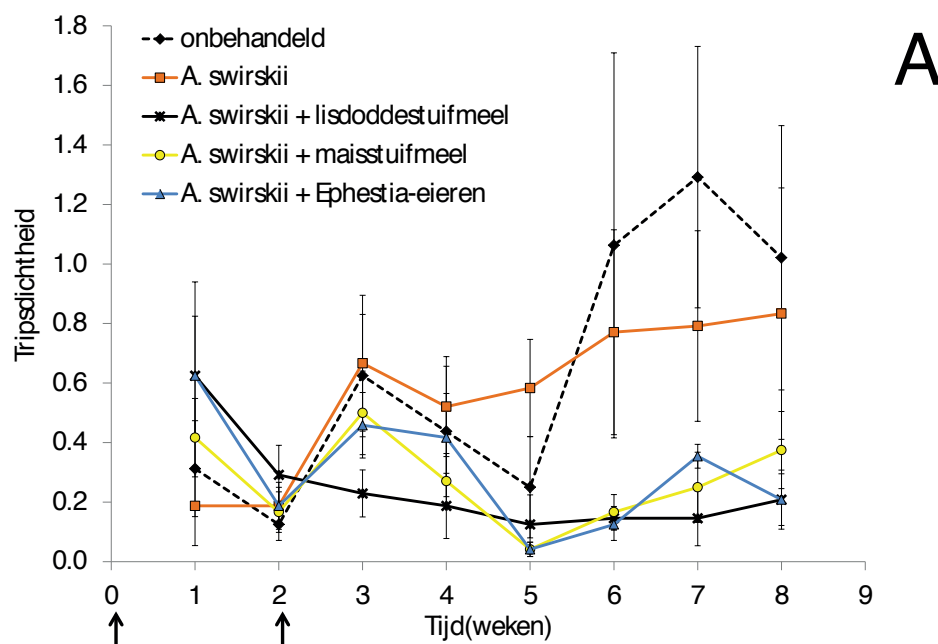
Figuur 3.5 Populatietoewikkeling van de roofmijt *Amblyseius swirskii* op chrysant bij een lage (A) en hoge (B) inzetdichtheid (10 versus 50/plant). Dichtheden representeren het gemiddeld aantal mobiele stadia van roofmijten per blad. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).

De verschillen in roofmijtdichtheden hadden een aanzienlijk effect op de bestrijding van trips. Bij alle voedselbronnen werd uiteindelijk een significant betere bestrijding van trips behaald dan bij de behandeling met alleen roofmijten (Tabel 3.1 en Figuur 3.6). In de eerste week is er een duidelijke trend van hogere tripsdichtheden bij de behandelingen met alternatief voedsel gecombineerd met een lage startdichtheid van roofmijten, maar de verschillen waren niet significant (Tabel 3.1, Figuur 3.6). Deze trend was in de tweede week niet meer aanwezig en vanaf de derde week was het tegenovergestelde te zien: juist lagere tripsdichtheden bij de behandelingen met voedsel (Tabel 3.1, Figuur 3.6).

Tabel 3.1

*Gemiddelde dichtheden ($\pm$ SE) per 12 bladeren van de californische trips *Frankliniella occidentalis* gedurende 3 tijdsperioden op chrysantenblad met een lage en hoge inzetdichtheid van de roofmijt *Amblyseius swirskii* al dan niet aangevuld met de additionele voedselbronnen. Verschillende letters in een kolom geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (GLMM, $p < 0.05$)*

Onbehandeld	3.75 $\pm$ 1.93a	4.31 $\pm$ 1.75 ab	13.50 $\pm$ 5.76 a
Roofmijt laag	2.25 $\pm$ 1.60a	5.88 $\pm$ 0.59 a	9.58 $\pm$ 4.31 a
Roofmijt hoog	1.00 $\pm$ 0.41a	6.19 $\pm$ 1.86 a	5.83 $\pm$ 1.29 b
Roofmijt laag + Lisdoddestuifmeel	7.50 $\pm$ 2.40a	2.50 $\pm$ 0.54 bcd	2.00 $\pm$ 0.45 c
Roofmijt hoog + Lisdoddestuifmeel	4.00 $\pm$ 2.12a	0.92 $\pm$ 0.19 e	1.33 $\pm$ 0.44 c
Roofmijt laag + maisstuifmeel	5.00 $\pm$ 1.58a	2.94 $\pm$ 0.91 bc	3.17 $\pm$ 0.97 c
Roofmijt hoog + maisstuifmeel	3.75 $\pm$ 0.25a	1.63 $\pm$ 0.16 cde	3.67 $\pm$ 1.14 bc
Roofmijt laag + Ephestia-eieren	7.50 $\pm$ 3.77a	3.31 $\pm$ 0.51 b	2.75 $\pm$ 0.28 c
Roofmijt hoog + Ephestia-eieren	3.25 $\pm$ 1.11a	1.13 $\pm$ 0.44 de	1.83 $\pm$ 0.88 c
P	0.209	<0.001	<0.001



Figuur 3.6 Populatieontwikkeling van de californische trips *Frankliniella occidentalis* op chrysant bij een lage (A) en hoge (B) inzetdichtheid (10 versus 50/plant) van de roofmijt *Amblyseius swirskii*, al dan niet in aanwezigheid van additioneel voedsel. Dichtheden representeren het gemiddeld aantal larven en volwassenen per blad. Statistische verschillen tussen de behandelingen zeer weergegeven in Tabel 3.1.

3.4 Discussie en conclusies

Het toepassen van additioneel voedsel voor de bestrijding van trips met roofmijten kan in potentie op korte termijn leiden tot verhoogde tripsdichtheden. De laboratoriumstudies laten het volgende zien:

1. De eileg van trips was gemiddeld 3x zo hoog met stuifmeel en Ephestia-eieren dan op blad zonder deze voedselbronnen.
2. De hoeveelheid tripslarven die roofmijten per dag eten werd gehalveerd door de aanwezigheid van stuifmeel.

De verwachting was dan ook dat bij een relatief lage roofmijntintroductie en hoge tripsdichtheid het voedsel zou leiden tot verhoogde tripsdichtheden. Deze trend was ook duidelijk waarneembaar in de kasproef met chrysant, maar door de snelle populatiegroei van roofmijten in aanwezigheid van het additionele voedsel leidde dit al na 3 weken in een verbeterde bestrijding van trips. De beste resultaten werden behaald met Lisdoddestuifmeel, terwijl deze voedselbron ook de hoogste eileg gaf bij trips. Dit suggereert dat de voedingswaarde voor trips uiteindelijk niet zo belangrijk is, maar dat de voedingswaarde voor roofmijten veel bepalender is voor het resultaat van de bestrijding. In hoofdstuk 7 wordt hier verder op ingegaan met modelberekeningen.

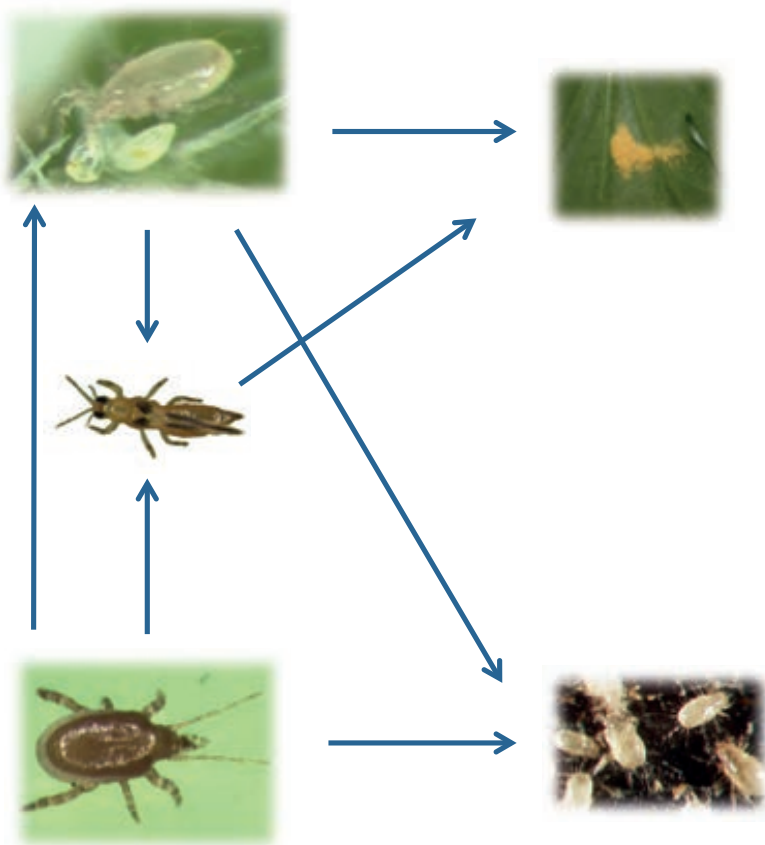
De meest ideale voedselbron zou zeer geschikt moeten zijn voor roofmijten en tegelijkertijd geen stimulerend effect op trips moeten hebben om daarmee de risico's van tijdelijk verhoogde tripsdichtheden te kunnen uitsluiten. De vraag is of dat haalbaar is. De voedselbronnen die in deze studie de beste voedingswaarde hadden voor roofmijten, bleken ook de hoogste eileg bij trips te geven. En zoals gezegd lijkt de voedingswaarde voor trips uiteindelijk niet zo relevant te zijn voor de bestrijding van trips. Onze resultaten laten echter duidelijk zien dat bij alle voedselbronnen de bestrijding van trips uiteindelijk aanzienlijk beter was dan wanneer dit voedsel niet aanwezig was. Stuifmeel en Ephestia-eieren kunnen dus toegepast worden om de tripsbestrijding te verbeteren, maar enige voorzichtigheid is geboden omdat de resultaten kunnen afhangen van het type gewas, de startratio roofmijt-trips, het soort roofmijt en de verdeling van roofmijten, trips en voedsel in het gewas.

4 Effect van stuifmeel en bodemroofmijten op de bestrijding van trips met *A. swirskii* in roos

4.1 Inleiding

Roofmijten van de familie phytoseiidae zijn erg belangrijk voor de bestrijding van de californische trips *F. occidentalis* (van Houten *et al.* 1995; Messelink *et al.* 2006). In roos, en veel andere sierteeltgewassen gaat het echter veel moeizamer dan in gewassen als komkommer en paprika (Pijnakker & Ramakers 2008). Een belangrijke oorzaak is gebrek aan voedsel. Het gewas produceert geen stuifmeel (bloemen worden vroegtijdig geoogst) en de plaagdichtheden die worden getolereerd zijn erg laag. Een van de oplossingen voor dit probleem is het regelmatig inbrengen van nieuwe roofmijten via kweekzakjes of door ze te verblazen. Een andere benadering is om roofmijten bij te voeren met stuifmeel. De resultaten van het vorige hoofdstuk en uit literatuur laten zien dat stuifmeel goede voedselbron is voor roofmijten (van Rijn & Tanigoshi 1999) en dat het toedienen van stuifmeel de bestrijding van trips kan verbeteren, zelfs als het stuifmeel ook een voedselbron is voor trips (van Rijn *et al.* 2002; Leman & Messelink 2015). Naast phytoseiidae kunnen ook bodemroofmijten zoals *Stratiolaelaps scimitus* (voorheen *Hypoaspis miles*), *Geolaelaps aculeifer* (voorheen *Hypoaspis aculeifer*) en *Macrocheles robustulus* trips bestrijden doordat ze zich voeden met de poppen van trips in de bodem (Berndt *et al.* 2004; Messelink & van Holstein-Saj 2008). De mate van bestrijding is dan wel afhankelijk van het percentage trips dat in de bodem verpopt, wat weer afhankelijk is van de luchtvochtigheid in het gewas. Hoe vochtiger, hoe meer trips in het gewas verpopt (het omslagpunt ligt bij 80%) (Steiner *et al.* 2011).

Het is interessant te kijken of de combinatie van bladbewonende roofmijten zoals *Amblyseius swirskii* en bodemroofmijten elkaar kunnen aanvullen bij de bestrijding van trips. Beide groepen roofmijten kunnen bijgevoerd worden met prooimijten via toplagen in de bodem (zie vorig hoofdstuk) en via het toedienen van stuifmeel op de plant. De combinaties van deze roofmijten en hun prooimijten, voedselbronnen en trips vormen al snel een complex voedselweb (Fig 4.1) met allerlei mogelijke interacties, waardoor het moeilijk te voorspellen is hoe dit uitpakt voor de biologische bestrijding. In dit onderzoek hebben we gekeken wat de afzonderlijke en gecombineerde effecten van *A. swirskii* en de bodemroofmijten *S. scimitus* en *M. robustulus* zijn op trips. Aanvullend is bepaald wat het effect van stuifmeeltoediening op het gewas is op de bestrijding van trips met *A. swirskii*.



Figuur 4.1 Voedselweb van trips, roofmijten in de bodem en op het blad en hun alternatieve voedselbronnen.

4.2 Materiaal en methoden

Het onderzoek werd uitgevoerd met een jong gewas van het rozencultivar Avalanche + (wit, opkweek Leo Ammerlaan, Bleiswijk). Om met een plaag- en ziektevrij gewas te beginnen zijn de planten voor het experiment bespoten met Meltatox (dodemorf) tegen meeldauw en Vertimec (abamectine) en Match (lufenuron) tegen trips. Dit gebeurde enkele weken voordat de proef startte. De planten zijn verdeeld over 20 grote insectenkooien van 1*1.5*2 meter (Figuur 4.2), die voorzien waren van fijn insectengaas (maaswijdte 0.22 * 0.31 mm). Per kooi stonden 10 planten op 2 steenwolmatten (6/m²). Het gewas werd conform praktijk geteeld en van voeding voorzien met druppelaars. In alle kooien werd een laagje gesteriliseerd bladafval aangebracht, om daarmee de omstandigheden van de praktijk na te bootsen. Het experiment startte in de zomer in week 23 en liep door tot in het najaar. De gemiddelde temperatuur in deze periode was 22.2°C (range 16.6-28.3) en de luchtvochtigheid 79% (range 67-89). Gedurende de proef werd regelmatig preventief *Phytoseiulus persimilis* ingezet om eventueel ontstane besmettingen met spint tegen te gaan.



Figuur 4.2 Opzet kasproef met 20 insectenkooien met een rozen gewas van cv Avalanche+.

In de proef zijn de volgende behandelingen vergeleken:

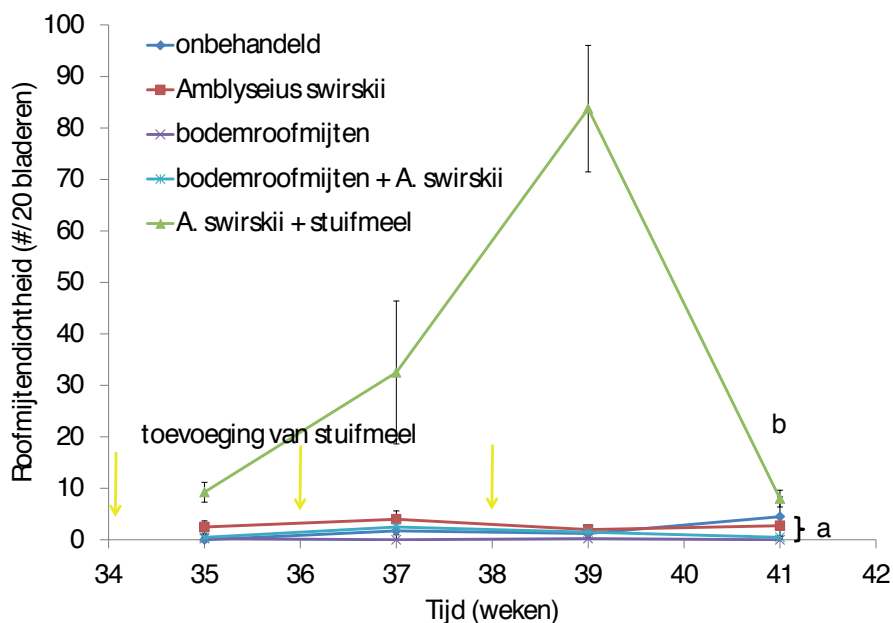
- a. Onbehandeld.
- b. *A. swirskii*.
- c. *A. swirskii* + stuifmeel (1 g/kooi).
- d. De bodemroofmijten *S. scimitus* en *M. robustulus* + toplaag.
- e. Bodemroofmijten met toplaag + *A. swirskii*.

De 5 behandelingen werden in 4 herhalingen uitgevoerd en verdeeld over de 20 kooien als een gerandomiseerde blokkenproef. In alle kooien is in week 23, 24 en 25 trips ingezet door per week 15 vrouwtjes, afkomstig van een kweek op chrysant, los te laten. In week 25 zijn de roofmijten ingezet.

De bodemroofmijten *M. robustulus* en *S. scimitus* werden standaard met een toplaag geïntroduceerd. Dit bestond uit een mix van 1 liter zemelen, 200 ml vermiculiet, 300 ml veen, 25 g bakkersgist en 90.000 prooimijten van de soort *Acarus siro*. Per kooi werden 200 roofmijten van gemixte stadia van *M. robustulus* en 200 van *S. scimitus* aan de toplaag toegevoegd (dus een predator-prooi-ratio van 1: 2250). Na 9 weken, in week 34, werd extra voedsel aan de toplaag toegevoegd. Dit bestond uit een mengsel van 300 ml zemelen met 5 g gist en 15.000 mijten van *A. siro*. De roofmijt *A. swirskii* werd 3x geïntroduceerd: in week 25, 27 en 34 in dichtheden van respectievelijk 50, 100 en 200 gemixte stadia per kooi. De introductie in week 34 is uitgevoerd vanwege de hoge tripsdichtheden in de kooien en de matige vestiging van roofmijten. Zowel *A. swirskii* als *S. scimitus* en *M. robustulus* waren afkomstig van Koppert Biological Systems. Het stuifmeel was afkomstig van de grote lisdodde, *Typha latifolia*, wat was verzameld in de omgeving van Bleiswijk. Het stuifmeel werd met een dikke kwast zo gelijkmatig mogelijk over de planten verdeeld. De hoeveelheid van 1 g/kooi komt overeen met een dichtheid van 5 kg/ha. Het stuifmeel werd aanvankelijk maar tweemaal toegediend, in week 25 en 27, maar door de kortwerkende effecten op roofmijten is besloten om de introductie te herhalen in week 34, 36 en 38. De populaties trips en roofmijten in het gewas zijn van week 35 tot en met 41 gevolgd door ieder twee weken per kooi 20 willekeurig gekozen bladeren te beoordelen, 10 bladeren laag in het gewas en 10 bladeren hoger in het gewas. De verzamelde bladeren werden in het laboratorium onder een binoculair beoordeeld. Daarbij is beoordeeld of er duidelijk schade van trips aanwezig was en zijn de aantallen roofmijten en trips geteld. Van de aangetroffen roofmijten werden microscopische preparaten gemaakt voor soorten-identificaties. In week 32 en 39 is bij ieder kooi 250 ml van de strooisellaag verzameld voor een bodemfauna-analyse met Tullgren-apparatuur. Statistische verschillen in roofmijt- en tripsdichtheden op de bladeren zijn geanalyseerd met GLMM met een Poissonverdeling van de data. Voor bladschade is een GLMM gebruikt met een binominale verdeling van de data (binominaal totaal = 20, aantal bladeren beoordeeld per kooi). De bodemfauna is geanalyseerd met ANOVA.

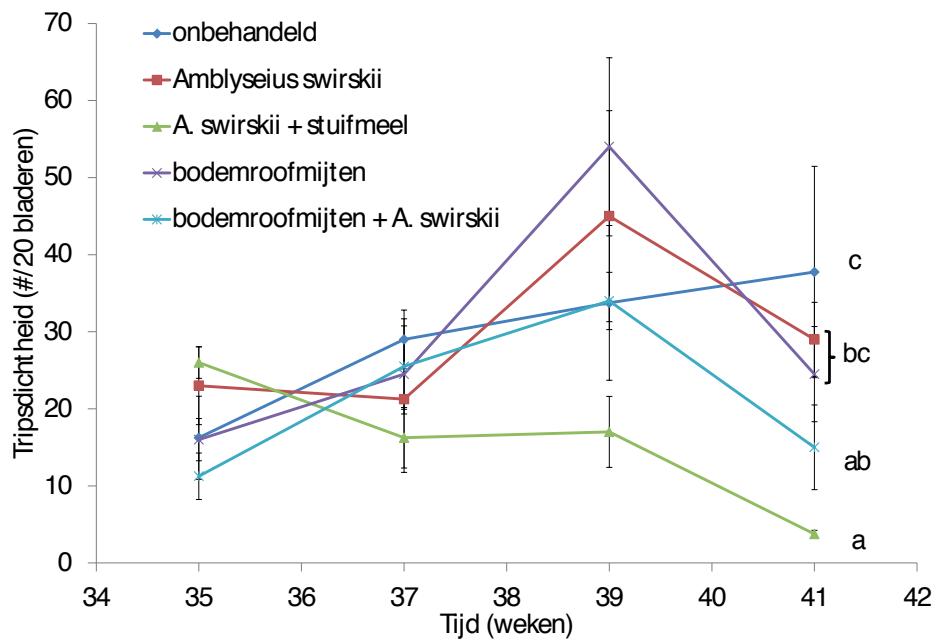
4.3 Resultaten

Het toedienen van stuifmeel had een overduidelijk effect op de roofmijtdichtheden van *A. swirskii* die significant hoger waren dan in alle andere behandelingen (Figuur 4.3). Ondanks de hoge tripsdruk werden in de behandelingen zonder stuifmeel nooit hogere dichtheden bereikt dan 0.5/blad, terwijl met stuifmeel dit opliep naar gemiddeld 5 roofmijten per blad (Figuur 4.3). Dit resulteerde ook in de beste bestrijding van trips (Figuur 4.4).

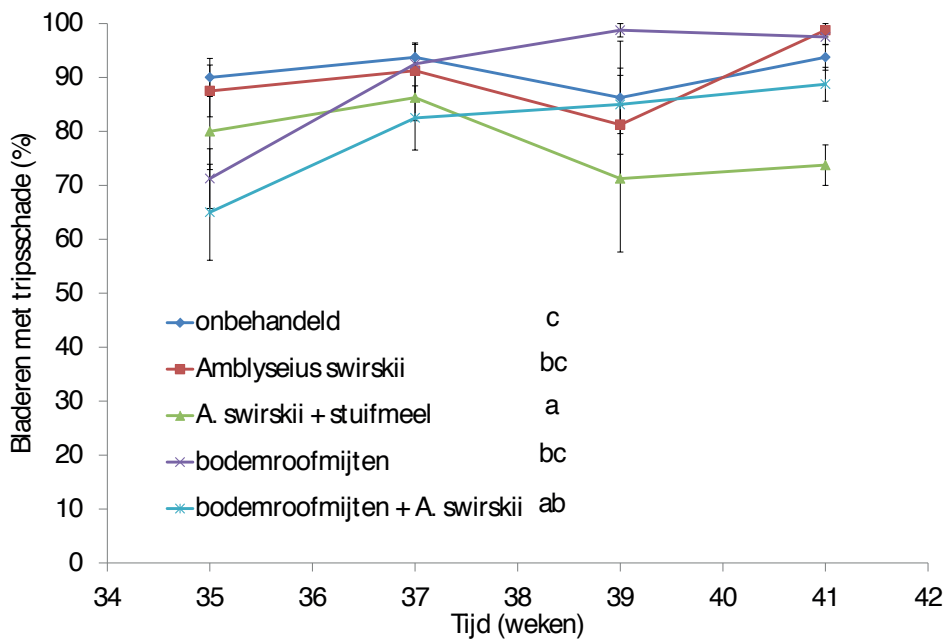


Figuur 4.3 Populatieontwikkeling van de roofmijt *Amblyseius swirskii* bij verschillende behandelingen. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal mobiele roofmijtstadia (dus exclusief eieren) per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).

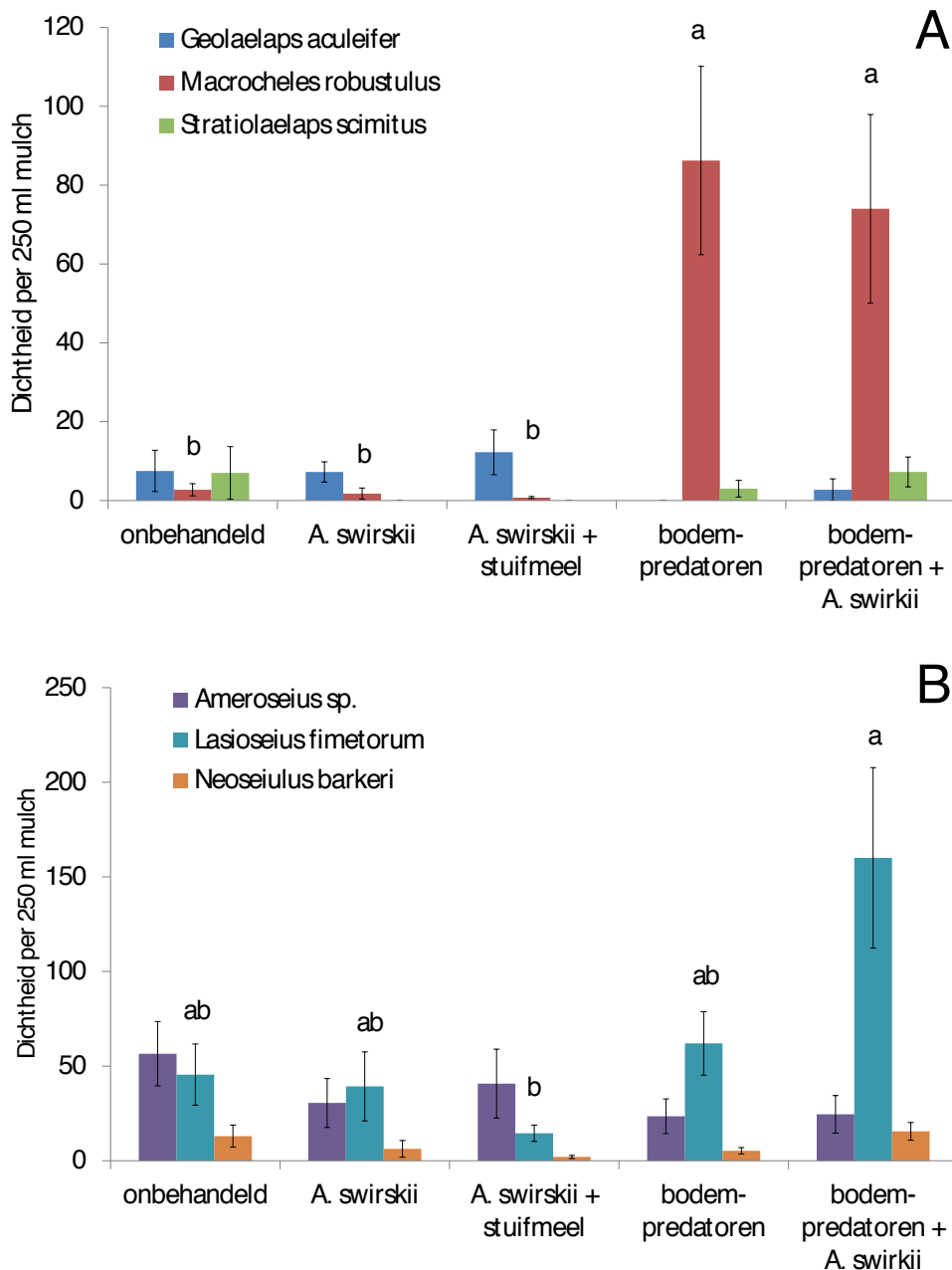
Zonder de toediening van stuifmeel was er een matige vestiging *A. swirskii* en werd er geen significant effect op trips bereikt (Figuur 4.4). Ook de behandeling met alleen bodemroofmijten gaf geen significant effect op tripsaantallen, maar de combinatie van bodemroofmijten en *A. swirskii* resulteerde wel in significant lagere tripsdichtheden dan bij onbehandeld (Figuur 4.4). Dezelfde trend werd gevonden voor het aantal bladeren met tripsschade. De tripsschade bleef bij alle behandelingen hoog en ging alleen in de eindfase iets omlaag bij de behandeling met *A. swirskii* en stuifmeeltoediening (Figuur 4.5). Bij de analyse van de bodemfauna van week 32 bleek dat de roofmijt *S. scimitus* bijna volledig was verdrongen was door *M. robustulus* (Figuur 4.6A). Naast deze bodemroofmijt werd ook de kleinere *Lasioseius fimetorum* in hogere dichtheden gevonden in de behandeling met bodemroofmijten+ *A. swirskii* dan in de andere behandelingen (Figuur 4.6B). Het effect van de bodemroofmijten kunnen we dus grotendeels toeschrijven aan *M. robustulus* en mogelijk deels aan *L. fimetorum*. In week 39 is bij de grote bodemroofmijten nog steeds *M. robustulus* dominant, maar de dichtheden zijn aanzienlijk lager in de behandeling gecombineerd met *A. swirskii* dan in de behandeling met alleen bodemroofmijten, mogelijk door de competitie om voermijten (Figuur 4.7A). *Stratiolaelaps scimitus* was in de laatste weken beter gevestigd. Opvallend is dat de roofmijten van het genus *Ameroseius* hogere dichtheden bereiken in de behandelingen zonder bodemroofmijten dan in de behandeling met bodemroofmijten (Figuur 4.7B), mogelijk door competitie om voedsel of intraguild predatie. De roofmijten *Geolaelaps aculeifer* en *Neoseiulus barkeri* waren in alle behandelingen in lage aantallen aanwezig (Figuur 4.6 en 4.7).



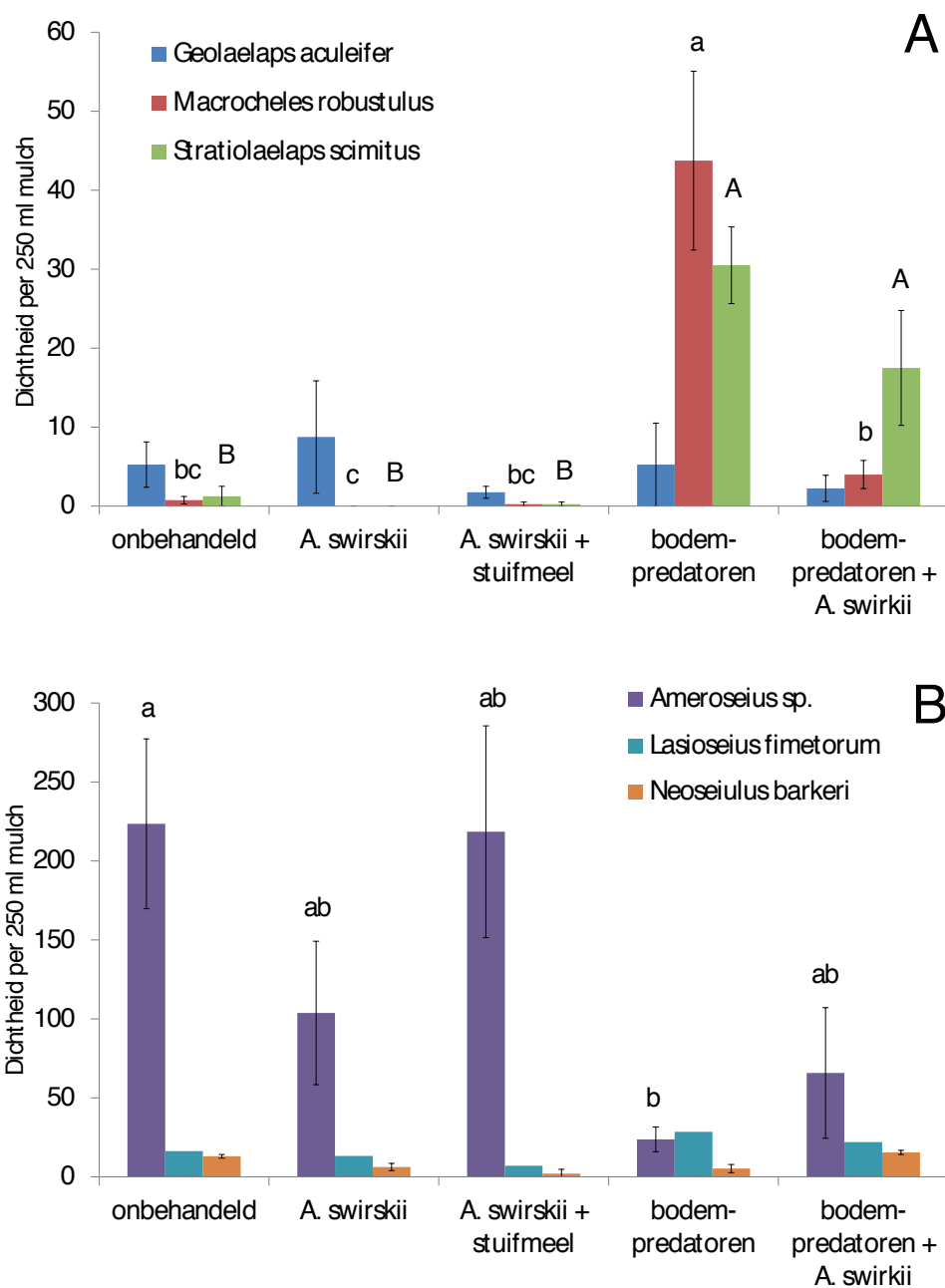
Figuur 4.4 Populatieontwikkeling van de californische trips *Frankliniella occidentalis* bij verschillende behandelingen van roofmijten en een controle zonder roofmijten. Dichtheden representeren het gemiddeld aantal trips (larven + adulten) per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).



Figuur 4.5 Mate van bladeren met tripsschade gedurende de looptijd van het experiment bij verschillende behandelingen van roofmijten en een controle zonder roofmijten. Weergegeven is het gemiddeld percentage bladeren met duidelijke vraatschade van de 20 willekeurig gekozen bladeren per kooi. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).



Figuur 4.6 Dichtheid van bodemroofmijten in de mulchlaag bij verschillende behandelingen in roos in week 32. De relatief grote bodemroofmijten (>600 micron) zijn weergegeven in A en de relatief kleine roofmijten (<400 micron) in B. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen per roofmijtsoort (Tukey test na ANOVA, $P < 0.05$).



Figuur 4.7 Dichtheid van bodemroofmijten in de mulchlaag bij verschillende behandelingen in roos in week 39. De relatief grote bodemroofmijten (>600 micron) zijn weergegeven in A en de relatief kleine roofmijten (<400 micron) in B. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen per roofmijtsoort (Tukey test na ANOVA, $P < 0.05$).

4.4 Conclusies

- Zonder de toediening van stuifmeel is er nauwelijks vestiging van *A. swirkii* in roos (ondanks hoge tripsdruk) en geen significant effect op trips.
- De bestrijding van trips was beter wanneer deze gecombineerd werd met de inzet van bodemroofmijten (voornamelijk *M. robustulus*).
- De beste bestrijding van trips werd behaald wanneer *A. swirkii* werd voorzien van stuifmeel in het gewas. Dit resulteerde in een zeer goede roofmijtvestiging met dichtheden oplopend tot 5 roofmijten per blad, en de laagste dichtheden en minste schade van trips.
- Bij een gecombineerde inzet van de bodemroofmijten *M. robustulus* en *S. scimitus* kan *M. robustulus* *S. scimitus* bijna volledig verdringen.

5 Strategie voor inzet van stuifmeel voor de bestrijding van trips met roofmijten

5.1 Inleiding

Het is al een lange tijd bekend dat stuifmeel een goede voedselbron is voor roofmijten (van Rijn & Tanigoshi 1999) en dat het toedienen van stuifmeel de bestrijding van trips kan verbeteren, zelfs als het stuifmeel zelf ook een voedselbron is voor trips (van Rijn *et al.* 2002; Leman & Messelink 2015). Sinds 2014 zijn telers stuifmeel op grote schaal gaan toepassen doordat stuifmeel van de kleine lisdodde *Typha angustifolia* door Biobest werd verkocht onder de naam Nutrimite®. Omdat dit stuifmeel ook een goede voedselbron is voor trips (Vangansbeke *et al.* 2016), is het advies vaak om het stuifmeel alleen toe te passen op het moment dat er nog geen trips in het gewas aanwezig is en te stoppen zodra trips komt opzetten. In deze studie is bepaald of dat inderdaad tot een betere tripsbestrijding leidt dan wanneer wordt doorgegaan met het bijvoeren van roofmijten. Aanvullend is gekeken of een toplaag met de bodemroofmijt *Macrocheles robustulus*, waarvan bekend is dat het een goede predator is van tripspoppen (Messelink & van Holstein-Saj 2008), een aanvullend effect kan geven op de bestrijding van trips met roofmijten in het gewas.

5.2 Materiaal en methoden

Het onderzoek werd uitgevoerd met hetzelfde gewas en in dezelfde kooien als beschreven in de vorige proef (Figuur 4.1). Dit was nu één jaar oud (cultivar Avalanche +). Om met een plaag- en ziektevrij gewas te beginnen zijn de planten voor het experiment bespoten met Meltatox (dodemorf) tegen meeldauw, Tepeki (flonicamid) tegen wolluis en Vertimec (abamectine) tegen spint en trips. Dit gebeurde enkele weken voordat de proef startte. Om de bloemproductie gelijk te houden, werden voorafgaand aan het experiment alle bloemen weggeogst en het gewas ingebogen. In alle kooien werd een laagje gesteriliseerd bladafval aangebracht, om daarmee de omstandigheden van de praktijk na te bootsen. Het experiment startte in het voorjaarweek 13 en liep door tot in de zomer. De gemiddelde temperatuur in deze periode was 21.3°C en de luchtvochtigheid 78 %. Gedurende de proef werd wekelijks preventief *Phytoseiulus persimilis* en *Anagyrus pseudococchi* ingezet om eventueel ontstane besmettingen met spint en wolluis tegen te gaan.

In de proef zijn de volgende behandelingen vergeleken:

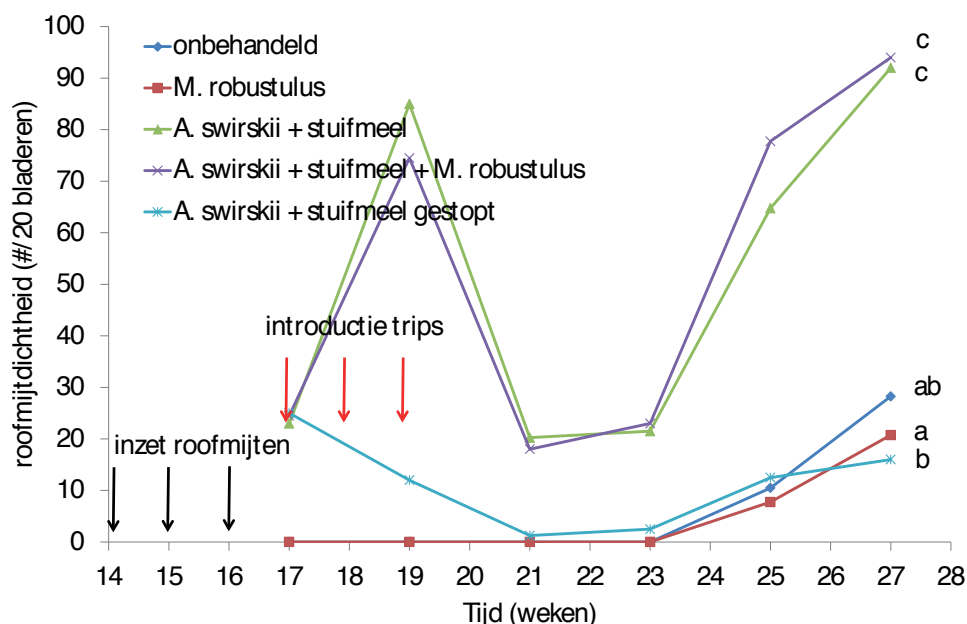
- Onbehandeld.
- M. robustulus* + toplaag.
- A. swirskii* + wekelijks stuifmeel (0.2 g/kooi).
- A. swirskii* + wekelijks stuifmeel (0.2 g/kooi) + *M. robustulus* + toplaag.
- A. swirskii* + stuifmeel tot inzet van trips (3 weken 0.2 g/kooi).

De 5 behandelingen werden in 4 herhalingen uitgevoerd en verdeeld over de 20 kooien als een gerandomiseerde blokkenproef. Alle behandelingen zijn in week 14 ingezet. De bodemroofmijt *M. robustulus* werd standaard met een toplaag geïntroduceerd. Dit bestond uit een mix van 1 liter zemelen, 200 ml vermiculiet, 300 ml veen, 25 g bakkersgist en 90.000 prooimijten van de soort *Acarus siro*. Per kooi werden hier 400 roofmijten van gemixte stadia van *M. robustulus* aan toegevoegd (dus een predator-prooi-ratio van 1: 2250). De roofmijt *A. swirskii* werd 3x geïntroduceerd: in week 14, 15 en 16 in dichtheden van respectievelijk 50, 100 en 100 gemixte stadia per kooi. Zowel *A. swirskii* als *M. robustulus* waren afkomstig van Koppert Biological Systems. Het stuifmeel van de kleine lisdodde, *Typha angustifolia*, (Nutrimite®, Biobest NV) werd wekelijks met een dikke kwast zo gelijkmatig mogelijk over de planten verdeeld. De hoeveelheid van 0.2 g/kooi komt overeen met een dichtheid van 1 kg/ha. Bij behandeling E werd stuifmeel alleen ingebracht tot de eerste introductie van trips in week 17. De californische trips, *F. occidentalis* werd in week 17, 18 en 19 ingezet in een dichtheid van 10 vrouwtjes per kooi, welk afkomstig waren van een kweek op chrysant. Het idee van deze wekelijkse introducties was om een gelijkmatige opgebouwde tripspopulatie te krijgen en sterke populatiefluctuaties tegen te gaan. De populaties trips en roofmijten in het gewas zijn van week 17 tot en met 27 gevolgd door ieder twee weken per kooi 20 willekeurig gekozen bladeren te beoordelen, 10 bladeren laag in het gewas en 10 bladeren hoger in het gewas.

De verzamelde bladeren werden in het laboratorium onder een binoculair beoordeeld. Daarbij is beoordeeld of er duidelijk schade van trips aanwezig was en zijn de aantallen roofmijten en trips geteld. Van de aangetroffen roofmijten werden microscopische slides gemaakt voor soort-identificaties. Statistische verschillen in roofmijt- en tripsdichtheden zijn geanalyseerd met GLMM met een Poissonverdeling van de data. Voor bladschade is een GLMM gebruikt met een binominale verdeling van de data (binominaal totaal = 20, aantal bladeren beoordeeld per kooi).

5.3 Resultaten

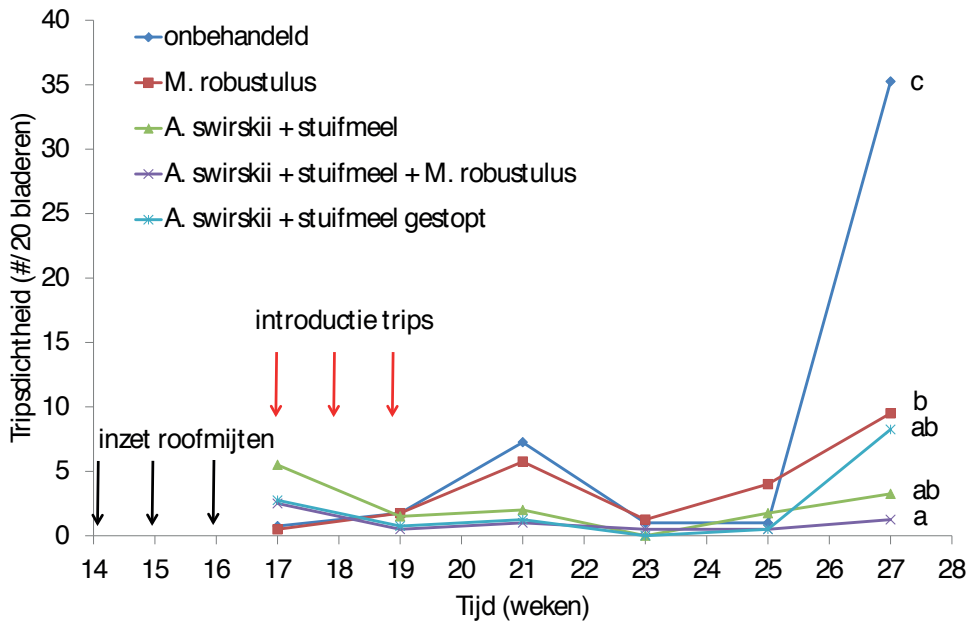
De hoogste roofmijtdichtheden in het gewas werden, zoals verwacht, gevonden in de behandelingen waar is doorgegaan met het bijvoeren van stuifmeel. Totaal zijn 634 roofmijten gedetermineerd en daarvan bleek 99% *A. swirskii* te zijn. Slechts enkele individuen bleken *Neoseilus cucumeris* of *Proctoleaps* sp. te zijn. In de behandeling waar is gestopt met bijvoeren, zakte de dichtheden roofmijten snel naar een laag niveau (Figuur 5.1). De dip in dichtheden in week 21 en 23 is waarschijnlijk te verklaren door de oogst van een groot aantal bloemen in die weken. In de laatste 3 weken van de proef zijn ook roofmijten gevonden in de behandelingen waar deze niet waren uitgezet, maar gedurende de eerste 7 weken was dit niet het geval.



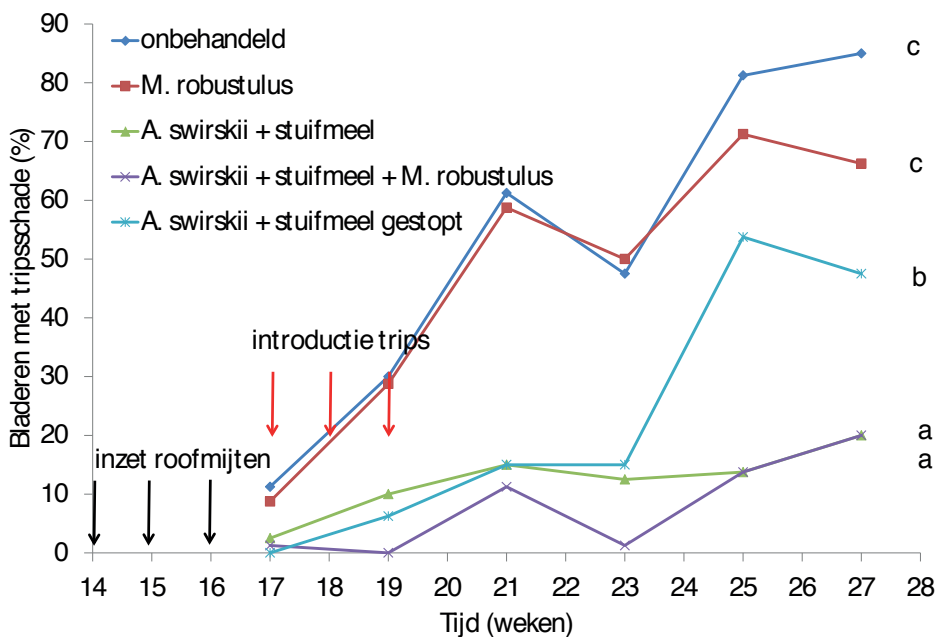
Figuur 5.1 Populatieontwikkeling van de roofmijt *Amblyseius swirskii* bij verschillende behandelingen. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal mobiele roofmijtstadia (dus exclusief eieren) per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen ($P < 0.05$).

Bij de eerste beoordeling in week 17, voor de eerste introductie van trips, bleek er al een lage spontane infectie van californische trips aanwezig te zijn in alle kooien (Figuur 5.2). De beste bestrijding van trips werd bereikt in de behandeling met de combinatie van bodemroofmijten en *A. swirskii* gecombineerd met blijven bijvoeren van stuifmeel (Figuur 5.2), maar deze behandeling was niet significant beter dan de behandeling met alleen *A. swirskii* + pollen. De tripsdichtheden in de behandeling met alleen bodemroofmijten week lange tijd nauwelijks af van de behandeling zonder roofmijten, maar uiteindelijk was er een significante reductie ten opzichte van onbehandeld (Figuur 5.2).

Wanneer we kijken naar het aantal bladeren met tripsschade, dan wijkt de behandeling met alleen bodemroofmijten niet significant af van onbehandeld (Figuur 5.3). Alleen in de laatste fase loopt de schade iets terug. De behandeling met *A. swirskii* waarbij de inzet van stuifmeel (pollen) is gestopt, gaf significant meer schade op de bladeren dan bij de behandelingen met *A. swirskii* waarbij is doorgegaan met het bijvoeren van stuifmeel (Figuur 5.3). De toevoeging van bodemroofmijten aan deze behandeling (combinatie *A. swirskii* + *M. robustulus*) had geen verder reductie van bladschade (Figuur 5.3)



Figuur 5.2 Populatieontwikkeling van de californische trips *Frankliniella occidentalis* bij verschillende behandelingen van roofmijten en een controle zonder roofmijten. Dichtheden representeren het gemiddeld aantal trips (larven + adulten) per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).



Figuur 5.3 Mate van bladeren met tripsschade gedurende de looptijd van het experiment bij verschillende behandelingen van roofmijten en een controle zonder roofmijten. Weergegeven is het gemiddeld percentage bladeren met duidelijke vraatschade van de 20 willekeurig gekozen bladeren per kooi. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $P < 0.05$).

5.4 Discussie en conclusies

Deze studie laat zien dat het beter is om door te gaan met het bijvoeren van *A. swirskii* met stuifmeel wanneer er trips aanwezig is dan om te stoppen op het moment dat trips komt opzetten. Stoppen met bijvoeren resulteerde al snel in lage roofmijtdichtheden (0.5 -1/blad), ondanks de aanwezigheid van trips als voedsel, terwijl het bijvoeren resulteerde in een hoge dichtheden van 1-5 roofmijten/blad. Dit resulteerde ook in significant minder tripsschade op het blad. Het aantal trips was in de eindfase ook lager in de behandeling waar is doorgegaan met bijvoeren ten opzichte van de behandeling waar is gestopt met bijvoeren, maar over de hele looptijd waren de verschillen tussen deze behandeling niet significant. Het blijft echter wel belangrijk om voorzichtig te blijven, omdat bij lage roofmijtdichtheden en een hoge tripsdruk stuifmeel tijdelijk kan leiden tot verhoogde tripsdichtheden.

Bodemroofmijten lijken op basis van dit experiment weinig toe te voegen aan de bestrijding van trips in roos. De afzonderlijke behandeling kon de tripsaantallen reduceren ten opzichte van onbehandeld, maar er was niet minder tripsschade dan bij onbehandeld. Als toevoeging op een behandeling met *A. swirskii* was er niet significant minder trips of tripsschade ten opzichte van de behandeling met alleen *A. swirskii* + stuifmeel. Wel was er een trend dat de laagste tripsdichtheden werden gevonden in de behandeling met de combinatie van bodemroofmijten en *A. swirskii*. Er was geen effect van bodemroofmijten op de dichtheden van *A. swirskii* in het gewas.

Concreet kunnen we het volgende adviseren voor de bestrijding van trips in roos:

1. Het is aan te bevelen om door te gaan met het wekelijks bijvoeren van de roofmijt *A. swirskii* in het gewas op het moment dat trips komt opzetten, tenzij de tripsdruk erg hoog is en de roofmijtaantallen erg laag zijn. Doorgaan met bijvoeren resulteert in een meer stabiele en verhoogde roofmijtdichtheid en tot een verbeterde bestrijding van trips.
2. Bodemroofmijten kunnen gecombineerd met een toplaag worden toegevoegd aan behandelingen met *A. swirskii*, maar de bijdrage aan de bestrijding van trips met *A. swirskii* in combinatie met stuifmeel lijkt beperkt te zijn. Zonder toepassing van stuifmeel is de toegevoegde waarde groter (zie vorig hoofdstuk).

6 Vergelijking van Type IV roofmijten gecombineerd met stuifmeel voor de bestrijding van trips in roos

6.1 Inleiding

Roofmijten van de familie Phytoseiidae kunnen ingezet worden voor de biologische bestrijding van spint, weekhuidmijten, trips en wittevlies in de glastuinbouw. Wereldwijd is deze groep van mijten enorm divers met meer dan 2700 beschreven soort. In Nederland zijn 11 soorten commercieel beschikbaar. Onderzoekers hebben geprobeerd om deze grote groep van roofmijten in te delen op functionaliteit (McMurtry & Croft 1997). Daarbij worden 4 categorieën aangehouden:

- Type I: roofmijten die uitsluitend spint eten, zoals *Phytoseiulus persimilis*.
- Type II: roofmijten met een voorkeur voor spint, maar die facultatief andere voedselbronnen en prooien consumeren, zoals *Neoseiulus californicus*.
- Type III: generalistische roofmijten zoals *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus cucumeris*, *Amblydromalus limonicus*, *Transeius montdorensis*.
- Type IV: generalistische roofmijten met een aangenomen voorkeur voor stuifmeel zoals *Iphiseius degenerans*, *Euseius gallicus*, *Euseius stipulatus* en *Euseius ovalis*.

De bestrijding van trips in roos was tot nu toe vooral gericht op inzet van generalistische roofmijten van categorie III en daarbij zijn de soorten geselecteerd die het beste trips bestrijden (Messelink *et al.* 2006). De laatste jaren is er echter steeds meer aandacht gekomen voor de roofmijten van Type IV omdat deze roofmijten zich bijzonder goed op stuifmeel ontwikkelen. Wanneer roofmijten gecombineerd met stuifmeel worden ingezet is het misschien wel belangrijker te kijken welke soorten zich het beste op dit alternatief voedsel ontwikkelen in plaats van te selecteren op soorten met de hoogste predatiecapaciteit van trips. Een verminderde tripsconsumptie per individu kan immers gecompenseerd worden door hogere populatiedichtheden. Een andere eigenschap van de Type IV roofmijten, vaak behorende tot het genus *Euseius*, is dat ze zich met plantensap kunnen voeden (Nomikou *et al.* 2003; Adar *et al.* 2012). Dit zou de roofmijten kunnen helpen om in drogere perioden toegang te hebben tot vocht, of om te overleven in perioden zonder prooi of alternatief voedsel. Het doel van dit onderzoek was om de effectiviteit van 3 Type IV roofmijten in combinatie met het toedienen van stuifmeel te vergelijken met de Type III roofmijt *A. swirskii* in combinatie met stuifmeel. De vraag daarbij was of het inderdaad zo is dat de Type IV roofmijten zich sneller ontwikkelen op stuifmeel en of dit ook resulteert in een beter bestrijding van trips. Daarnaast is gekeken naar de gevoeligheid van een aantal van deze roofmijten voor lage luchtvochtigheden.

6.2 Materiaal en methoden

6.2.1 Laboratoriumtesten met stuifmeel

De eileg van roofmijtvrouwtjes is een van de belangrijkste parameters voor populatiegroei van roofmijten. In het laboratorium is beoordeeld wat de dagelijkse eileg is van de Type IV roofmijten *E. gallicus*, *E. ovalis*, *E. stipulatus* en *I. degenerans* ten opzichte van *A. swirskii*. Dit is uitgevoerd op bladpansen van roos en paprika op met water verzadigd katoen of op bladpansen in wateragar. Het aantal herhalingen per soort varieerde tussen de 10 en 25. De eileg werd gemeten gedurende 3 dagen, waarbij de eileg van de eerste dag werd weggelaten om de invloed van het kweekdieet te kunnen uitsluiten. Alle testen zijn uitgevoerd in een klimaatkast bij 25 °C, 70% RV en 16 uur licht per dag.

6.2.2 Kasproef in roos met verschillende roofmijten

Het onderzoek werd uitgevoerd met hetzelfde gewas en in dezelfde kooien als beschreven in de vorige twee proeven (Figuur 4.1). Het rozengewas was nu anderhalf jaar oud (cultivar Avalanche +). Om met een plaag- en ziektevrij gewas te beginnen zijn de planten de weken voorafgaand aan het experiment bespoten met Meltatox (dodemorf) tegen meeldauw en Vertimec (abamectine) en Match (lufenuron) tegen trips. De planten werden verder teruggesnoeid en de kooien en planten werden verplaatst naar een nieuwe kasafdeling om schoon te kunnen beginnen. Het experiment duurde 12 weken en liep van week 30 tot en met week 42 van 2015. In de maanden september en oktober werden de planten belicht met 10.000 lux gedurende 12 uur per dag.

In de proef zijn de volgende behandelingen vergeleken:

- a. Onbehandeld.
- b. *Amblyseius swirskii*.
- c. *Euseius gallicus*.
- d. *Euseius ovalis*.
- e. *Iphiseius degenerans*.

De 5 behandelingen werden in 4 herhalingen uitgevoerd en verdeeld over de 20 kooien als een gerandomiseerde blokkenproef. Alle behandelingen zijn in week 30 ingezet. Bij alle roofmijtbehandelingen werd wekelijks 0,2 g stuifmeel van de kleine lisdodde, *Typha angustifolia*, (Nutrimite®, Biobest NV) per kooi toegevoegd door met een dikke kwast dit zo gelijkmatig mogelijk over de planten te verdelen. De hoeveelheid van 0.2 g/kooi komt overeen met een dichtheid van 1 kg/ha. De roofmijten waren afkomstig van kweken op stuifmeel van Wageningen UR Glastuinbouw en werden in week 30, 31 en 33 geïntroduceerd in een dichtheid van 100 vrouwtjes/kooi. In week 33 werd bij *I. degenerans* een mix van stadia ingezet, vanwege een tekort aan vrouwtjes in de kweek. Californische trips werd niet geïntroduceerd, maar kwam spontaan opzetten, waarschijnlijk door een restpopulatie die ondanks de bespuitingen met pesticiden was achtergebleven van de vorige proef. De populaties trips en roofmijten in het gewas zijn van week 32 tot en met week 42 gevolgd door ieder twee weken per kooi 20 willekeurig gekozen bladeren te beoordelen, 10 bladeren laag in het gewas en 10 bladeren hoger in het gewas. De verzamelde bladeren werden in het laboratorium onder een binoculair beoordeeld en daarbij zijn de aantallen roofmijten en trips geteld. Van de aangetroffen roofmijten werden microscopische slides gemaakt voor soorten-identificaties. Statistische verschillen in roofmijt- en tripsdichtheden zijn geanalyseerd met GLMM met een Poissonverdeling van de data. De gemiddelde temperatuur in deze periode was 21.0 °C en de luchtvochtigheid 77 %. Door een storing met de klimaatbox is er een onbedoelde tijdelijke hittepiek geweest op een middag in week 33. De temperatuur was daardoor gedurende 4 uur hoger dan 40°C. Dit vond plaats na de laatste introductie van de roofmijten.

6.2.3 Ontwikkeling roofmijten bij hoge en lage luchtvochtigheid

Het effect van luchtvochtigheid op de ontwikkeling van vier verschillende soorten roofmijten is getest in twee Fitotron klimaatkasten op rozenplanten (Figuur 6.1). De relatieve luchtvochtigheid was ingesteld op 80 en 50%, beide bij een constante temperatuur van 20°C en 16 uur licht (325 mmol) per dag. Dezelfde roofmijten die in de vorige kasproef zijn getest, zijn ook meegenomen in dit onderzoek: *A. swirskii*, *E. gallicus*, *E. ovalis* en *I. degenerans*. Alle roofmijten waren afkomstig van laboratoriumkweken op Lisdoddestuifmeel. De experimentele eenheid bestond uit één jonge rozenplant cv Lucky Red (Leo Ammerlaan) op een steenwolk in een plastic pot. Per roofmijt-luchtvochtigheid-combinatie zijn 8 herhalingen ingezet, wat in totaal neerkomt op 64 planten die zijn verdeeld over de 2 klimaatkasten. Per plant zijn 10 roofmijtvrouwtjes ingezet. Tegelijkertijd werd aan iedere plant 5 mg stuifmeel van *Typha angustifolia* (Nutrimite, Biobest) toegevoegd. Dit werd 2x herhaald, na 4 en 8 dagen. Water werd 2 keer per week in de plastic potten handmatig toegediend. Twee weken na de introductie van de roofmijten is het totaal aantal eieren, larven nimfen en volwassenen van de roofmijten geteld met een destructieve planttelling onder een binoculair.

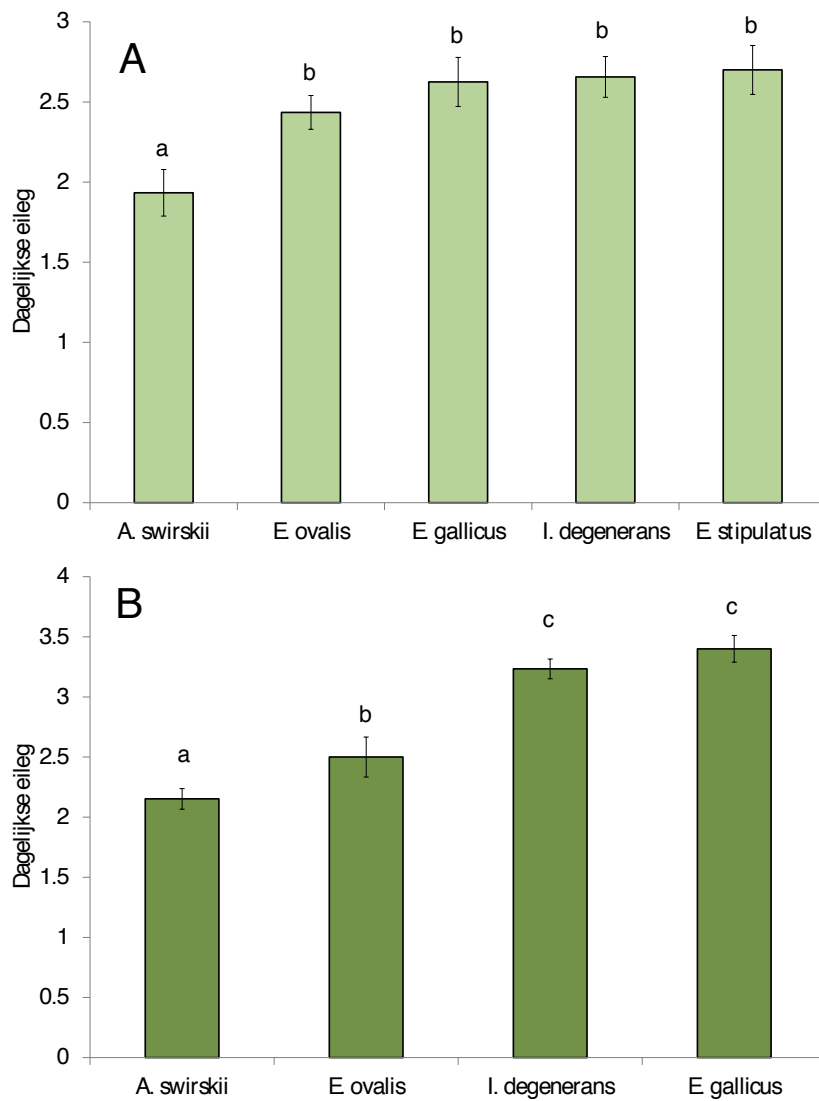


Figuur 6.1 Klimaatkast met daarin 32 rozenplanten waarop de ontwikkeling van roofmijten is getest.

6.3 Resultaten

6.3.1 Laboratoriumtesten met stuifmeel

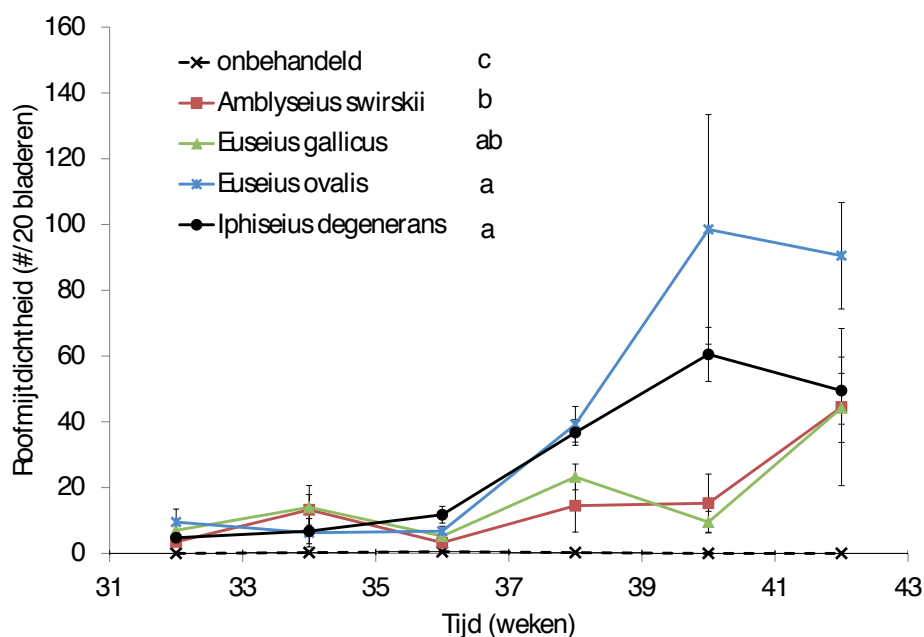
Zowel op roos als paprika geven alle Type IV roofmijten een significant hogere eileg dan *A. swirskii* (Figuur 6.2). Op paprika was de eileg over het algemeen iets hoger dan op roos.



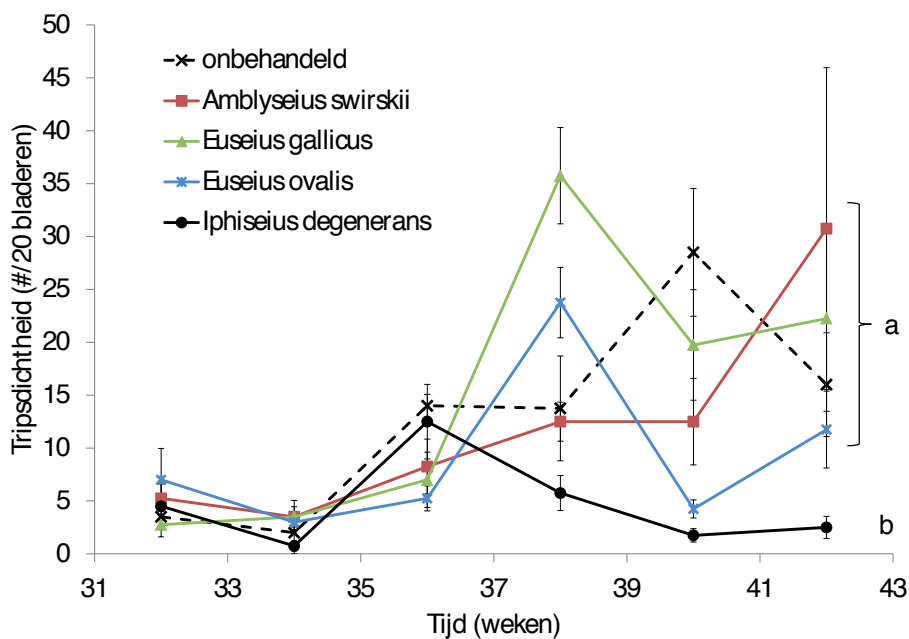
Figuur 6.2 Gemiddeld ($\pm$ SE) aantal eieren dat verschillende soorten roofmijten per dag leggen op bladpensen van roos (A) of paprika (B) met lisdoddestuifmeel, *Typha latifolia*, als voedselbron. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen per dag weer (GLM, $p < 0.05$).

6.3.2 Kasproef in roos met verschillende roofmijten

In het rozengewas bereikten de roofmijten *E. ovalis* en *I. degenerans* de hoogste dichtheden, gevolgd door *E. gallicus* en *A. swirskii* (Figuur 6.3). Bij *E. ovalis* werden zelfs dichtheden van gemiddeld 5 per blad gehaald. In week 36 zakten de meeste roofmijten naar een lage dichtheid, terwijl *I. degenerans* nog steeds een geleidelijk toenemende lijn laat zien. Dit suggereert dat *I. degenerans* beter bestand was tegen de korte hitteshock die plaats vond in week 34. In week 34 zijn er nog geen significante verschillen in roofmijtdichtheden, maar in week 36 is de dichtheid van *I. degenerans* significant hoger dan die van *A. swirskii* en *E. gallicus*. De hogere dichtheden van *I. degenerans* komt overeen met de resultaten van de tripsbestrijding (Figuur 6.4). Alleen bij *I. degenerans* werd een significante bestrijding behaald. Bij alle ander roofmijten met stuifmeel namen de tripsdichtheden sterk toe vanaf week 36. In week 38 wordt er bij *E. gallicus* zelfs significant meer trips waargenomen dan bij onbehandeld.



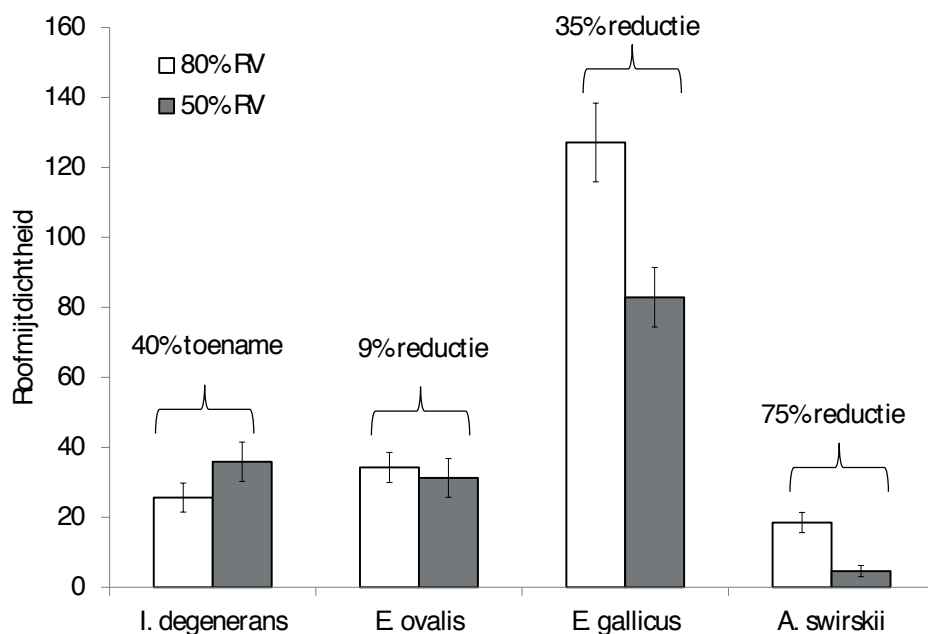
Figuur 6.3 Populatieontwikkeling van 4 soorten roofmijten in roos (Avalanche+) met trips en stuifmeel. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal mobiele roofmijtstadia (dus exclusief eieren) per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $p < 0.05$).



Figuur 6.4 Populatieontwikkeling van trips in roos (Avalanche+) bij verschillende roofmijtbehandelingen gecombineerd met een wekelijkse stuifmeeltoevoeging en bij een behandeling zonder roofmijten en stuifmeel. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal tripslarven per 20 bladeren. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $p < 0.05$).

6.3.3 Ontwikkeling roofmijten bij hoge en lage luchtvochtigheid

Op basis van de klimaatkastproef lijkt *A. swirskii* de meest gevoelige roofmijt voor lage luchtvochtigheden, gevolgd door *E. gallicus* (Figuur 6.5). Bij beide roofmijten werd een significante reductie gevonden in populatiegroei bij 50% RV ten opzichte van 80% luchtvochtigheid. Bij *I. degenerans* en *E. ovalis* was er geen significant verschil. Bij *I. degenerans* was er zelfs een grotere populatiegroei bij de lage luchtvochtigheid dan bij de hoge luchtvochtigheid (Figuur 6.5). De totale groei was opvallend goed bij *E. gallicus*, terwijl *A. swirskii* in deze proef een slechte populatiegroei liet zien.



Figuur 6.5 Gemiddelde roofmijtdichtheid ($\pm$ SE) per rozenplant 2 weken na een introductie van 10 vrouwtjes per plant bij een luchtvochtigheid van 80 en 50%.

6.4 Discussie en conclusies

Zoals verwacht ontwikkelen de Type IV roofmijten *I. degenerans*, *E. ovalis*, *E. gallicus* en *E. stipulatus* zich beter op stuifmeel dan de generalistische roofmijt (Type III) *A. swirskii*. In de kasproef op roos werden gedurende de hele proefperiode de hoogste populatiedichtheden bereikt bij de roofmijten *E. ovalis* en *I. degenerans*, maar vooral *E. ovalis* viel op door de extreem hoge dichtheden in de laatste weken. Echter de beste bestrijding werd behaald met *I. degenerans*. De onbedoelde hittepiek heeft mogelijk effect gehad op de resultaten. Het is bekend dat deze roofmijt relatief goed bestand is tegen lage luchtvochtigheden; de LH 50, de "Lethal Humidity" waarbij 50% van de eieren sterven ligt voor *I. degenerans* bij 56%, terwijl voor de meeste andere roofmijten dit tussen de 60 en 70% ligt (Williams *et al.* 2004; Ferrero *et al.* 2010). De LH50 van *E. ovalis* is niet bekend, maar de resultaten van de klimaatcelproef suggereren dat deze roofmijt net als *I. degenerans* redelijk goed bestand is tegen lage luchtvochtigheden. Dat kan verklaren dat deze roofmijt zich ook beter vestigde dan bijvoorbeeld *E. gallicus*, terwijl op basis van de eilegtesten er juist een hoge dichtheid van *E. gallicus* te verwachten was. Bij afwezigheid van de hittepiek waren de resultaten dus mogelijk anders.

Het is aannemelijk dat trips beter bestand is tegen een tijdelijke hittepiek dan de roofmijten, omdat de eieren van trips in de plant worden gelegd en daardoor minder snel uitdrogen. Dat heeft er waarschijnlijk toe geleid dat er een periode met relatief veel trips en weinig roofmijten ontstond. Modelberekeningen (hoofdstuk 7) geven aan dat er dan een risicovolle periode ontstaat waarbij bijvoeren averechts kan werken en tot verhoogde tripsdichtheden kan lijden. Dit was het geval voor *E. gallicus* waarbij de tripsdichtheid tijdelijk significant hoger was dan bij onbehandeld. Het is dus aan te bevelen om in dergelijke situaties snel de roofmijntintroducties te verhogen en het bijvoeren tijdelijk uit te stellen. De roofmijten *I. degenerans* en *E. ovalis* zijn minder vatbaar voor lage luchtvochtigheden waardoor het risico op tijdelijke tripstoenames bij lage luchtvochtigheden bij deze soorten minder groot is.

7 Modelvoorspellingen voor gebruik van additioneel voedsel

7.1 Inleiding

De variatiemogelijkheden voor inzet van roofmijten en additioneel/alternatief voedsel zijn groot. Sommige roofmijten ontwikkelen zich bijvoorbeeld beter op stuifmeel dan andere soorten, maar consumeren per individu minder trips. Ook de kwaliteit van het voedsel voor roofmijten en voor trips kan variëren. Door al deze variabelen is het moeilijk te voorspellen wat uiteindelijk het meest gunstig is voor de biologische bestrijding van trips. Modelberekeningen kunnen helpen om deze scenario's door te rekenen om tot onderbouwde aanbevelingen te komen. In 2002 hebben Paul van Rijn en collega's in een wetenschappelijk artikel een simulatiemodel gepubliceerd waarmee voorspeld kan worden wat het effect van stuifmeel is op de bestrijding van trips met roofmijten (van Rijn *et al.* 2002). Voor dit project heeft Paul van Rijn, wederom werkzaam bij de Universiteit van Amsterdam, dit model opnieuw gebruikt om een aantal scenario's door te rekenen. Daarbij hebben we 4 hoofdvragen geformuleerd:

1. Bij welke ratio's van trips en roofmijt is bijvoeren een risico?
2. In hoeverre beïnvloedt de voedingswaarde van het alternatief voedsel voor trips en roofmijten voor de biologische bestrijding met roofmijten?
3. In hoeverre heeft het gewas effect op de populatiedynamica van trips en roofmijten met en zonder stuifmeel?
4. Hoe lang moet doorgedaan worden met het inzetten van alternatief voedsel?

Voor bovengenoemde vragen zijn diverse modelscenario's doorgerekend.

7.2 Modelopbouw en aannames

Het model dat gebruikt is om scenario's door te rekenen is een populatiedynamisch model zoals beschreven door van Rijn *et al.* (2002). Dit bestaat uit drie vergelijkingen die aantallen tripsen in diverse stadia weergeven, drie vergelijkingen die aantallen roofmijten in diverse stadia weergeven en een vergelijking dat de hoeveelheid alternatief voedsel weergeeft.

Bij de formulering van dit model zijn de volgende aannames gedaan:

1. Het alternatief voedsel wordt homogeen verspreid over de bladeren, wordt regelmatig toegediend en wordt zowel door de roofmijten als door de trips gegeten.
2. De roofmijten eten tripsen alleen als deze nog klein zijn: gedurende de eerst 2.5 dag van hun larvale ontwikkeling (dit komt overeen met het eerste larve stadium en een klein deel van het tweede larve stadium). Met stuifmeel als alternatief voedsel of een betere waardplant als gewas groeien de larven sneller en duurt dit stadium dus korter.
3. Met stuifmeel leggen de tripsen veel meer eitjes dan met alleen het gewas als voedsel (twee keer zoveel in het basismodel met lisdodde-stuifmeel, (Leman & Messelink 2015; Vangansbeke *et al.* 2016).
4. De consumptie door roofmijten wordt gelimiteerd door hun zoeksnelheid en maximale darminhoud. Bij hogere prooidichtheden neemt de consumptie steeds minder toe totdat een maximum wordt bereikt. Het benutten van alternatief voedsel vermindert de consumptie van trips, in het basismodel tot 40% van de maximale consumptie bij hoge stuifmeeldichtheden.
5. De eileg van roofmijten houdt direct verband met de hoeveelheid voedsel in de darm en neemt dus toe met het voedselaanbod totdat een maximum is bereikt. Trips en stuifmeel zijn voor eileggende vrouwtjes gelijkwaardig voedsel.
6. De ontwikkeling van roofmijten gaat sneller als stuifmeel aanwezig is dan wanneer trips de enige voedselbron is (Vangansbeke *et al.* 2016).

De parameters van het basismodel zijn zoveel mogelijk gebaseerd op wetenschappelijke publicaties. De ontwikkeling en eileg van de californische trips is gebaseerd op metingen op komkommer (van Rijn *et al.* 1995). De invloed van alternatief voedsel (stuifmeel en artemia) op trips en op roofmijten, alsook de levensgeschiedenis van roofmijt (*A. swirskii*) op trips, is gebaseerd op de uitgebreide studie van Vangansbeke *et al.* (2016). Dit betekent voor de trips een verkorting van de ontwikkelingsduur (van ei tot ei) met 1.2 dag en een verhoging van de eilegsnelheid met 100% in aanwezigheid van stuifmeel. Voor de roofmijten betekent het een verkorting van de ontwikkelingsduur (van ei tot ei) met 1.8 dag en een verhoging van de maximale eilegsnelheid met 35% in aanwezigheid van stuifmeel. De prooiconsumptie van roofmijten neemt met stuifmeel af overeenkomstig het darm-limitatie-model en de metingen van Van Rijn *et al.* (2005) dat is uitgebreid naar twee voedselbronnen (Van Rijn & Sabelis, in prep.). De consumptie van stuifmeel en ander alternatief voedsel is weinig onderzocht. Er is uitgegaan van de hoogst gemeten waarden in literatuur (1000 korrels/uur), die lager liggen dan het genoemde consumptiemodel voorspeld. Alle parameters zijn gemeten bij 25 °C maar zijn in het model gecorrigeerd voor een gemiddelde temperatuur van 22°C. Het oorspronkelijk model bleek goede voorspellingen te geven voor kasproeven in komkommer (Van Rijn *et al.* 2002), en blijkt ook na de aanpassingen op basis van nieuw onderzoek (zeker kwalitatief) nog goed te kloppen. De modelberekeningen (simulaties) zijn standaard gestart met één tripsdichtheid (1 trips (alle stadia) per dm² bladoppervlak) en twee roofmijt-dichtheden (0.6 of 3 volwassen roofmijten per dm²), en doorgerekend over een periode van 10 weken (70 dagen). Tevens zijn de evenwichtsdichtheden berekend die gewoonlijk bereikt worden in 100-300 dagen.

7.3 Scenarioberekeningen

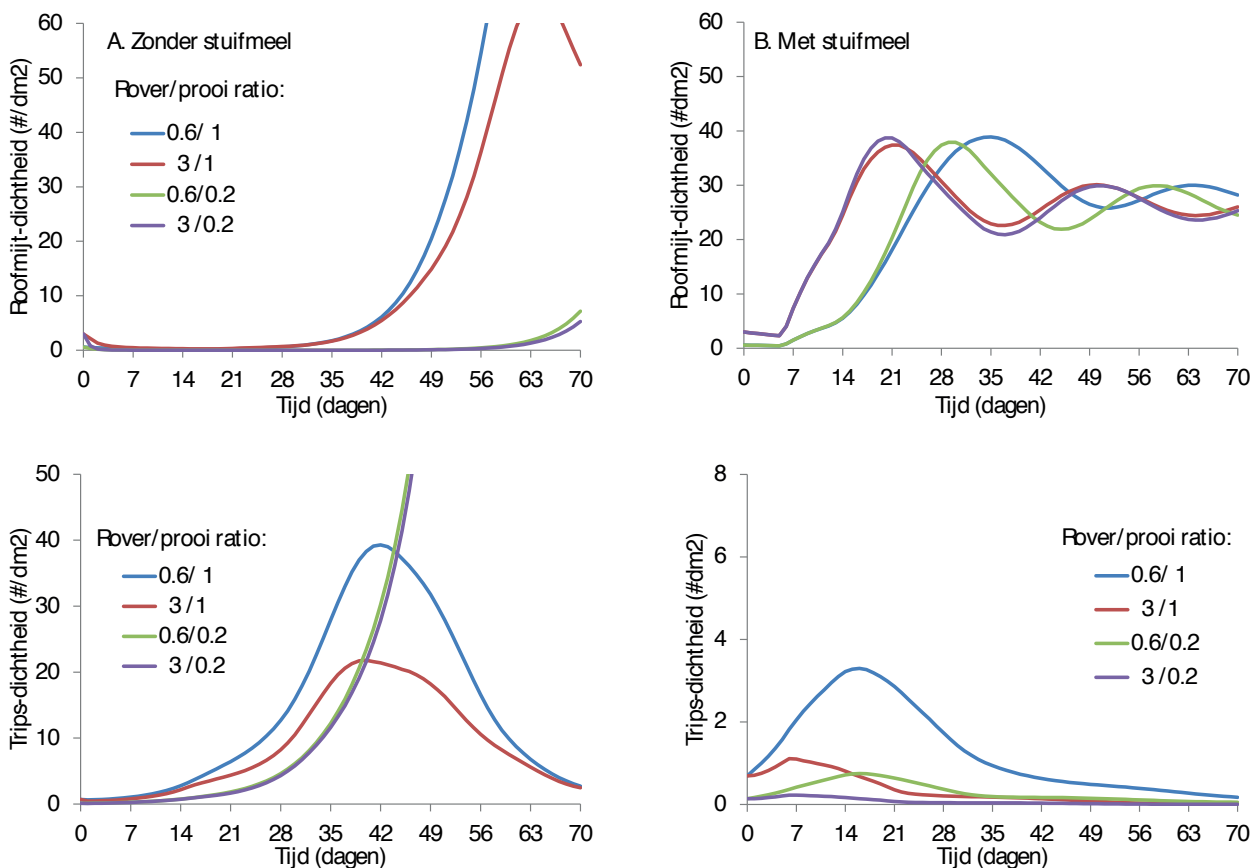
De uitkomsten van het basismodel, zowel met en zonder stuifmeel als alternatief voedsel, werden vergeleken met scenario-uitkomsten na aanpassing van bepaalde parameters.

1. Voor de het vaststellen van de effecten van de rover-prooi ratio's is de standaard tripsdichtheid (1/dm²) zowel verlaagd als verhoogd met een factor 5.
2. Voor het vaststellen van de effecten van de stuifmeel-kwaliteit zijn de effecten van lisdoddestuifmeel (in het standaard model) vergeleken met die van denne-stuifmeel, dat nog eens een verdubbeling van de eileg van trips zou geven (Hulshof *et al.* 2003) en een halvering van de eileg bij de roofmijten (van Rijn & Tanigoshi 1999).
3. Een vergelijking tussen stuifmeel en artemia-cysten als alternatief voedsel is gebaseerd op de resultaten van Vangansbeke *et al.* (2016). Voor trips betekent dit geen verkorting van de ontwikkeling en een kleinere verhoging van de eileg (35% ipv 100%). Voor de roofmijten betekent dit een kleiner (1.1 dag, bij *Artemia franciscana*) of geen effect (bij Artifeed) op de ontwikkeling en respectievelijk eenzelfde of een 50% lagere eilegsnelheid.
4. Voor de effecten van het soort roofmijten is het standaard model, gebaseerd op *A. swirskii*, vergeleken met die gebaseerd op *Euseius gallicus* (zoals gerapporteerd in voorgaand hoofdstuk en in Van Houten *et al.* 2016), met als aannamen: (a) met veel stuifmeel heeft de roofmijt een 50% hogere eileg (zie voorgaande hoofdstuk), (b) extra consumptie van stuifmeel gaat (via de darmvulling) ten koste van tripsconsumptie (deze gaat bij halve introductiedichtheid van 80% naar 30% van het maximum en bij meer stuifmeel snel naar nul), en (c) de roofmijt heeft ook met alleen trips een 20% lagere consumptie en dito eileg t.o.v. *A. swirskii*. Of dit laatste effect ook op *E. gallicus* van toepassing is is nog niet duidelijk, door het ontbreken van vergelijkend onderzoek.
5. De effecten van het gewas zijn in kaart gebracht door het standaard model (met een populatiegroeisnelheid bij 25 °C voor trips van 0.167/dag, zoals gemeten op komkommer) te vergelijken met de hogere waarde van Vangansbeke *et al.* (2016) (0.210/dag gemeten op boon) en een vergelijkbare verlaging van de tripsgroei (naar 0.132/dag) zoals mogelijk van toepassing is op chrysant of roos. Dit verschil wordt mede veroorzaakt door een verkorting of verlenging van de larvale periode (met 0.8 dag). In alle gevallen is aangenomen dat stuifmeel voor een verdubbeling van de eilegsnelheid zorgt.
6. De effecten van de duur van inbrengen van stuifmeel zijn onderzocht door deze duur in stappen van 1 week te verkorten.

7.4 Resultaten

7.4.1 Rover/prooi-ratio's

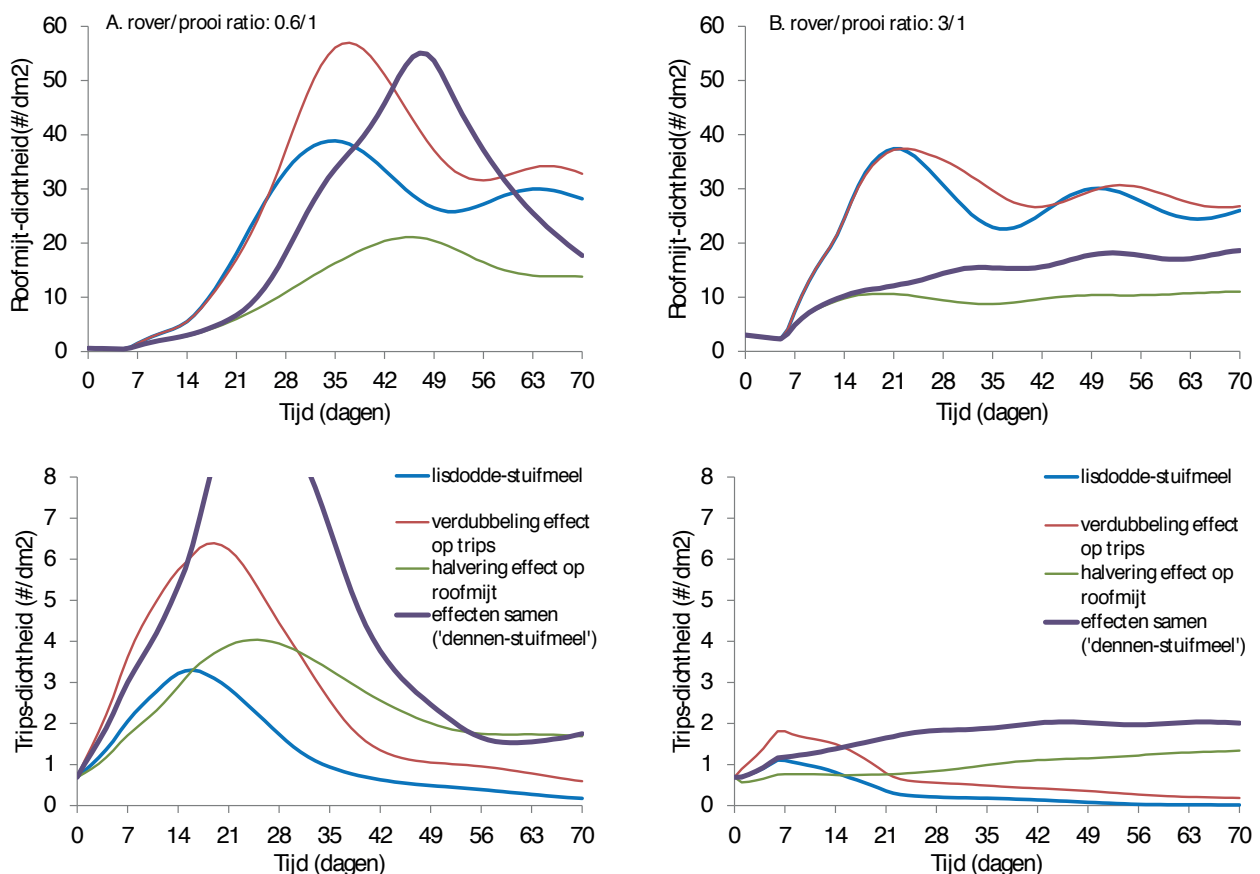
In afwezigheid van alternatief voedsel en een eenmalige inbreng van roofmijten neemt het bestrijdingsresultaat af met een toename van de rover-prooi-ratio. Dit komt doordat bij lage tripsdichtheden ($< 1/\text{dm}^2$) de aantallen roofmijten aanvankelijk snel afnemen (Figuur 7.1). In aanwezigheid van stuifmeel wordt deze afname voorkomen en neemt het bestrijdingseffect juist toe bij een toename van de rover-prooi-ratio (Figuur 7.3). In aanwezigheid van stuifmeel kan de trips aanvankelijk wel sneller toenemen dan zonder stuifmeel, maar dit effect wordt snel teniet gedaan door de hogere aantallen roofmijten die zich kunnen ontwikkelen. Alleen bij de hoogste begindichtheid van trips die getest is ($25/\text{dm}^2$, Figuur 7.3) duurt deze periode van ongeremde groei lang genoeg om het netto bestrijdingseffect met stuifmeel net iets slechter te laten uitpakken dan zonder stuifmeel.



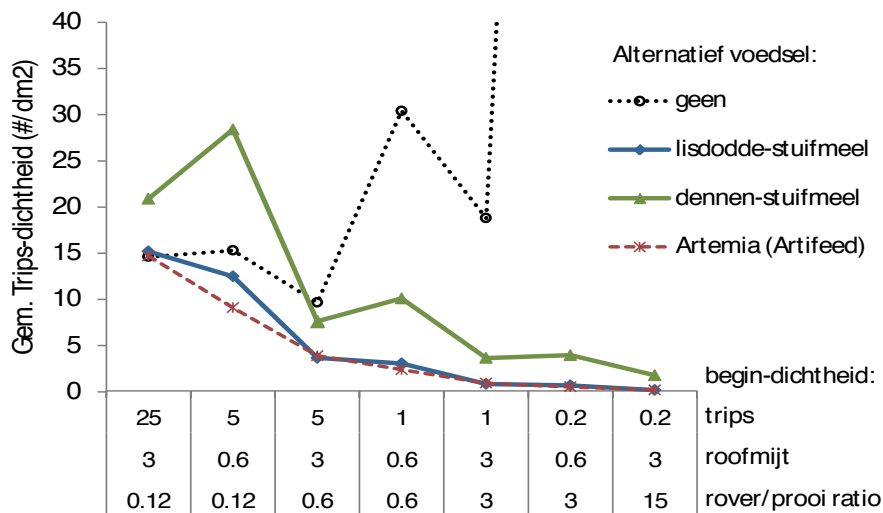
Figuur 7.1 Populatieontwikkeling van roofmijt (boven) en trips (onder) in continue aan- en afwezigheid van stuifmeel (A en B) als alternatief voedsel bij verschillende initiële rover/prooi ratio's. Let op de verschillen in de schaling van de trips-dichtheden.

7.4.2 Effect stuifmeel-kwaliteit

Lisdodde produceert een soort stuifmeel dat goed is voor roofmijten, maar matig goed voor trips. Inzet van andere stuifmeelsoorten zou een risico kunnen zijn voor de bestrijding van trips wanneer die juist minder goed is voor de roofmijten en beter voor de trips. Uit de berekeningen blijkt (bij de gekozen rover/prooi ratio's, Figuur 7.2) dat een verdubbeling van de eileggsnelheid van trips met stuifmeel aanvankelijk ook bijna een verdubbeling van de tripsdichtheid geeft, maar dat de dichtheid uiteindelijk weer naar nul gaat. Een halvering van de eileg van roofmijten geeft juist weinig verschil aan het begin van de interactie, maar zorgt ervoor dat de trips uiteindelijk op een hoger evenwichtsniveau stabiliseert. Voor de uiteindelijke bestrijding van trips is de voedingswaarde van het stuifmeel voor de roofmijt dus belangrijker dan de voedingswaarde van het stuifmeel voor trips. De combinatie van eigenschappen, zoals waarschijnlijk bij dennenstuifmeel het geval is, levert (bij intermediaire ratio's) ook een combinatie van beide ongunstige effecten op, dus een hogere piekdichtheid aan het begin en een hoger evenwichtsniveau. Bij lagere rover/prooi-ratio's kan met dennenstuifmeel die eerste tripspiek zo groot worden dat ook het gemiddelde over 70 dagen hier zelfs hoger ligt dan zonder stuifmeel (vergelijk groene met gestippelde lijn in Figuur 7.3). Bij hogere rover/prooi-ratio's treed de eerste piek niet op en is het effect op de tripsbestrijding vrij beperkt (Figuur 7.3).



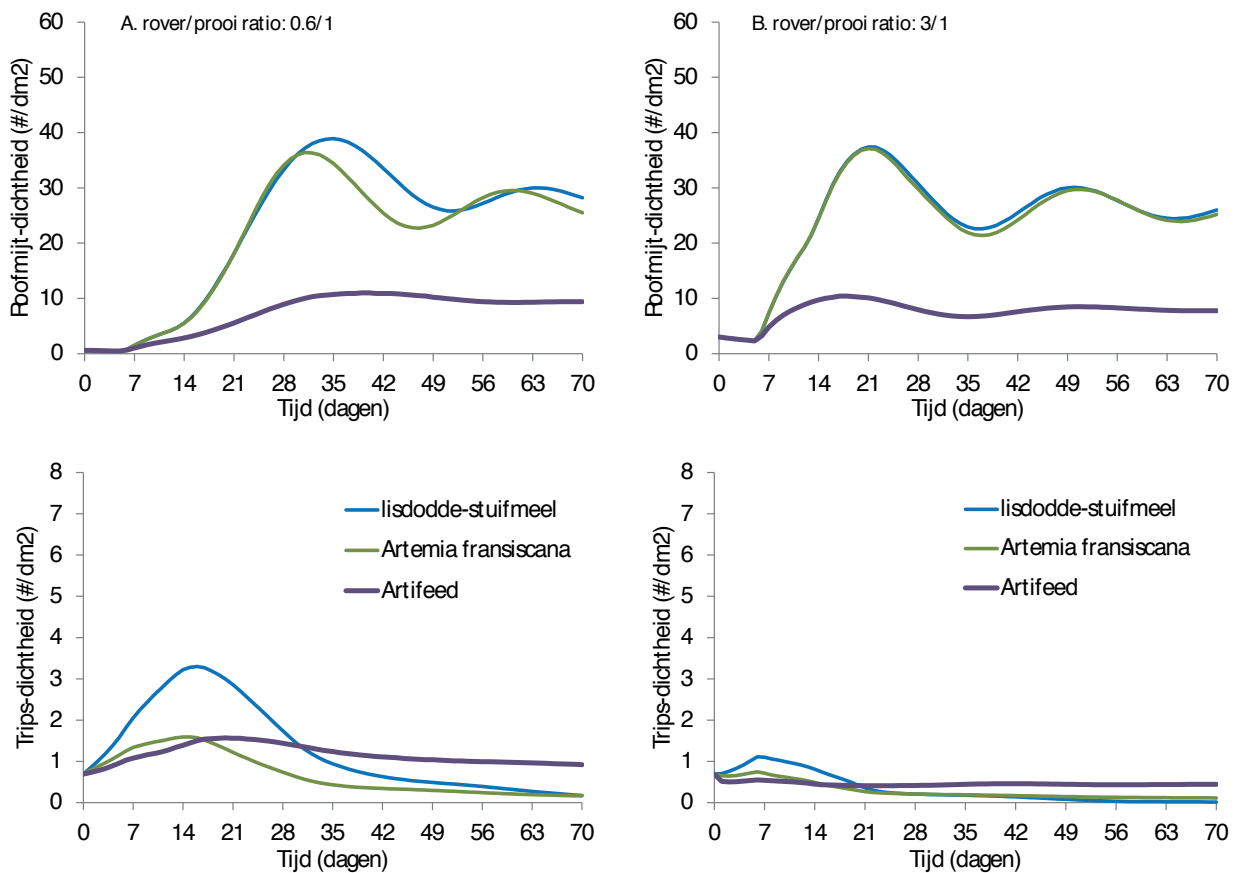
Figuur 7.2 Populatieontwikkeling van roofmijt (boven) en trips (onder) bij verschillende kwaliteiten van het stuifmeel als alternatief voedsel voor roofmijt en trips, bij twee initiële rover/prooi ratio's. Bij rood is aangenomen dat de trips met het stuifmeel zijn eileggsnelheid nog eens kan verdubbelen (dus verviervoudigen t.o.v. alleen bladmateriaal). Bij groen is aangenomen de de roofmijt met alleen het stuifmeel maar half zoveel eieren kan leggen (t.o.v. lisdodde-stuifmeel). Bij paars zijn deze effecten gecombineerd (zoals mogelijk bij dennen-stuifmeel het geval is).



Figuur 7.3 Tripsdichtheid gemiddeld over 70 dagen bij verschillende initiële rover/prooi ratio's en bij verschillende soorten alternatief voedsel.

7.4.3 Stuifmeel versus Artemia

Omdat stuifmeel ook door trips kan worden gebruikt, wordt ook wel gepleit voor ander alternatief voedsel dat niet of minder geschikt is voor trips. Cysten van artemia is zo'n een soort voedsel, maar is ook minder gunstig voor roofmijten. De vraag is of met artemia een beter resultaat worden bereikt dan met stuifmeel. Dit voer komt voor in meerdere kwaliteiten. Beide soorten artemia uit de studie van Vangansbeke *et al.* (2016) hebben hetzelfde beperkte effect op de trips (geen verkorting van de ontwikkeling en een veel kleinere verhoging van de eileg). De meest kwalitatieve *Artemia franciscana* heeft daarnaast een effect op de roofmijt (*A. swirskii*) dat vergelijkbaar is met stuifmeel, maar geeft een minder sterke verkorting van de ontwikkeling. De simulatie laat, zoals verwacht, een kleinere tripspiek aan het begin zien, maar wel een iets hoger eindniveau (0.1 ipv 0) dan bij stuifmeel (zie Figuur 7.4). De andere kwaliteit artemia ('Artifeed') heeft bijna geen effect op de ontwikkeling en een (50%) lager effect op de eileg van de roofmijt. Hierdoor ligt het evenwichtniveau van trips weer een stukje hoger. Door de kleinere reductie van de consumptie van trips wordt de tripspiek van de eerste twee weken echter nog kleiner (Figuur 7.4). Gemiddeld over de 70 dagen ontlopen de tripsdichtheden elkaar niet veel, ook niet bij andere rover/prooi ratio's (zie rode lijn in Figuur 7.3).

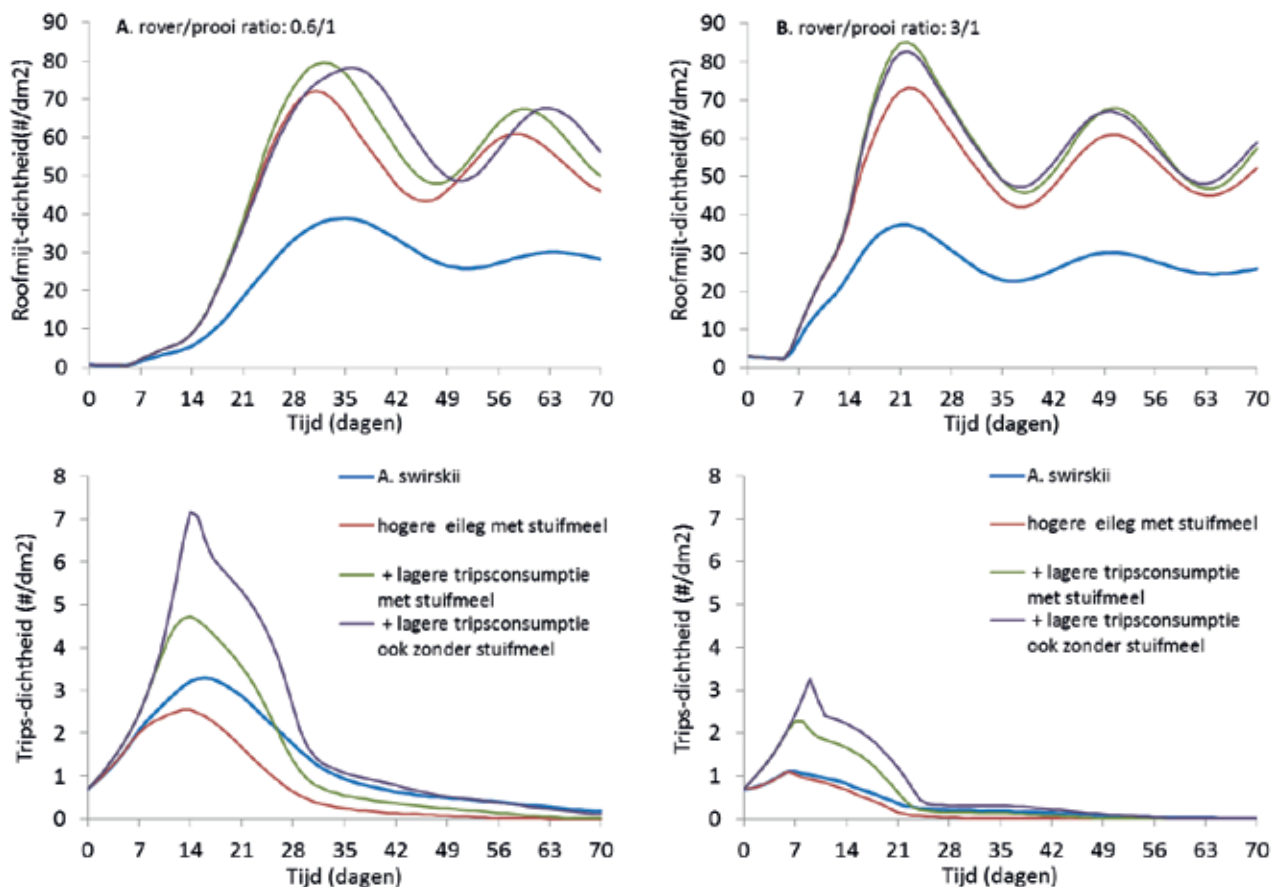


Figuur 7.4 Populatieontwikkeling van rooftermit (boven) en trips (onder) bij verschillende soorten alternatief voedsel (stuifmeel en 2 soorten artemia), bij twee initiële rover/prooi ratio's. Bij beide artemia soorten is aangenomen dat de trips daarmee zijn ontwikkeling niet kan versnellen (zoals wel bij stuifmeel het geval is) en dat de eileg maar met 35% verhoogd wordt (i.p.v. met 100%). Bij groen kan de rooftermit met het alternatieve voedsel zijn ontwikkeling maximaal met 1.1 dag verkorten (i.p.v. 1.8 dag met stuifmeel) maar is het effect of de eileg hetzelfde als bij stuifmeel. Bij paars ('Artifeed') is er geen verkorting van de rooftermitontwikkeling, en is het effect op de eileg half zo groot als bij stuifmeel. Dit alles overeenkomstig de resultaten van Vangansbeke et al. (2016).

7.4.4 Ander type rooftermijten

Naast de veel gebruikte rooftermijten *N. cucumeris* en *A. swirskii* zijn er ook rooftermitsoorten (*Euseius* spp.) die nog efficiënter zijn met stuifmeel, maar minder trips consumeren, zeker in aanwezigheid van stuifmeel. Kunnen deze rooftermijten in aanwezigheid van stuifmeel hogere aantallen bereiken en daardoor toch effectiever zijn?

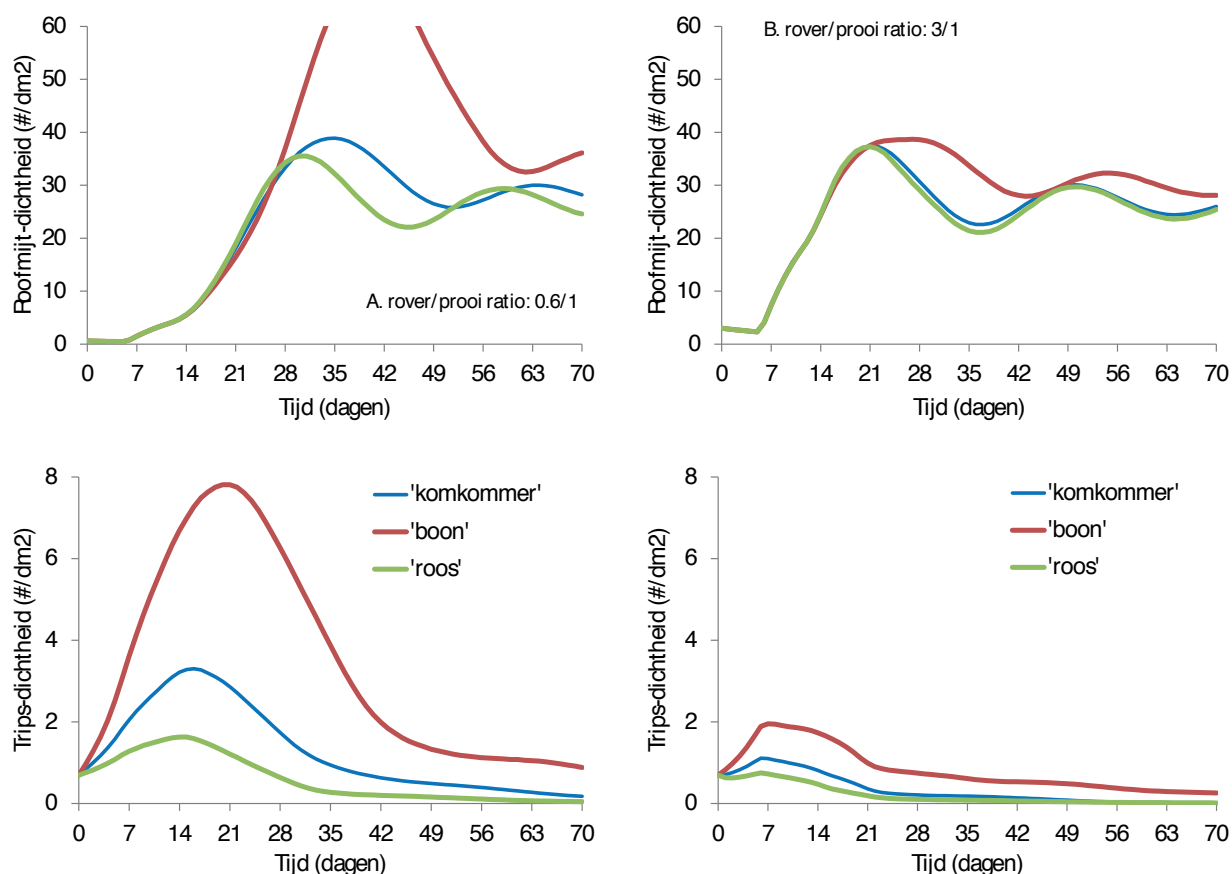
De modelberekeningen laten zien (zie Fig. 7.5) dat een betere benutting van het stuifmeel leidt tot een sterkere toename van de rooftermijten. Als de stuifmeelconsumptie direct ten koste gaat van de tripsconsumptie leidt dit aanvankelijk tot een hogere tripspopulatie (groene lijn in Fig. 7.5). Door de grote rooftermijtdichtheid leidt dit tot later toch tot een sterkere verlaging van de tripsdichtheid. Alleen als de alternatieve rooftermijten ook al een lagere consumptie en eileg hebben wanneer er alleen tripsen aanwezig zijn (paarse lijn), kan ook de verlaging van de tripsdichtheid wat langzamer gaan. In alle gevallen voorspelt het model dat de dichtheid van trips op de langere termijn naar nul gaat.



Figuur 7.5 Populatieontwikkeling van roofmijt (boven) en trips (onder) bij verschillende typen roofmijten, bij twee initiële rover/prooi ratio's. Blauw: het standaardmodel met *A. swirskii*. Rood: de roofmijt heeft met veel stuifmeel een 50% hogere eileg, zonder dat dit effect heeft op de tripsconsumptie. Groen: de roofmijt heeft met stuifmeel bovendien een sterker gereduceerde tripsconsumptie (deze gaat bij halve introductiedichtheid van 80% naar 30% van maximum en bij meer stuifmeel naar nul) overeenkomstig de waarnemingen bij *I. degenerans* en mogelijk ook bij *E. gallicus*. Paars: roofmijt heeft bovendien een (20%) lagere tripsconsumptie dan *A. swirskii*, ook zonder stuifmeel.

1.1.1 Invloed gewas (via de groeisnelheid van trips)

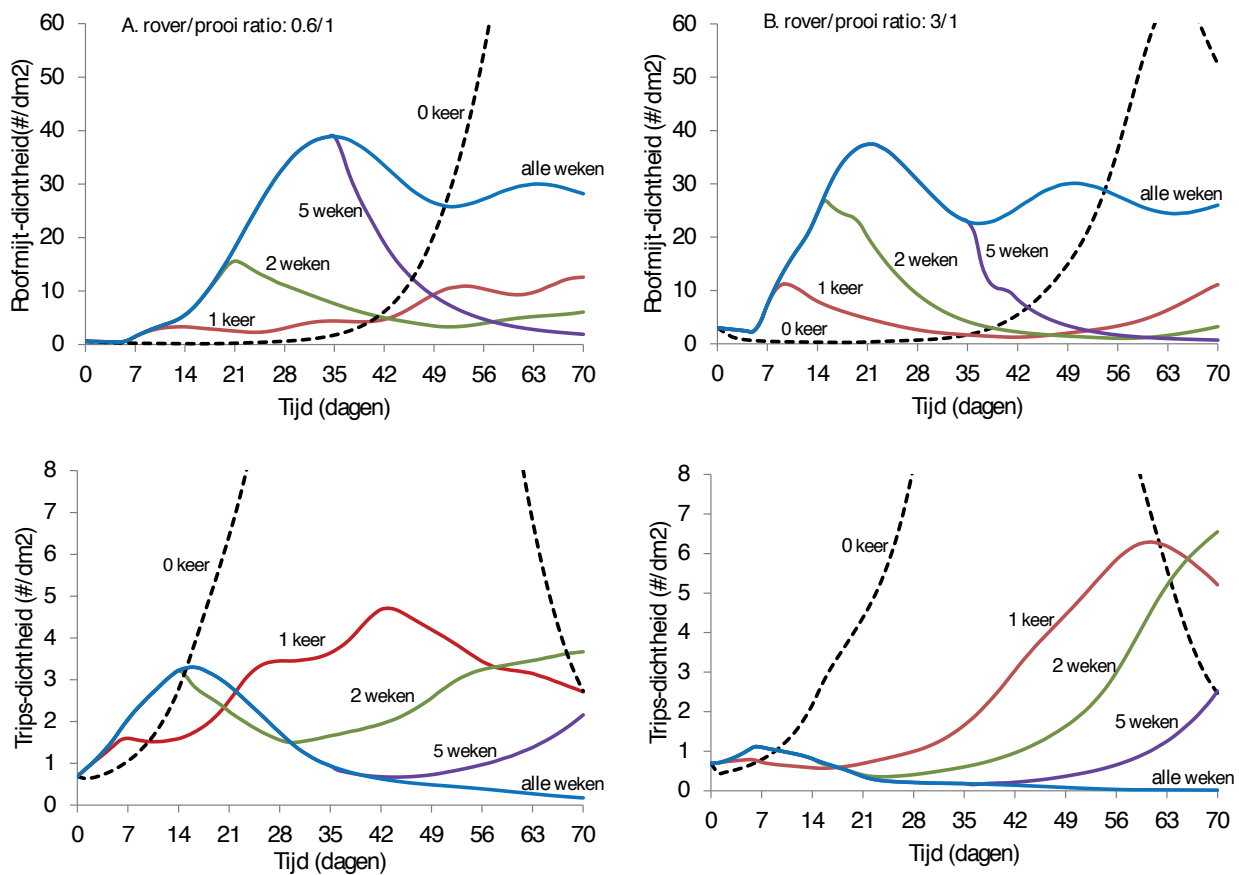
Op het ene gewas kan trips zich veel sneller ontwikkelen dan op een ander gewas. Dit heeft ook effect op de effectiviteit van biologische bestrijders. Hoe beïnvloedt alternatief voedsel deze relatie? De simulaties laten zien dat ook met stuifmeel een beter gewas aanvankelijk tot een hogere tripsdichtheid leidt, maar dat met stuifmeel deze verschillen kleiner zijn dan zonder stuifmeel (Figuur 7.6). Voor het uiteindelijke evenwichtsniveau van trips maakt het gewas niet uit; met stuifmeel is deze is altijd nul.



Figuur 7.6 Populatieweergave van roofmijt (boven) en trips (onder) bij gewassen die verschillen in hun geschiktheid voor trips, bij twee initiële rover/prooi ratio's. 'Komkommer': gemiddelde tripspopulatiegroei (0.17/dag), 'boon': hoge tripspopulatiegroei (0.21/dag), 'roos': lage tripspopulatiegroei (0.13/dag). Aangenomen is dat met stuifmeel de eileg van trips steeds twee keer zo hoog is dan met bladmateriaal alleen, en dat de roofmijten niet door het type gewas beïnvloed worden.

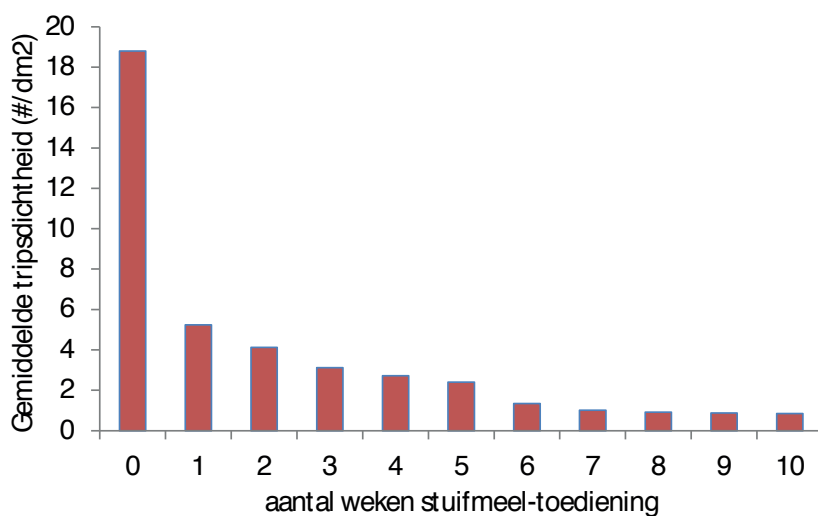
7.4.5 Invloed duur inbrengen stuifmeel

Uit de modelberekeningen (zie Figuur 7.7) is af te leiden dat 1 keer stuifmeel aanbrengen, gelijktijdig met het uitzetten van de roofmijten, aanzienlijk beter is dan helemaal geen stuifmeel geven. Ook is te zien dat als je langer stuifmeel blijft toedienen de plaagbestrijding nog beter gaat. Stoppen met toedienen kan aanvankelijk een langzamere groei van de tripsdichtheid geven, door minder voedsel voor de trips en een hogere tripsconsumptie van de aanwezige roofmijten. Eén of 2 weken later is de roofmijtdichtheid echter zodanig afgenomen dat de trips weer gaat groeien t.o.v. van de behandeling met continue stuifmeel. Dit bevestigt de gevonden resultaten in hoofdstuk 5. Alleen bij continue stuifmeel beweegt de tripsdichtheid richting nul.



Figuur 7.7 Populatieontwikkeling van roofmijt (boven) en trips (onder) bij verschillende periodes van stuifmeelvoorziening, bij twee initiële rover/prooi ratio's.

Indien je de kosten-overwegingen meeneemt, is het (voor de teelt op zich) waarschijnlijk niet nodig om tot het einde van de teeltperiode met toedienen van stuifmeel door te gaan, omdat het verschil in de laatste weken nog maar klein is (zie Figuur 6.8).



Figuur 7.8 Gemiddelde tripsdichtheid over een periode van 10 weken bij verschillende periodes van stuifmeelvoorziening. Initiële rover- en trips-dichtheid: 3 en 1/dm².

7.5 Discussie en conclusies

De betrouwbaarheid van rekenmodellen, zoals hier zijn gebruikt, wordt grotendeels bepaald door de betrouwbaarheid van de aannamen die in deze modellen worden gemaakt. Deze betrouwbaarheid is waarschijnlijk vrij groot als het gaat om de aannamen in het basismodel, t.a.v. de biologie van de trips (*F. occidentalis*) en de roofmijt (*A. swirskii*), en van de invloed van (lisdodde)stuifmeel, omdat deze in een reeks van studies goed is vastgesteld, waaronder die van Vangansbeke *et al.* (2016). De wijze waarop de dichtheden van beide populaties elkaar beïnvloeden is vrij gedetailleerd door van Rijn *et al.* bestudeerd aan de hand van verwante roofmijtsoorten (van Rijn & Tanigoshi 1999; van Rijn *et al.* 2002; van Rijn *et al.* 2005). De op basis hiervan opgestelde rekenmodellen bleken een goede voorspelling te geven voor de trips-roofmijt-interacties zoals waargenomen in komkommerskassen (van Rijn *et al.* 2002). De verwachting is deze processen, en de daarvan afgeleide modellen even goed van toepassing zijn op *A. swirskii*. Uiteraard zijn er vele details, bijvoorbeeld veroorzaakt door de structuur van het gewas die interactie kwalitatief kunnen beïnvloeden.

Bij het doorrekenen van de diverse scenario's zijn de noodzakelijke gegevens vaak maar gedeeltelijk en eenmalig bestudeerd. Dit is het geval bij de invloed van *Artemia* en bij de verschillen tussen *A. swirskii* en *Euseius* soorten. Hier zijn de voorspellingen dus minder zeker. Zeker als de verschillen klein zijn moeten we voorzichtig zijn daar algemene conclusies aan te verbinden.

Toch is er wel een aantal conclusies te trekken die niet van onzekere aannames afhangen.

Toevoegen van alternatief voedsel voor roofmijten leidt altijd (ook als deze door de trips benut kan worden) tot een verlaging van het trips-evenwicht, en dus op langer termijn tot een beter bestrijdingsresultaat. Gedurende de aanvankelijk instabiele fase, dus kort na het introduceren van de roofmijten en het voedsel, kan alternatief voedsel (stuifmeel) dat ook door de trips kan worden benut, tijdelijk tot hogere tripsaantallen aanleiding geven. Dit moment kan echter geheel worden vermeden door met een voldoende hoge rover/prooi ratio te starten (bijv. 1 of hoger). Dit kan bereikt worden ofwel door vroeg genoeg (dus bij nog lage tripsdichtheden) roofmijten te introduceren, ofwel door later, bij hogere tripsdichtheden, hogere aantallen roofmijten los te laten.

Ten aanzien van de overige scenario's kan worden geconcludeerd:

1. Stuifmeel dat relatief gunstig is voor trips (zoals dennen-stuifmeel) kan bij lage rover/prooi ratio's tot hogere tripsaantallen leiden dan zonder stuifmeel. Indien voldoende (vroeg) rovers worden losgelaten kan dit stuifmeel echter nog steeds de tripsbestrijding verbeteren. Stuifmeel dat beter is voor de roofmijten (zoals lisdodde) zorgt wel altijd voor een beter resultaat, ook op langere termijn.
2. *Artemia* (dat voor trips minder geschikt is dan stuifmeel) zal alleen een beter bestrijdingsresultaat geven als de betere kwaliteit (*Artemia franciscana*) wordt gebruikt. Een kleine verhoging van het aantal roofmijten zal in combinatie met lisdoddestuifmeel echter eenzelfde effect hebben.
3. Roofmijt-soorten, zoals *Euseius gallicus*, die stuifmeel nog beter benutten dan *A. swirskii*, zullen door hun hogere stuifmeel-consumptie ook een lagere trips-consumptie hebben dan *A. swirskii*. Het gebruik van dergelijke roofmijten zal bij gegeven rover-prooi ratio's tijdelijk een hogere tripsdichtheid geven, maar op iets langere termijn tot een evengoed of beter bestrijdingsresultaat leiden.
4. In een gewas waarin trips zich sneller kan ontwikkelen zal aanvankelijk een hogere tripsdichtheid worden bereikt t.o.v. een minder goed gewas. Met stuifmeel zal echter uiteindelijk de trips evengoed worden gedecimeerd. De hoge trips-piek kan wederom worden vermeden door met een hogere rover/prooi ratio te starten.
5. Stuifmeel en ander alternatief voedsel kan het beste continue in het gewas aanwezig zijn om de roofmijt te blijven ondersteunen. Voor kostenbesparing kan eventueel enkele weken voor het opruimen van het gewas met de introductie worden gestopt.

8 Effecten van stuifmeel op de bestrijding van *Echinothrips* met roofmijten

8.1 Inleiding

De *Echinothrips americanus* is een zeer polyfage tripssoort die zo'n 20 jaar geleden is meegekomen met plantmateriaal uit Noord-Amerika en zich sindsdien heeft gevestigd in de Nederlandse glastuinbouw. De verminderde inzet van breedwerkende insecticiden heeft er waarschijnlijk aan bijgedragen dat *Echinothrips* in steeds meer gewassen opduikt. Anders dan de californische trips, welke een typische bloementrips is, heeft *Echinothrips americanus* een voorkeur voor bladeren. De trips is te herkennen aan zijn zwarte uiterlijk met twee duidelijke witte vlekken op zijn vleugels (Figuur 8.1) (maar niet verwarren met *Thrips setosus*). Omdat *Echinothrips* zich vaak laag in het gewas op bladeren schuilhoudt, is haar aanwezigheid in de kas nog wel eens een verrassing. Om de biologische bestrijding van andere plagen niet te verstoren, is het wenselijk om ook *Echinothrips* te bestrijden met natuurlijke vijanden. Verschillende soorten roofmijten, roofwantsen en gaasvliegen zijn in eerder onderzoek getest in het laboratorium, in kleinschalige kasproeven en in 2 praktijkproeven in een gerberateelt (Pijnakker *et al.* 2014). In deze studies gaf de roofmijt *Amblydromalus limonicus* een betere bestrijding van *Echinothrips* dan *A. swirskii*, maar de trips werd nooit volledig bestreden. De resultaten met gaasvliegen waren teleurstellend. In gerbera gaven roofwantsen een zeer goede bestrijding van *Echinothrips*, maar verder onderzoek is nodig om te bepalen wat het risico bij inzet van deze wantsen vanwege de mogelijke schade die ze aan bloemen kunnen geven (Messelink *et al.* 2015).

In dit onderzoek hebben we gekeken of de bestrijding van *Echinothrips* met stuifmeel verbeterd kan worden. Het was nog niet bekend of stuifmeel ook een voedselbron is voor *Echinothrips*. Daarom is ook naar het effect van stuifmeel op deze trips zonder roofmijten gekeken. Bij dit onderzoek is de standaard roofmijt *A. swirskii* vergeleken met de Type IV roofmijten *E. gallicus* en *E. ovalis*. Bij al deze roofmijten is ook in het laboratorium nauwkeurig bekeken welke stadia van *Echinothrips* vatbaar zijn voor roofmijten en hoeveel individuen van welk stadium per dag gegeten worden.



Figuur 8.1 Volwassen stadium van *Echinothrips americanus*.

8.2 Materiaal en methoden

8.2.1 Predatietesten in het laboratorium

In het laboratorium is bepaald voor de roofmijten *A. swirskii*, *A. limonicus*, *E. ovalis* en *E. gallicus* welke stadia van *Echinothrips* ze eten en wat daarbij de dagelijkse predatiesnelheid is. Deze experimenten zijn uitgevoerd in 30 ml transparantie medicijncupjes met daarin een paprikabladdopson met een diameter van 2.5 cm op wateragar. De cupjes werden afgesloten met een deksel met fijn insectengaas. Ieder cupje werd voorzien van 10 L1, L2, poppen of volwassen stadia van *Echinothrips*. Vervolgens werd één jong volwassen roofmijtvrouwtje (3-4 dagen in het volwassen stadium) voor 24 uur toegevoegd aan de cupjes toegevoegd. Na deze 24 uur werden de roofmijten in nieuwe cupjes met dezelfde dichtheden en stadia van *Echinothrips* geplaatst, en na 48 uur werd dit nog een keer herhaald. Na verwijdering van de roofmijten werd het aantal gepredeerde stadia van *Echinothrips* en het aantal roofmijteieren per cupje geteld. De gemiddelde dagelijkse predatiesnelheid per stadium werd berekend over de 3 dagen heen, maar bij de eileg zijn alleen de laatste 2 dagen gebruikt om daarmee de invloed van het vorige dieet van de roofmijten te kunnen uitsluiten. Per roofmijt en tripsstadium zijn 20 herhalingen ingezet. Het onderzoek is uitgevoerd in een klimaatcel bij 25°C en 70% luchtvochtigheid.

8.2.2 Kasproef met *A. swirskii* en *E. gallicus*

Om het effect van stuifmeel op de biologische bestrijding van *Echinothrips* met roofmijten te testen is een kasproef opgezet met paprika. In deze proef werd de veelgebruikte roofmijt *A. swirskii* vergeleken met de relatief nieuwe roofmijt *E. gallicus*. Het stuifmeel was afkomstig van de kleine Lisdodde, *Typha angustifolia* en werd geleverd door Biobest NV (Nutrimite). De proef werd uitgevoerd in de periode april-mei in een kas van 24 m² met 3 teelttafels. De experimentele eenheid bestond uit een opgepotte paprikaplant (cv Maranello, Enza Zaden) van 9 weken oud in een insectenkooi van 25*35*60 cm (maaswijdte 500 µm). Voorafgaand aan het experiment werden alle paprikabloemen verwijderd en ook nieuwe knoppen werden verwijderd om bloei te voorkomen. De planten kregen voeding via druppelaars. De volgende behandelingen werden vergeleken:

- a. *Echinothrips*.
- b. *Echinothrips* + stuifmeel.
- c. *A. swirskii* + stuifmeel.
- d. *E. gallicus* + stuifmeel.
- e. *Echinothrips* + *A. swirskii*.
- f. *Echinothrips* + *E. gallicus*.
- g. *Echinothrips* + *A. swirskii* + stuifmeel.
- h. *Echinothrips* + *E. gallicus* + stuifmeel.

De proef was opgezet als een gewarde blokkenproef met 6 herhalingen verdeeld over 3 teelttafels, dus in totaal 48 planten. Planten werden besmet met *Echinothrips* door per plant 2x 10 adulten in te zetten met een tussenperiode van een week. De roofmijten werden tegelijkertijd met de tweede tripsintroductie ingezet in een dichtheid van 10 jonge vrouwtjes/plant. Kort na het toedienen van de roofmijten werd ook het stuifmeel toegevoegd: totaal 0.013 g per plant. Dit werd zo evenredig mogelijk over de plant verdeeld met een kwast. Na twee weken werd dit herhaald. De trips- en roofmijtdichtheden werden éénmalig geteld bij een destructieve meting 3 weken na de roofmijntintroductie. Daarbij werden alle bladeren van de plant verwijderd en onder een microscoop beoordeeld. Per plant werden 20 roofmijten verzameld in preparaten om te controleren of de aanwezige roofmijten tot de soort van inzet behoorden. De gemiddelde kastemperatuur en luchtvochtigheid tijdens proef waren respectievelijk 24.2 °C (range 22.1-26.8 °C) en 66% (range 60 - 75%). Een van de behandelingen met stuifmeel en *Echinothrips* raakte besmet met roofmijten en werd daarom buiten de analyses gelaten.

8.2.3 Kasproef met *A. swirskii* en *E. ovalis*

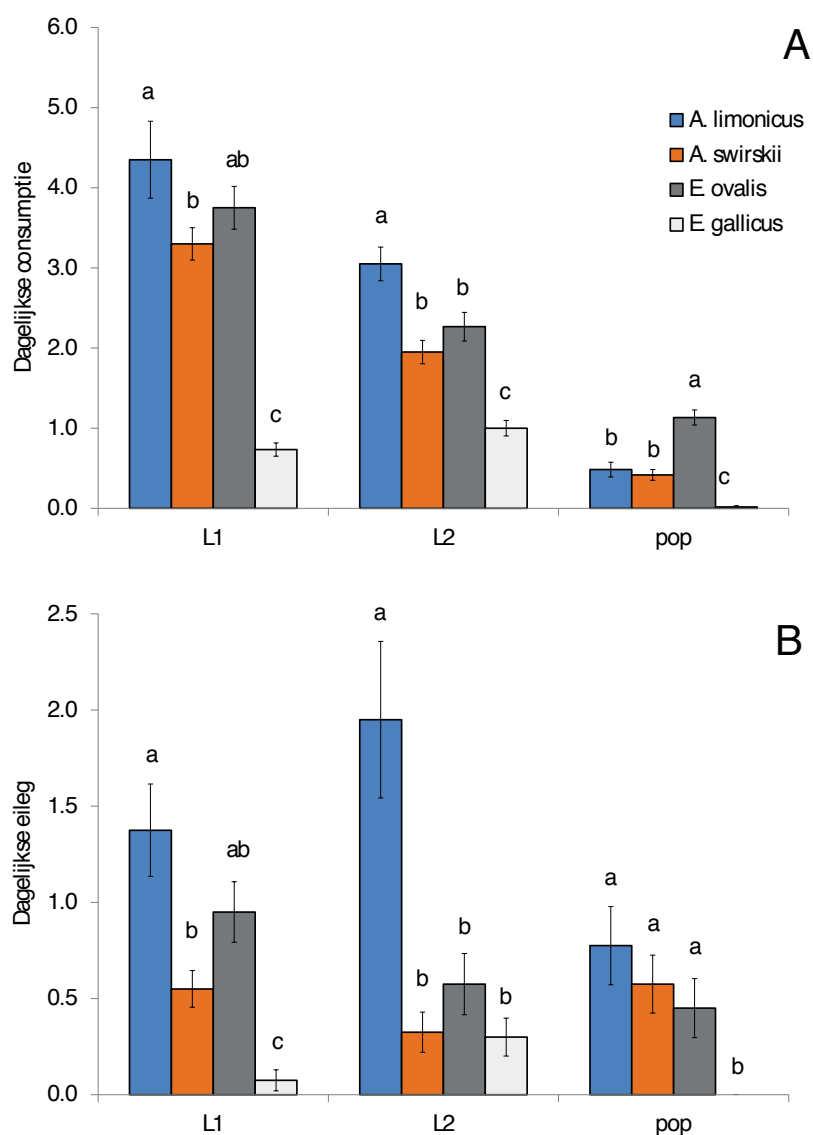
De opzet van de tweede kasproef met *Echinothrips* was precies hetzelfde als de eerste kasproef (7.2.2), maar dit maal met de roofmijt *E. ovalis* in plaats van *E. gallicus*. Deze proef werd uitgevoerd in juli, waardoor de gemiddelde kastemperatuur wat hoger lag (26.1 °C, range 25.9 - 30.6) en de luchtvochtigheid wat lager (60%, range 47 – 69). Dit maal raakten 4 planten besmet met roofmijten daar waar dat niet de bedoeling was: 3 behandelingen met stuifmeel en *Echinothrips* en 1 behandeling met alleen *Echinothrips*. De data van deze kooien werden daarom buiten de analyses gehouden.

Additioneel is nog een laboratoriumtest uitgevoerd om te bepalen in hoeverre stuifmeel de dagelijkse consumptie van *Echinothrips* beïnvloedt bij de roofmijten *E. ovalis* en *A. swirskii*.

8.3 Resultaten

8.3.1 Predatietesten in het laboratorium

De meeste larven van *Echinothrips* werden geconsumeerd door *A. limonicus*, gevolgd door *E. ovalis* en *A. swirskii* (figuur 8.2A). Ook de eileg was van deze roofmijten het hoogst bij *A. limonicus*. De consumptie van *Echinothrips*-larven was zeer laag bij de roofmijt *E. gallicus* poppen werden helemaal niet gepredeerd. Ook de eileg was bij deze soort het laagst (figuur 8.2B). Volwassen *Echinothrips* werd door geen enkele roofmijt gegeten.

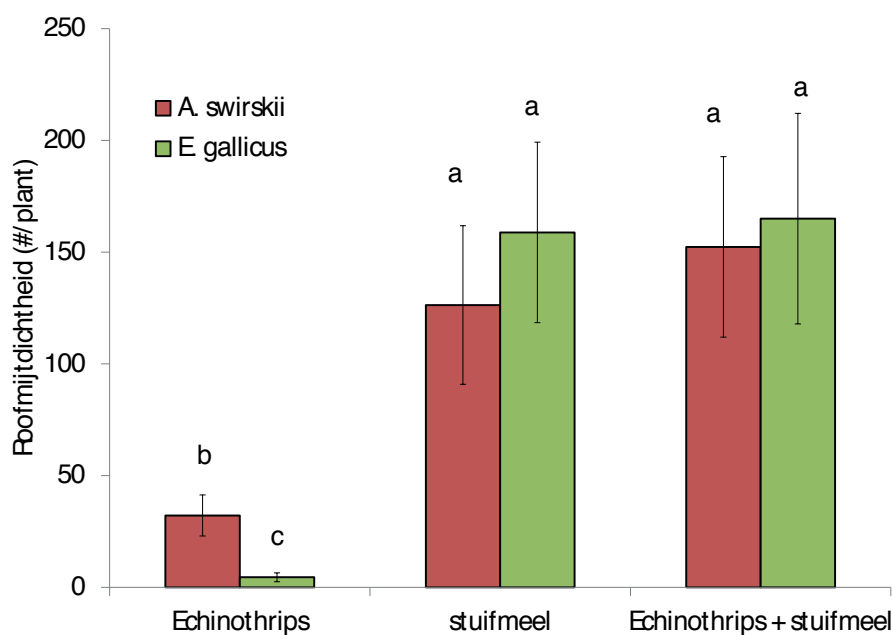


Figuur 8.2 Predatie- (A) en eilegsnelheid (B) van jonge vrouwtjes van de roofmijten *Amblydromalus limonicus*, *Amblyseius swirskii*, *Euseius ovalis* en *Euseius gallicus* op een dieet van eerste larvale stadia (L1), tweede larvale stadia (L2) en popstadia van *Echinothrips americanus* op paprikabladdopsonen. De figuren geven het gemiddeld ($\pm$ SE) aantal gepredeerde stadia per vrouwtje weer waarbij is gemeten over 3 dagen (72 h) en de gemiddelde ($\pm$ SE) dagelijkse eileg gebaseerd op de eileg van dag 2 en 3 (na 48h and 72 h). Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de roofmijten weer voor dat specifieke stadium van *Echinothrips* (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

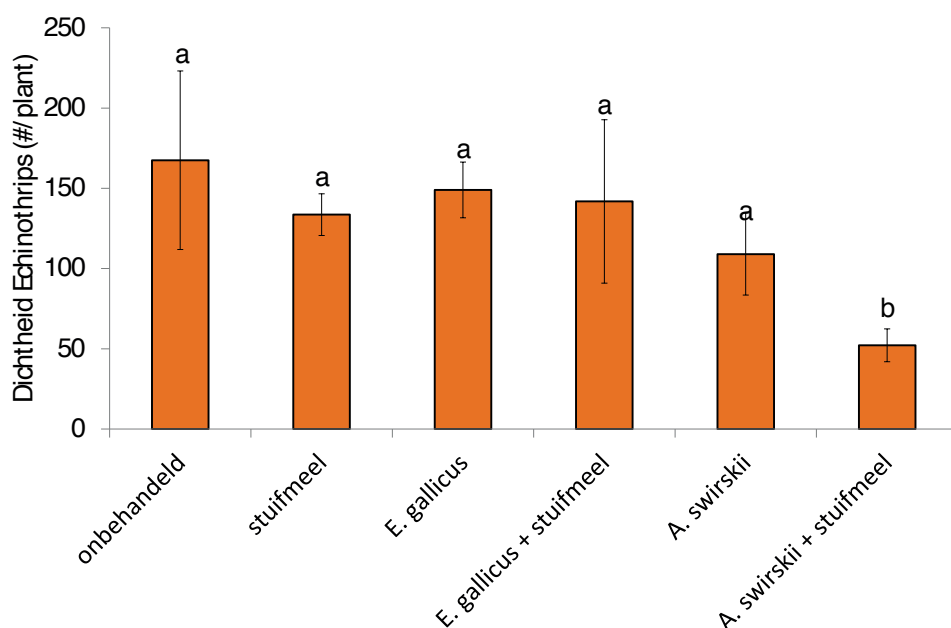
8.3.2 Kasproef met *A. swirskii* en *E. gallicus*

Met *Echinothrips* als de enige voedselbron kon *E. gallicus* nauwelijks overleven, maar ook bij *A. swirskii* waren de dichtheden per plant laag (Figuur 8.3). Het toedienen van stuifmeel had bij beide soorten roofmijten een aanzienlijk effect op de dichtheden. Wanneer naast stuifmeel ook *Echinothrips* aanwezig was, leidde dat niet tot hogere dichtheden. Bij *E. gallicus* waren de dichtheden in de behandelingen met stuifmeel iets hoger dan bij *A. swirskii*, maar de verschillen waren niet significant (Figuur 8.3). Alleen bij de behandeling met *A. swirskii* met stuifmeel werd een significante bestrijding van *Echinothrips* behaald (Figuur 8.4). Bij alle overige behandelingen waren de dichtheden vergelijkbaar.

Stuifmeel had géén direct effect op *Echinothrips*.



Figuur 8.3. Gemiddelde roofmijtdichtheden (mobiele stadia) van *Amblyseius swirskii* en *Euseius gallicus* op paprikaplanten met *Echinothrips*, lisdoddestuifmeel of de combinatie van beide. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

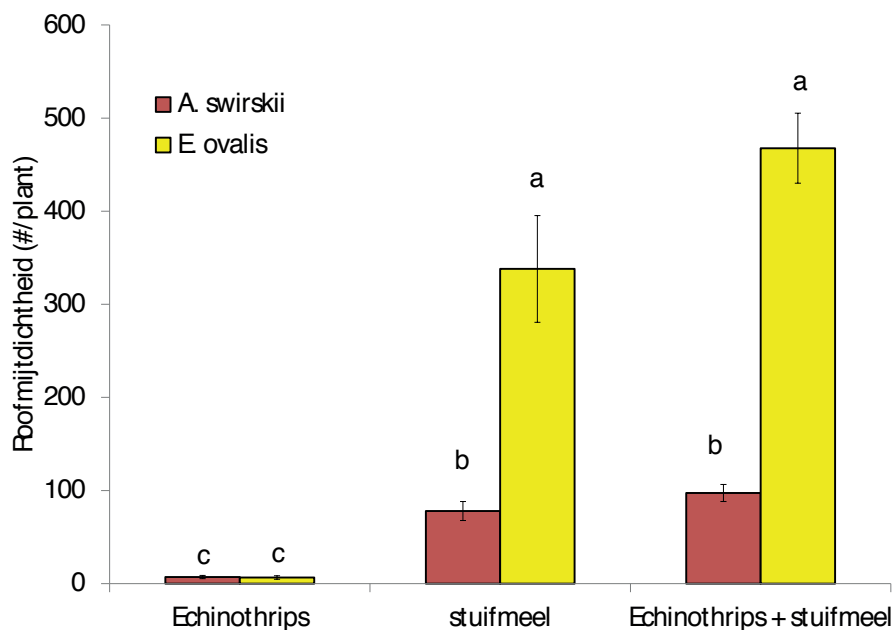


Figuur 8.4. Gemiddelde dichtheden van *Echinothrips* (larven, poppen en adulten) op paprikaplanten met behandelingen van roofmijten, lisdoddestuifmeel of de combinatie van beide. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

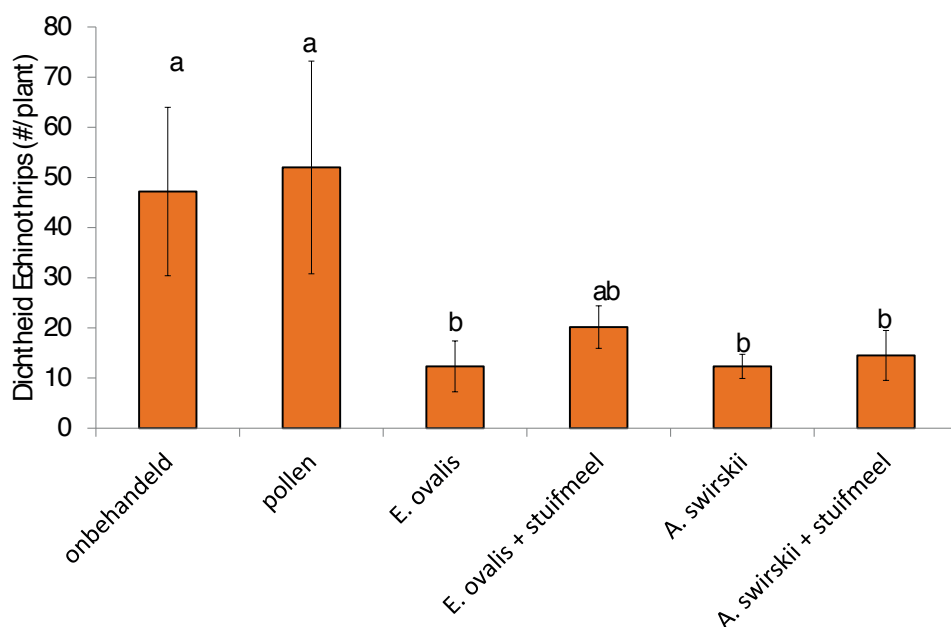
8.3.3 Kasproef met *A. swirskii* en *E. ovalis*

De roofmijt *E. ovalis* ontwikkelde zich zeer goed op het stuifmeel. De dichtheden waren gemiddeld 4x hoger dan die van *A. swirskii* (Figuur 8.5). Zonder stuifmeel waren de dichtheden bij beide roofmijtsoorten laag. Wanneer naast stuifmeel ook *Echinothrips* aanwezig was, leidde dat niet tot significant hogere dichtheden, hoewel bij *E. ovalis* er wel een duidelijk trend van verhoogde dichtheden te zien was (Figuur 8.5). *Echinothrips* werd door beide roofmijten even goed bestreden en de aanwezigheid van stuifmeel had daar geen effect op (Figuur 8.6).

De laboratoriumproef liet zien dat de aanwezigheid van stuifmeel de dagelijkse predatie van jonge larven van *Echinothrips* per individueel roofmijtvrouwtje bij zowel *E. ovalis* als *A. swirskii* significant reduceerde. Bij *E. ovalis* werd er gemiddelde 60% minder trips gegeten, terwijl bij *A. swirskii* dit met 43% iets minder was.



Figuur 8.5. Gemiddelde roofmijtdichtheden (mobiele stadia) van *Amblyseius swirskii* en *Euseius ovalis* op paprikaplanten met *Echinothrips*, stuifmeel of de combinatie van beide. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 8.6. Gemiddelde dichtheden van *Echinothrips* (larven, poppen en adulten) op paprikaplanten met behandelingen van roofmijten, stuifmeel of de combinatie van beide. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

8.4 Discussie en conclusies

In het laboratorium werden de meeste larven van *Echinothrips* gepredeerd door *A. limonicus*, gevolgd door *E. ovalis* en *A. swirskii*. Ook de eileg was van deze roofmijten het hoogst bij *A. limonicus*. De resultaten bevestigen daarmee eerder onderzoek dat laat zien dat *A. limonicus* een betere bestrijder van *Echinothrips* is dan *A. swirskii* (Hoogerbrugge *et al.* 2014; Pijnakker *et al.* 2014). Vreemd genoeg werd *Echinothrips* nauwelijks door de roofmijt *E. gallicus* gegeten. De reden hiervoor is onduidelijk. Interessant is dat ook poppen van *Echinothrips* vatbaar waren voor roofmijten. Dit immobiele stadium, dat zich ook op het blad bevindt, kan zijn niet goed verdedigen en is daarom een geschikte prooi (Figuur 8.7). Met uitzondering van *E. gallicus* aten alle roofmijtensoorten het popstadium, maar omdat de poppen veel groter zijn dan de larven, ligt het aantal individuen dat per dag gegeten wordt een stuk lager dan bij het larvale stadium van *Echinothrips*. Volwassen *Echinothrips* werd door geen enkele roofmijt gepredeerd. Naast het aantal *Echinothrips* dat per individuele roofmijt wordt gegeten, is voor de plaagbestrijding op een gewas het ook belangrijk hoe goed een roofmijt zich vestigt en in welke dichtheden. De kasproef met *A. swirskii* en *E. gallicus* laat echter zien dat hoge dichtheden van *E. gallicus* in de behandelingen met stuifmeel nog steeds niet leidde tot een bestrijding van *Echinothrips*. Op basis van de laboratorium- en kasproef kunnen we concluderen dat deze roofmijt niet geschikt is voor de bestrijding van *Echinothrips*.

Bij de eerste kasproef met *A. swirskii* verbeterde het toedienen van stuifmeel de bestrijding van *Echinothrips*. Ook werd duidelijk dat stuifmeel zelf géén voedingsbron is voor *Echinothrips*. Bij afwezigheid van de californische trips kan stuifmeel dus zonder risico worden toegevoegd om de bestrijding van *Echinothrips* te verbeteren. Bij alle roofmijten leidde het aanbieden van stuifmeel tot verhoogde roofmijtdichtheden. *Euseius ovalis* reageerde extreem goed op stuifmeel: in 3 weken tijd was de populatie mobile stadia 30 tot 40x zo groot als de startpopulatie. De dichtheden waren ten opzichte van de behandeling zonder stuifmeel zelfs 72 x zo hoog. Ondanks deze enorm hogere dichtheden werd *Echinothrips* niet beter bestreden. Het is echter aannemelijk dat over een langere periode dit ook tot een betere bestrijding van *Echinothrips* zou leiden. Ook de resultaten van de laboratoriumproef onderschrijven dit, omdat in aanwezigheid van stuifmeel er nog steeds trips gegeten werd. De totale predatiecapaciteit is dan, ondanks de gereduceerde predatie per individu, nog altijd aanzienlijk hoger bij de behandeling met stuifmeel, dan in de behandeling zonder stuifmeel.

Samenvattend kunnen we zeggen dat de roofmijten *A. swirskii*, *A. limonicus* and *E. ovalis* alle drie ingezet kunnen worden voor de bestrijding van *Echinothrips*. Bij *A. swirskii* is aangetoond dat stuifmeel de bestrijding verder kan verbeteren. De extreem goede ontwikkeling van *E. ovalis* op stuifmeel maakt deze roofmijt een interessante kandidaat voor toepassing in combinatie met stuifmeel, maar verder onderzoek waarbij de bestrijding over een langer tijdsperiode wordt gevolgd is echter noodzakelijk om tot een goed oordeel te komen.



Figuur 8.7 De roofmijt *Amblyseius swirskii* die zich voedt met een pop van *Echinothrips*.

9 Alternatieve voedselbronnen voor *Orius*

9.1 Inleiding

Roofwantsen van het genus *Orius* zijn een van de meeste effectieve bestrijders van trips in de groenteteelt (Van den Meiracker & Ramakers 1991; Tommasini *et al.* 2004). In Nederland wordt vooral *Orius laevigatus* ingezet en op beperktere schaal *Orius majusculus*. In Noord- Amerika wordt *Orius insidiosus* met succes toegepast en in Zuid-Europa komt *Orius niger* vaak spontaan voor in kassen en geeft daar ook een goede bestrijding van trips (Bosco *et al.* 2008). In de sierteelt wordt *Orius* nauwelijks ingezet. De voornaamste reden is dat ze zich niet preventief vestigen door gebrek aan voedsel. Introducties voor curatieve bestrijding van trips zijn erg kostbaar en worden om die reden dan ook nauwelijks toegepast. Een van de mogelijkheden om dit probleem te verhelpen is de inzet van bankerplanten (Huang *et al.* 2011). Voor *Orius* is sierpeper een geschikte plant om *Orius* om te laten vermenigvuldigen (Waite *et al.* 2014). De wantsen kunnen zich dan voeden met het stuifmeel in de talrijke bloemetjes en dit kan ondersteund worden door het toevoegen van extra voedsel zoals *Ephestia*-eieren. Dit wordt inmiddels op beperkte schaal toegepast (Figuur 9.1), maar veel telers vinden de methode te omslachtig. Bovendien is nog weinig bekend over de "actieradius" van *Orius*, en daaraan gekoppeld, het aantal bankerplanten dat per hectare nodig is om tot een goede bezetting van *Orius* in het totale teeltgewas te komen.



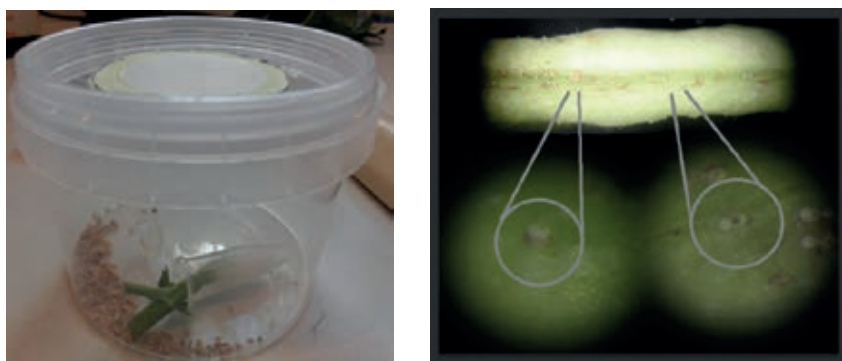
Figuur 9.1 Sierpeper als bankerplant voor *Orius laevigatus* in chrysant (experiment Bioline Agrosiences 2016).

Naast bankerplanten kan ook gedacht worden aan het bijvoeren van *Orius* in het gewas of het aanbieden van voedsel in voerstations. Een tot nu toe amper bestudeerde optie is het bijvoeden van roofwantsen met voermijten van de groep astigmata. Hoewel verschillende soorten voermijten breed gebruikt worden in de biologische bestrijding, zowel in massakweken als in kweekzakjes, is het gebruikt daarvan tot dusver beperkt tot het voeden van roofmijten. Een eerdere studie wees de mogelijkheid aan om de voermijt *Tyrophagus putrescentiae* ook in de kweek van roofwantsen te gebruiken (El-Husseini & Sermann 1992). Van der Linden *et al.* (2013) vonden dat zowel *O. laevigatus* als *O. majuscus* zich volledig kunnen ontwikkelen van ei tot adult op de voermijten *T. putrescentiae*, *Acarus siro* en *Carpoglyphus lactis*. Verder is recent is voor een andere *Orius*-soort ook gevonden dat ze zich kunnen reproducen op voermijten, zij het in veel mindere mate dan op *Ephestia*-eieren (Bonte *et al.* 2016). Voermijten lijken dus potentie te bieden om populaties *Orius* in het gewas te ondersteunen. In de sierteelt kan het vooral interessant zijn om uitgezette volwassen vrouwtjes van voedsel te voorzien, zodat ze langer leven en meer eieren in het gewas afzetten. In dit onderzoek is daarom gekeken wat de eileg is van jonge vrouwtjes van *Orius laevigatus* op verschillende voermijten en combinaties van voermijten met alternatief voedsel.

9.2 Materiaal en methoden

Om het effect van verschillende voedselbronnen op de overleving en eileg van *O. laevigatus* te onderzoeken is een laboratoriumproef opgezet. De wantsen voor dit onderzoek waren afkomstig van Koppert Biological systems en werden doorgekweekt op boon met *Ephestia*-eieren. Bij de start van het experiment werden jonge vrouwtjes geselecteerd van 4 tot 5 dagen oud waarbij de eiproductie net was begonnen. Samen met een jong mannetje werd deze toegevoegd aan een plastic bakje met een diameter van 8 cm en een hoogte van 6 cm (Figuur 9.2). De deksel was voorzien van fijn insectengaas. In ieder bakje was een epje met vochtige watten met daarin een onbespoten chrysantentakje (cv Eurowhite) als eilegsubstraat en vochtbron aanwezig. Vervolgens werden aan de bakjes de verschillende diëten toebedeeld. Het voedsel werd altijd in overmaat aangeboden en werd 2x per week ververs. Het chrysantentakje werd ieder maandag, woensdag en vrijdag vervangen en op deze dagen werd ook gescoord of het vrouwtje nog leefde. Indien mannetjes tussentijds doodgingen, werden deze vervangen door een nieuw mannetje, omdat mannetjes van invloed kunnen zijn op de eileg van vrouwtjes (Bonte & De Clercq 2010). Een herhaling stopte zodra het vrouwtje dood was. De eileg werd beoordeeld door alle eieren in de takjes onder een microscoop te beoordelen. Dit werd na een week opslag bij 25 °C gedaan, om zo ook het aantal open en dichte eieren te beoordelen. De experimenten werden uitgevoerd in klimaatkasten bij 25 °C, 16 uur licht per dag en 70% luchtvochtigheid. De volgende behandelingen zijn getest in 10 herhalingen:

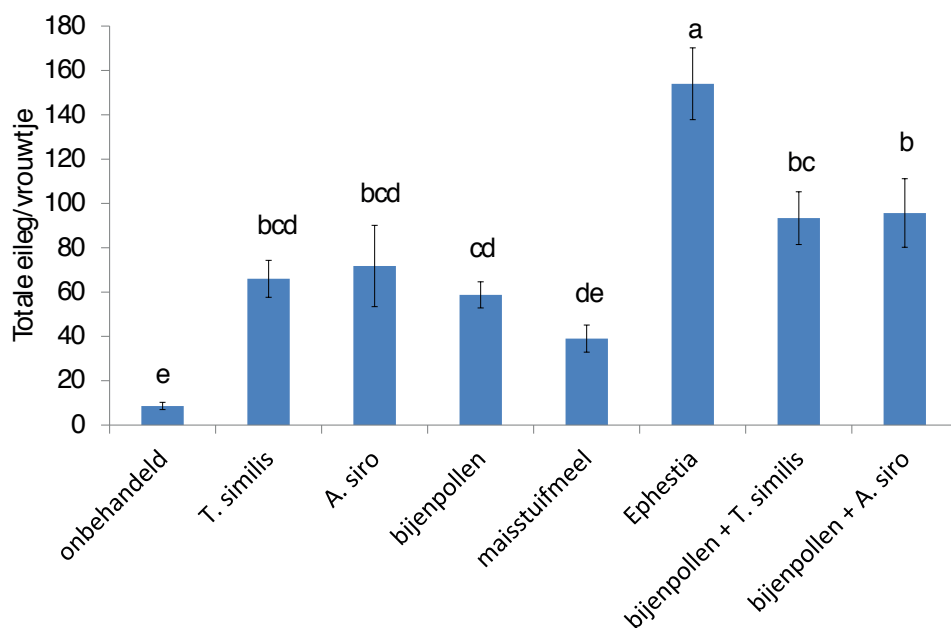
- a. Onbehandeld (geen voedsel).
- b. De voermijt *Tyrophagus similis*.
- c. De voermijt *Acarus siro*.
- d. Bijenpollen van *Cistus*.
- e. Maisstuifmeel, *Zea mays* L. convar. *Saccharata* cv. *Conqueror*.
- f. *Ephestia*-eieren.
- g. Bijenpollen van *Cistus* + *T. similis*.
- h. Bijenpollen van *Cistus* + *A. siro*.



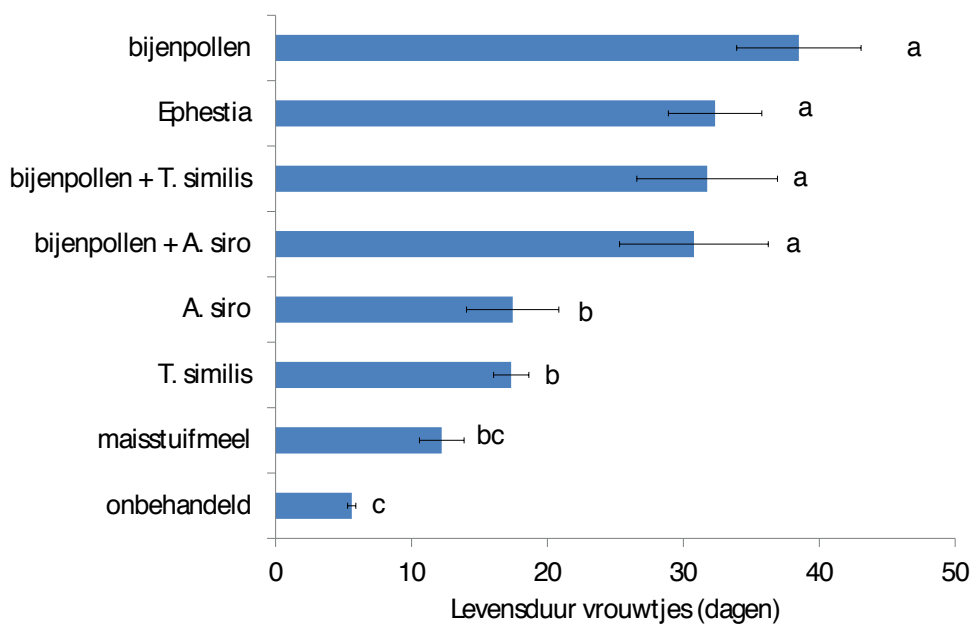
Figuur 9.2. Opzet van het testsysteem (links) en open en dichte eieren van *Orius* (rechts) (foto Julian Beniers).

9.3 Resultaten

Ephestia-eieren waren overduidelijk de beste voedselbron waarbij de meeste eieren werden gevonden (Figuur 9.3). Zonder voedsel gaat *Orius* al snel dood en stopt de eileg na enkele dagen. Maisstuifmeel bleek van de alternatieve voedselbronnen het minst geschikt; zowel de overleving als eileg was laag (Figuur 9.3 en 9.4). Ook bij bijenpollen was de eileg relatief laag, maar de overleving opvallend goed. De twee voermijten scoorden iets beter in de totale eileg, maar slechter in de overleving. De beste resultaten, naast Ephestia, werden behaald met de combinatie van bijenpollen en voermijten. Zowel de eileg als overleving was goed. Met de pre-ovipositieperiode meegerekend was de gemiddelde levensduur 5 weken.



Figuur 9.3. Gemiddelde eileg ($\pm$ SE) per vrouwtje van *Orius laevigatus* op verschillende diëten. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 9.4. Gemiddelde levensduur ($\pm$ SE) per vrouwtje van *Orius laevigatus* op verschillende diëten. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

9.4 Discussie en conclusies

Dit onderzoek laat duidelijk zien dat volwassen *Orius*-vrouwtjes maar kort leven en nauwelijks eieren afzetten wanneer ze geen voedsel tot hun beschikking hebben. Dit verklaart waarom de inzet van *Orius* in de sierteelt vaak tegenvalt en er bijna nooit een vestiging van een populatie wordt waargenomen. Zelfs bij een relatief hoge plaagdruk, zal er al snel voedselschaarste optreden en de eileg stoppen. De meest interessante bevinding van de laboratoriumtesten is dat de combinatie van bijenpollen en mijten beter is dan de twee voedselbronnen afzonderlijk. Waarschijnlijk verhoogt de bijenpollen de voedingswaarde van de mijten. Tegelijkertijd maken de mijten de bijenpollen toegankelijker voor *Orius* doordat de "klompen" met pollen door de mijten uit elkaar vallen (Figuur 9.5). Het soort voedingsmijt dat gebruikt werd blijkt weinig uit te maken. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of het toepassen van deze voedselbronnen in voerstations of op het gewas kan leiden tot een betere vestiging van *Orius*.



Figuur 9.5. Bijenpollen met voermijten.

10 Artificiële domatia voor roofmijten

10.1 Inleiding

Bij de bestrijding van trips, spint en wittevlies met roofmijten is het opvallend dat dit in sommige gewassen zeer goed gaat en in andere gewassen helemaal niet of erg moeizaam doordat roofmijten zich niet goed vestigen. Overduidelijk is dat gebrek aan voedsel vaak een probleem is in sierteeltgewassen. Dit kan ondervangen worden door het aanbieden van stuifmeel of andere voedselbronnen (zie resultaten hoofdstuk 3 t/m 7). Maar er is meer aan de hand. Ook in gewassen waar een overmaat aan voedsel wordt aangeboden slaan de roofmijten soms niet aan. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het microklimaat en het gebrek aan goede schuilplekken. Op sommige planten zijn deze schuilplekken heel nadrukkelijk aanwezig, zogenaamde acarodomatia, of "roofmijthuisjes". Dit zijn vaak dichte clusters van bladharen op de plekken waar bladaders bij elkaar komen (Figuur 10.1). Deze domatia bieden niet alleen een beter microklimaat, maar ook bescherming tegen predatoren van roofmijten (Walter 1996; Romero & Benson 2005). Het is bijvoorbeeld bekend dat trips zich ook voedt met de eieren van roofmijten en dat de predatie van eieren in domatia lager is dan bij eieren buiten domatia (Faraji *et al.* 2002a). Roofmijteieren in clusters kunnen elkaar beschermen doordat de eieren die worden aangevallen uit elkaar spatten over de andere intacte eieren. De ei-restanten vormen dan een soort korst, waardoor de andere eieren minder toegankelijk zijn voor predatoren. Verder is gevonden dat domatia de mate van kannibalisme vermindert (Ferreira *et al.* 2008). In een aantal studies is vastgesteld dat de aanwezigheid van domatia ook daadwerkelijk tot een beter plaagbestrijding leidt. Zo was op *Viburnum* de bestrijding van spint met roofmijten beter op planten met domatia dan op planten waar deze domatia waren verwijderd (Grostal & Odowd 1994). Domatia blijken dus belangrijk te zijn voor de plaagbestrijding met roofmijten. Door planten te manipuleren of te voorzien van kunstmatige domatia zou de vestiging van roofmijten en daarmee de bestrijding van plagen wellicht verbeterd kunnen worden.

In ons onderzoek hebben we eerst vastgesteld of domatia inderdaad gunstig zijn voor de overleving en reproductie van roofmijten die in de Nederlands glastuinbouw worden gebruikt. Als model roofmijt hebben we *Amblyseius swirskii* gekozen. Verder is in het laboratorium gekeken welke materialen gebruikt kunnen worden om als kunstmatige domatia in te zetten op planten. Vervolgens is een kasproef uitgevoerd met potplanten om te bepalen of de aanwezigheid van domatia en voedsel bij lage luchtvochtigheden ook leidt tot een beter vestiging van roofmijtpopulaties.



Figuur 10.1 Domatium op *Viburnum tinus* met de roofmijt *Amblyseius swirskii*.

10.2 Materiaal en methoden

10.2.1 Effect van domatia op roofmijten bij verschillende luchtvochtigheden

Het effect van domatia op de populatiegroei van de roofmijt *A. swirskii* is beoordeeld in een klimaatkast bij 3 luchtvochtigheden en bij een constante temperatuur van 25 °C en 16 uur licht per dag. De experimentele eenheid bestond uit een blad van *Viburnum tinus* met 10 roofmijtvrouwtjes van *A. swirskii* en een kleine hoeveelheid lisdodde stuifmeel (*Typha latifolia*) geplugd in een vochtig en in parafilm gewikkeld blok van oase. Dit blad was vervolgens geplaatst in de zijwand van een plastic bak met daarin een zoutoplossing (Figuur 10.2).



Figuur 10.2 Proefopzet waarbij blad van *Viburnum tinus* met de roofmijt *Amblyseius swirskii* werd geplaatst in een afgesloten ruimte met een zoutoplossing voor een constante luchtvochtigheid.

De volgende luchtvochtigheden werden gehandhaafd met zoutoplossingen:

- 34%: CaCl_2 verzadigd.
- 64%: CaCl_2 35% oplossing.
- 94%: KNO_3 verzadigd.

Vier dagen na inzet van de proef werd het aantal nakomelingen op een blad (eieren, larven en nimfen) geteld.

10.2.2 Selectie van kunstmatige domatia

Voorafgaand aan een kasproef werd in het laboratorium een aantal materialen getest die mogelijk als kunstmatige domatia op planten kunnen fungeren. De materialen bestonden uit fijne vezels van natuurlijke materialen die een vergelijkbare structuur hebben als de echte domatia op planten (Figuur 10.3). De volgende vezelmaterialen zijn getest:

- a. Hennepgaren.
- b. Jutetouw.
- c. Atoen.
- d. Sisal (tropisch vezel).
- e. Schapenwol.

Verder is gierstkaf getest, omdat dit kaf hele kleine holletjes bevat waar roofmijten graag in wegkruipen. De materialen zijn getest door te observeren waar roofmijten hun eieren afzetten wanneer het wordt aangebracht op een paprikabladpons met stuifmeel als voedsel. Per materiaal zijn 3 bladponsen gemaakt met op elk 5 roofmijtvrouwtjes van *A. swirskii* (Figuur 10.3). De bladponsen werden vervolgens geplaatst in een klimaatcel bij 20 °C, 70% RV en 16 uur licht per dag. De eileg werd gedurende 2 weken gevolgd.



Figuur 10.3 Proefopzet voor het testen van kunstmatige domatia (linksboven) en close-ups van de verschillende materialen: hennep (middenboven), jute (rechtsboven), katoen (linksonder), sisal (middenonder) en wol (rechtsonder).

1.1.2 Kasproef met Anthurium en Spathiphyllum

Het effect van kunstmatige domatia op de vestiging van roofmijten is getest op twee soorten potplanten met gladde bladeren: Anthurium en Spathiphyllum. In beide gewassen kunnen roofmijten zich van nature moeilijk vestigen door de afwezigheid van bladharen, domatia en voedsel. In beide soorten potplanten zijn de volgende behandelingen in zesvoud getest:

- a. Onbehandeld.
- b. Stuifmeel van de grote lisdodde.
- c. Jutetouw.
- d. Gierstkaf.
- e. Jutetouw met stuifmeel.
- f. Gierstkaf met stuifmeel.

Het jutetouw werd los op de planten geplaatst en het gierstkaf werd op een post-it papiertje geplakt en met een ijzerdraadje in de plant gehangen (Figuur 10.4). Per plant zijn eenmalig 40 roofmijtvrouwtjes van *A. swirskii* ingezet. De roofmijtdichtheden zijn vervolgens gedurende 4 weken wekelijks beoordeeld door per plant het aantal aanwezige nimfen en adulten te tellen. Verder is in het laboratorium onder een binoculair beoordeeld of er eieren waren afgezet in het jutetouw of in de gierstkaf. Na deze beoordeling werden deze materialen weer teruggebracht op de planten. Het microklimaat werd met dataloggers in de plant gemeten door ze bij de plantvoet in het gewas te plaatsen.

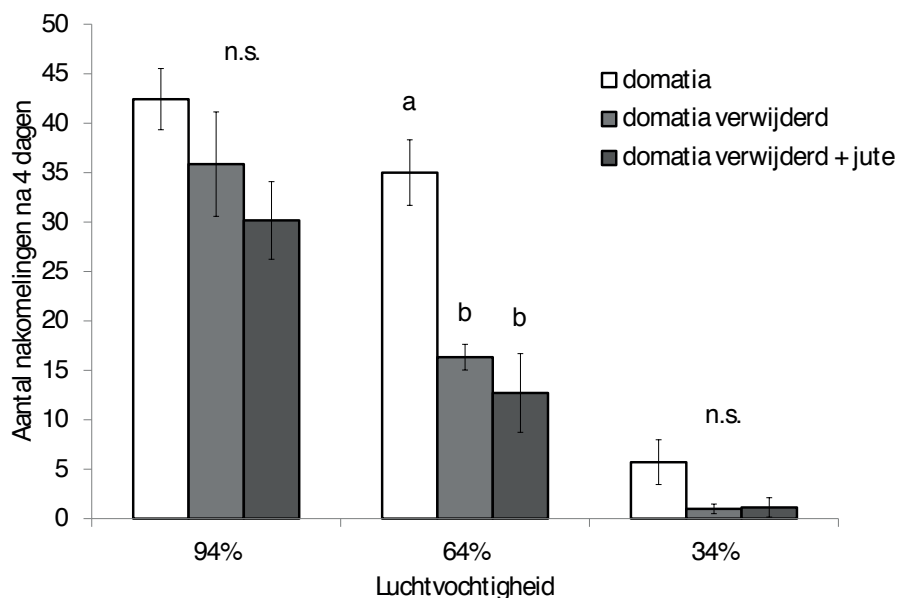


Figuur 10.4. *Spathiphyllum*planten met stuifmeel (links), gierstak (midden) en stuifmeel en jutetouw (rechts).

10.3 Resultaten

10.3.1 Effect van domatia op roofmijten bij verschillende luchtvochtigheden

Bij 94% RV is er geen significant voordeel van de aanwezigheid van domatia voor de populatiegroei van *A. swirskii*, maar bij 64% RV is het aantal nakomelingen op de planten met natuurlijke domatia meer dan 2x zo groot dan op de bladeren zonder deze domatia (Figuur 10.5). Bij 34% RV was dit voordeel verdwenen en zijn er bij alle behandelingen nauwelijks nakomelingen. De toevoeging van jutetouw kon het effect van het verwijderen van de natuurlijke domatia niet ongedaan maken.



Figuur 10.5. Gemiddelde ($\pm$ SE) aantal nakomelingen van 10 vrouwtje van *Amblyseius swirskii* wanneer deze gedurende 4 dagen op een blad van *Viburnum tinus* met lisdodde stuifmeel aanwezig waren. Dit is getest bij 3 niveaus van luchtvochtigheid op bladeren met natuurlijke domatia, waar deze waren verwijderd of vervangen door jute als een kunstmatig domatium. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen weer per luchtvochtigheid (LSD-test na ANOVA, $p < 0.05$).

10.3.2 Selectie van kunstmatige domatia

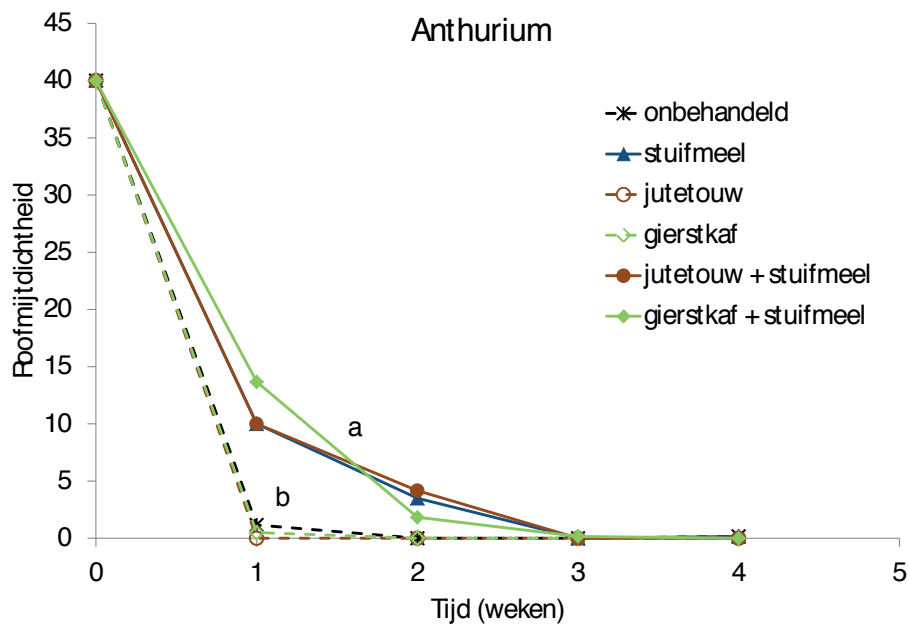
Bij alle geteste natuurlijke vezels werden de roofmijteieren voornamelijk op de vezels afgezet in plaats van op het blad. Het type vezel leek daarbij weinig uit te maken. Ook bij het kaf werden de eieren hoofdzakelijk in de kafholletjes afgezet (Figuur 10.6).



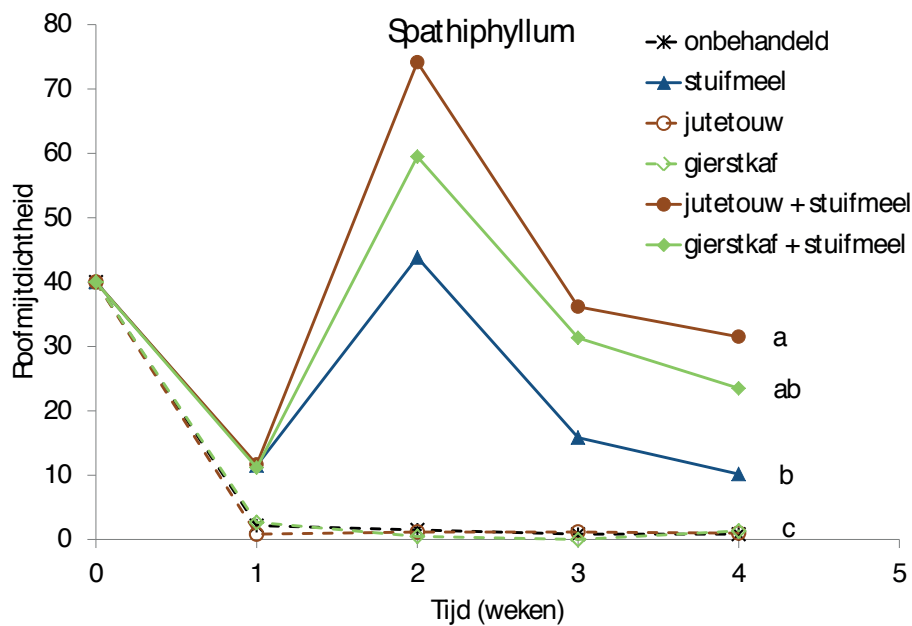
Figuur 10.6. Gierstkaf met daarin de roofmijt *Amblyseius swirskii* en een cluster afgezette eieren.

1.1.3 Kasproef met Anthurium en Spathiphyllum

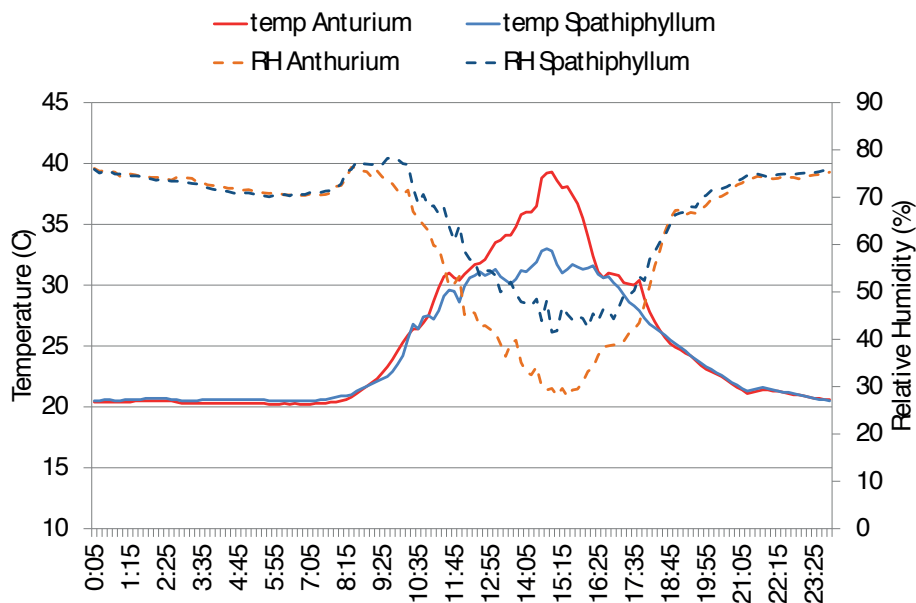
Zowel op anthurium als Spathiphyllum sterft de populatie roofmijten bij afwezigheid van stuifmeel binnen een week uit (Figuur 10.7 en 10.8). Met stuifmeel blijft de roofmijtpopulatie op anthurium iets langer in leven, maar ook daar zijn na 3 weken geen enkele roofmijt meer te vinden op de planten (Figuur 10.7). Bij Spathiphyllum blijft de roofmijtpopulatie gedurende 4 weken in leven en worden er significant hogere dichtheden gevonden op de planten met jutetouw en stuifmeel dan op planten met alleen stuifmeel (Figuur 10.8). Ook bij gierstkaf is er een positief effect, maar de verschillen met de behandeling met alleen stuifmeel zijn niet significant. Opvallend was dat er in het laboratorium geen eiafzet in het jutetouw of gierstkaf werd gevonden. De verschillen tussen Anthurium en Spathiphyllum zijn te verklaren door het verschil in microklimaat: bij Anthurium werden aanzienlijk hogere temperaturen en lagere luchtvochtigheden in de plant gemeten dan bij Spathiphyllum (Figuur 10.9).



Figuur 10.7 Populatieontwikkeling van de roofmijt *Amblyseius swirskii* op *Anthurium*-planten met of zonder stuihmeel of kunstmatige domatia. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $p < 0.05$).



Figuur 10.8 Populatieontwikkeling van de roofmijt *Amblyseius swirskii* op *Spathiphyllum*-planten met of zonder stuihmeel of kunstmatige domatia. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (GLMM, $p < 0.05$).



Figuur 10.9 Verloop van temperatuur en luchtvochtigheid gedurende een hete dag tijdens de kasproef, waarbij het klimaat is gemeten met een datarecorders bij de plantvoet van anthurium en spathiphyllum.

10.4 Discussie en conclusies

Natuurlijke domatia hebben een aanzienlijk effect op de overleving van de roofmijt *A. swirskii* bij een relatieve luchtvochtigheid van 64%. Bij deze waarde werden meer dan 2x zoveel nakomelingen gevonden op bladeren met domatia dan zonder domatia. Bij hoge luchtvochtigheden was dit voordeel er niet, wat suggereert dat de domatia lokaal zorgen voor een beter microklimaat, waardoor er minder sterfte is van de gevoelige roofmijtstadia. Eerder onderzoek heeft laten zien dat bij een relatieve luchtvochtigheid 63% de helft van de eieren van *A. swirskii* niet meer uitkomt (Ferrero *et al.* 2010). Doordat de dichtheden op de bladeren met domatia 2x zo hoog waren, lijkt het er op dat de domatia deze ongunstige luchtvochtigheid volledig kan opheffen. Bij een extreem lage luchtvochtigheid werken domatia blijkbaar niet meer en was er geen hogere overleving van roofmijten.

In een proef met potplanten bleken de roofmijtdichtheden 10x zo hoog te zijn op *Spathiphyllum* dan op *Anthurium*, terwijl op beide planten een gelijke hoeveelheid stuifmeel was aangebracht. De reden is waarschijnlijk dat bij lagere luchtvochtigheden *Spathiphyllum* meer schuilplekken biedt met een beter microklimaat dan *Anthurium*. Vreemd genoeg werden op het aangebrachte jutetouw of gierstkaf geen eieren van roofmijten gevonden, maar desondanks was er een hogere populatiedichtheid bij deze behandelingen, met name bij het jutetouw. Blijkbaar is maken de roofmijten toch gebruik van deze structuren, misschien om tijdens bepaalde hittepieken te schuilen. Het aanbrengen van kunstmatige domatia gecombineerd met alternatief voedsel kan dus in sommige gevallen helpen om de populaties roofmijten beter in stand te houden. Echter, dit heeft alleen zin als de luchtvochtigheden in de plant niet onder de 50% komen. Onder deze grens kunnen domatia dit waarschijnlijk niet meer compenseren.

11 Een bankerplantsysteem voor *Delphastus* tegen wittevlieg

11.1 Inleiding

De bestrijding van wittevlieg gaat in een aantal teelten moeizaam in de winterperiode bij lage temperaturen. In gerbera bijvoorbeeld zakken de dagtemperaturen naar 15 graden Celsius. De biologische bestrijders die het in de zomerperioden goed doen tegen wittevlieg, zoals *Amblyseius swirskii* en *Encarsia formosa* laten het in de winterperiode afweten, terwijl kaswittevlieg zich door blijft ontwikkelen. Een methode om deze winterperiode te overbruggen zou de inzet van de specialistische wittevliegpredator *Delphastus catalinae* (Horn) kunnen zijn (Figuur 11.1). Hoewel deze roofkevers oorspronkelijk uit warme streken komen van Citrusboomgaarden in het zuiden van de VS en Midden-Amerika (Hoelmer *et al.* 1993), en de optimale temperaturen tussen de 25-30 graden liggen (Kutuk & Yigit 2007; Legaspi *et al.* 2008), kunnen ze ook actief blijven bij lagere temperaturen. De studie van Simmons & Legaspi (2007) liet zien dat adulten bij een constante temperatuur van 15 °C tot wel 9 maanden in leven bleven en ook nog steeds eieren produceerden. De larven van *Delphastus* konden zich daarentegen bij deze temperatuur niet goed tot pop ontwikkelen. Andere studies laten zien dat de geschatte ondergrenstemperatuur voor ontwikkeling tussen de 9 en 10 graden ligt (Hatherly *et al.* 2005; Legaspi *et al.* 2008). Bij lage temperaturen kunnen de volwassen kevers nog steeds bijdragen aan de bestrijding van wittevlieg. Bij 14 graden lag de totale consumptie van wittevlieg slechts 30% lager dan bij 26 graden Celsius (Simmons & Legaspi 2004). Kortom, er zijn goed mogelijkheden om volwassen kevers gedurende de winterperiode voor langere tijd actief te laten zijn in teelten bij lagere temperaturen.



Figuur 11.1 Larven, poppen (links) en volwassen (rechts) stadia van de wittevliegpredator *Delphastus catalinae* (foto's Anton van der Linden).

Voor de overleving van volwassen kevers is het wel essentieel dat er voedsel aanwezig is. Bij lage dichtheden van wittevlieg kunnen populaties zich niet goed handhaven (Hoelmer *et al.* 1993). Het aanbieden van honingwater kan de levensduur van volwassen kevers verlengen ten opzichte van alleen water, maar de aanwezigheid van wittevlieg verbeterd de overleving aanzienlijk (Simmons *et al.* 2012). Een mogelijke manier om volwassen kevers te laten overwinteren in kassen is het aanbieden van een alternatieve onschadelijke wittevliegsoort op planten, het zogenaamde bankerplantsysteem (Huang *et al.* 2011). In eerder onderzoek is geëxperimenteerd met het bankerplantsysteem bestaande uit akkerkool *Lapsana communis* (Asteraceae) met daarop de koolwittevlieg *Aleyrodes proletella* L. (van der Linden & van der Staaij 2001). Voor gerbera is deze alternatieve wittevliegsoort niet geschikt, omdat ook gerbera zelf een waardplant is voor koolwittevlieg. In dit onderzoek daarom voor een andere wittevliegsoort gekozen, namelijk de aardbeiwittevlieg *Aleyrodes ionicae* Walker (Figuur 11.2), welke zich ook goed handhaaft op akkerkool, maar niet op gerbera. Om dit systeem te kunnen inzetten in de winterperiode zijn er een aantal onderzoeksvragen:

1. Hoe geschikt is de aardbeiwittevlieg voor de ontwikkeling en overleving van *Delphastus* op ten opzichte van kaswittevlieg?

2. Kunnen planten met aardbeiwittevlieg zich handhaven bij lage temperaturen gedurende de winterperiode?
3. Kan Delphastus die gekweekt is op een bankerplantsysteem nog steeds effectief haarden van kaswittevlieg vinden?



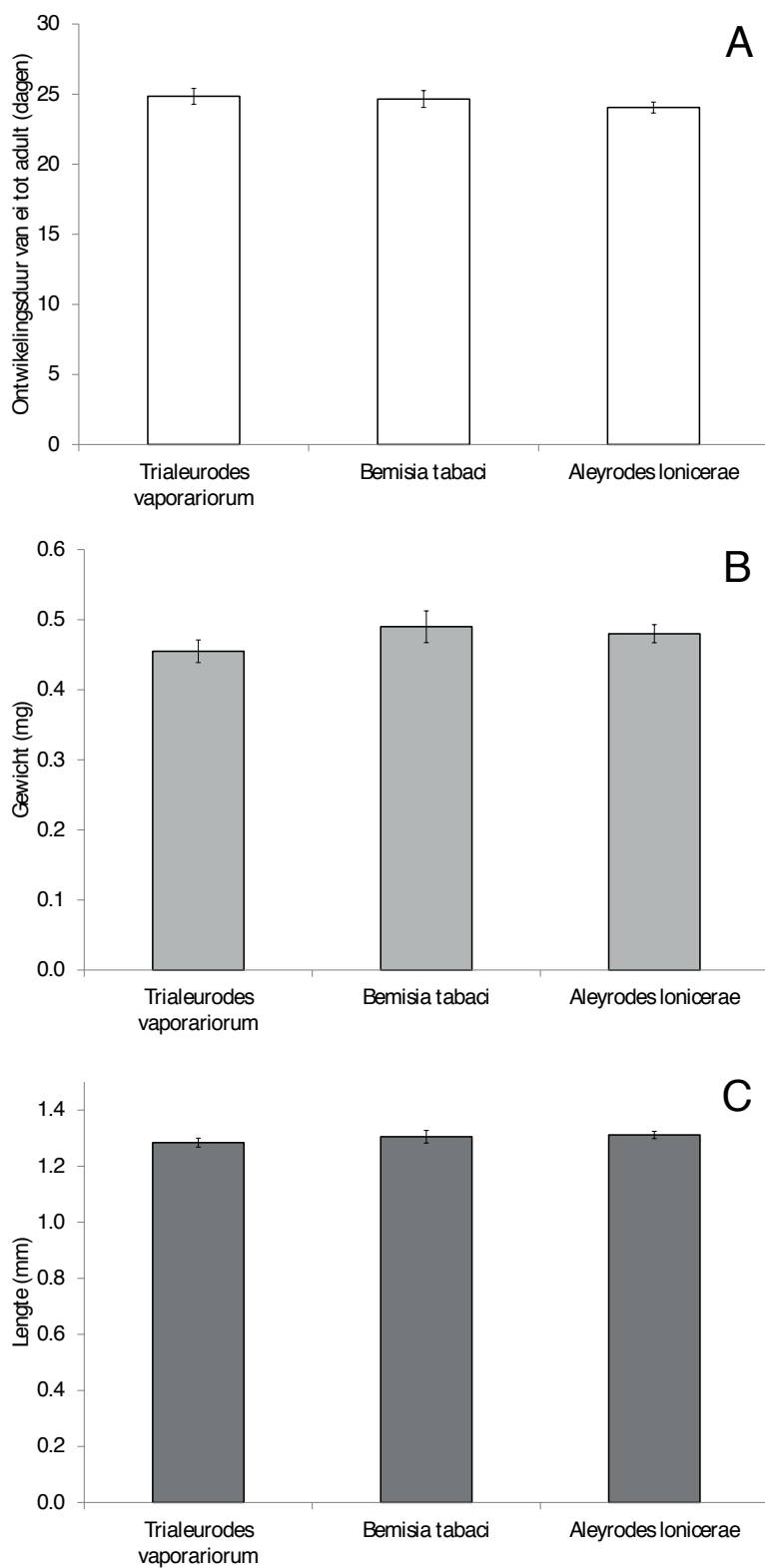
Figuur 11.2 De aardbeiwittevlieg *Aleyrodes loniceræ* (foto Anton van der Linden).

11.2 Materiaal en methoden

De ontwikkeling van ei tot adult van *D. catalinae* is gemeten in het laboratorium bij 20 graden Celsius en 70% RV op gemixte stadia van eieren en larven van de kaswittevlieg, tabakswittevlieg en aardbeiwittevlieg. De kaswittevlieg werd aangeboden op bladpansen van gerbera, tabakswittevlieg op pointsettia en aardbeiwittevlieg op bladpansen van akkerkool. De kevers waren afkomstig van Koppert Biological Systems. De proef is ingezet met 4 dagen oude eieren (vlak voor uitkomen). De ontwikkelingsduur werd om de 2 dagen beoordeeld en vlak voor het volwassen stadium dagelijks. Zodra de kevers het volwassen stadium hadden bereikt, werd het gewicht en de lengte bepaald.

11.3 Resultaten

De gemiddelde ontwikkelingsduur van de wittevliegkever bij 20 °C duurde 24 dagen en er werden géén verschillen tussen de wittevliegsoorten gevonden. Ook het gemiddelde gewicht en de lengte van de volwassen kevers die waren opgekweekt op deze 3 soorten wittevlieg verschillende onderling niet significant (Figuur 11.3). De kevers van kaswittevlieg waren heel iets lichter en minder lang dan bij de andere wittevliegsoorten, maar de verschillen waren minimaal en niet significant.



Figuur 11.3 Gemiddelde ($\pm$ SE) ontwikkelingsduur van ei (4 dagen oud) tot adult (A) en gewicht (B) en lengte (C) van de roofkever *Delphastus catalinae* bij een opkweek op 3 soorten wittevlies: de kaswittevlies *Trialeurodes vaporariorum*, de tabakswittevlies *Bemisia tabaci* en de aardbeiwittevlies *Aleyrodes loniceræ*. Er werden géén significante verschillen tussen de diëten gevonden voor zowel de levensduur, als het gewicht en de lengte van de adulten (ANOVA, $p < 0.05$).

11.4 Discussie en conclusies

De ontwikkeling van de wittevlieskever *D. catalinae* is even goed op aarbeiwittevlies als of kaswittevlies en tabakswittevlies. Dit betekent dat aardbeiwittevlies op akkerkool prima als alternatieve voedselbron kan worden aangeboden om populaties van *D. catalinae* in stand te houden. Ook praktijkwaarnemingen lieten zien dat dat prima kan in de vorm van een bankerplantsysteem.

Gedurende enkele maanden is dit met succes in stand gehouden bij een gerberateler.

Aangezien er totaal geen negatieve effecten zijn van de aardbeiwittevlies op de ontwikkeling van *D. catalinae* zijn gevonden, is het zeer aannemelijk dat ook het zoekvermogen niet beïnvloedt wordt door de wittevliessoort waarop ze zijn volgroeid. Dit moet echter verder onderzocht worden in kasproeven. Al met al lijkt een bankerplantsysteem met aarbeiwittevlies op akkerkool potentie te hebben om winterpopulaties van *D. catalinae* in stand te houden.

12 Curatieve bestrijding van wolluis met sluipwespen en roofkevers

12.1 Inleiding

Voor de biologische bestrijding van wolluis zijn zowel sluipwespen als de specialistische roofkever *Cryptolaemus montrouzieri* beschikbaar. De praktijk leert dat beide bestrijders afzonderlijk in de meeste gevallen geen volledige bestrijding van wolluis geven. Het is daarom goed te weten of de bestrijders elkaar kunnen aanvullen. Een probleem bij gecombineerde inzet kan zijn dat de roofkevers geen onderscheid maken tussen geparasiteerde en ongeparasiteerde wolluizen. Als twee natuurlijke vijanden een prooi delen, waarbij één of beide bestrijders zich ook voedt/voeden met de andere bestrijder, noemen we dat intraguild predatie (IGP), iets wat algemeen voorkomt in de biologische bestrijding (Rosenheim *et al.* 1995). Wanneer de meest effectieve natuurlijke vijand de "intraguild prooi" is, kan dit leiden tot een verminderde plaagbestrijding (Holt & Polis 1997). Voor *Cryptolaemus* is bekend dat de larven en adulten alle stadia van wolluis eten (Rosas-Garcia *et al.* 2009), maar in het laboratorium werd gevonden dat ze tot 5 dagen na parasitering door *Anagyrus* sluipwespen geen onderscheid maken tussen geparasiteerde en ongeparasiteerde wolluislarven (Mustu *et al.* 2008; Hernandez-Moreno *et al.* 2012). Bij de sluipwesp *Leptomastix dactylopii* werd zelfs tot 7 dagen na parasitering geen onderscheid gemaakt door larven en volwassen stadia van *Cryptolaemus* (Chong & Oetting 2007). Bovendien liet de studie van Chong en Oetting zien dat de aanwezigheid van *Cryptolaemus* de parasiteringsactiviteit van sluipwespen verminderde. Hoewel de kevers en sluipwespen vaak gezamenlijk worden ingezet, is er geen studie bekend waarbij de afzonderlijke en gecombineerde inzet op kasniveau is vergeleken. In deze studie hebben we daarom een proef opgezet om de effecten van afzonderlijke en gecombineerde inzet van volwassen *Cryptolaemus* en de sluipwesp *Anagyrus pseudococchi* op citruswolluis, *Planococcus citri* in roos te vergelijken (Figuur 12.1). Door een verandering in de productiewijze van *Cryptolaemus* bij Koppert Biological Systems, kunnen telers sinds 2014 ook massaal larven van deze bestrijder inzetten. Daarom is besloten om een aanvullende behandeling mee te nemen met larven van *Cryptolaemus*, om deze te kunnen vergelijken met inzet van volwassen kevers.



Figuur 12.1 Larven van *Cryptolaemus montrouzieri* (links) and vrouwtjessluipwesp van *Anagyrus pseudococchi*.

12.2 Materiaal en methoden

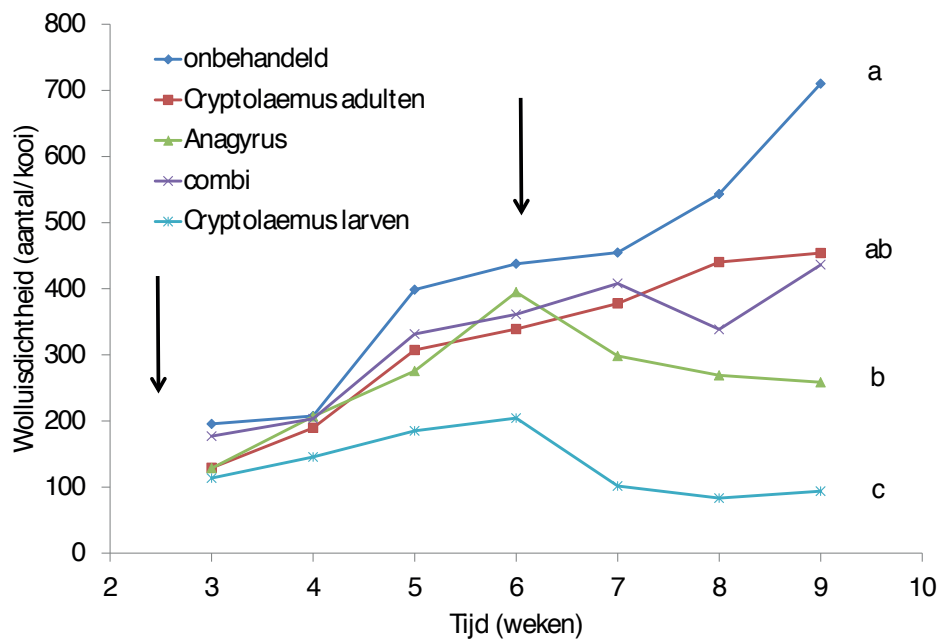
Het onderzoek werd uitgevoerd met hetzelfde rozengebas en in dezelfde kooien als beschreven in de hoofdstuk 3. Dit was nu 35 weken oud (cultivar Avalanche +). De restpopulatie trips vanuit de vorige proef werd enkele weken voorafgaand aan dit experiment bestreden met Vertimec (abamectine), Match (lufenorun) en Nocturn (pyridalyl). De bloemen in de kooien werden één keer per week geoogst. De proef startte in november 2014 in week 46 en liep door tot en met week 10 (maart) in 2015. De planten werden 12 uur per dag standaard belicht (10.000 lux). De gemiddelde kastemperatuur in deze periode was 19°C (range 16.9-24.1) en de luchtvochtigheid 76% (range 61-88). Gedurende de proef werd regelmatig preventief *Phytoseiulus persimilis* ingezet om eventueel ontstane besmettingen met spint tegen te gaan. Verder is in week 52 eenmalig in ieder kooi 4 kweekzakjes met *Neoseiulus cucumeris* tegen trips ingezet. In week 52, 1 en 4 is boven in het gewas een bespuiting met Meltatox (dodemorfacetaat) tegen meeldauw uitgevoerd. Van week 46 tot en met week 52 is geprobeerd om in alle kooien een gelijke besmetting met citruswolluis te krijgen. Daarvoor zijn de volgende introducties per kooi gedaan: 10 larven, 10 vrouwtjes en 3 vrouwtjes met eizak in week 46; 110 larven in week 47; 230 grote larven en vrouwtjes zonder eizak in week 50, 1 vrouwtje met eizak in week 51 en 30 vrouwtjes zonder eizak in week 52. De citruswolluis was afkomstig van een kweek op potroos en aardappel. In week 2 zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

- Onbehandeld.
- Volwassen kevers van *Cryptolaemus montrouzieri* (4 gepaarde vrouwtjes).
- De sluipwesp *Anagyrus pseudococci* (4 paartjes).
- Combinatie van kevers en sluipwespen (4 gepaarde vrouwtjes *C. montrouzieri* + 4 paartjes *A. pseudococci*).
- Larven van *C. montrouzieri* (100/m²).

De 5 behandelingen werden in 4 herhalingen uitgevoerd en verdeeld over de 20 kooien als een gerandomiseerde blokkenproef. De volwassen kevers waren 2 tot 6 weken oud en afkomstig van een met citruswolluis besmette wonderboom (*Ricinus communis*). De sluipwespen en de keverlarven werden geleverd door Koppert Biological Systems. In week zes werd de inzet van alle bestrijders in dezelfde dichtheid herhaald. Van week 3 tot en met 10 is wekelijks in ieder kooi het totaal aantal wolluislarven en -vrouwtjes in de aangebrachte haarden geteld. Bij deze tellingen werden de crawlers genegeerd. Ook is getracht het aantal kevers en geparasiteerde wolluisen te beoordelen, maar het is daarbij lastig om alle individuen terug te vinden. Deze tellingen zijn meer indicatief. De populatieontwikkeling van wolluis over de tijd heen is geanalyseerd met Repeated Measures ANOVA met een logtransformatie van de wolluisdichtheden. Verschillen tussen behandelingen zijn met een LSD test bepaald ($P < 0.05$).

12.3 Resultaten

De sluipwesp *A. pseudococci* gaf een significante bestrijding van citruswolluis, maar door de aanwezigheid van volwassen kevers van *Cryptolaemus* werd dit tenietgedaan (Figuur 12.2). Volwassen *Cryptolaemus*-kevers gaven maar een matige en niet significante bestrijding van wolluis. De beste resultaten werden behaald met de inzet van *Cryptolaemus*-larven (Figuur 12.3), maar ook bij deze behandeling werden wolluishaarden niet volledig bestreden. Poppen van *A. pseudococci* werden slecht in enkele gevallen gevonden bij zowel de behandeling met alleen sluipwespen als bij de combinatiebehandeling met kevers. Doordat de poppen lastig te vinden zijn geven deze tellingen geen betrouwbaar beeld van het aantal geparasiteerde wolluisen in de kasproef. Bovendien zijn jonge wolluisen die geparasiteerd zijn helemaal niet detecteerbaar met visuele observaties. Naast de parasitering kan er ook een effect van de sluipwespen op wolluis zijn door gastheervoeding.



Figuur 12.2 Populatieontwikkeling van wolluis in roos (Avalanche+) bij verschillende behandelingen met de roofkever *Cryptolaemus montrouzieri* en de sluipwesp *Anagyrus pseudococci*. Combi staat voor de combinatie van deze beide bestrijders. Weergegeven zijn het gemiddeld aantal wolluislarven en -vrouwtjes per kooi. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen aan tussen de behandelingen over de tijd heen (LSD test na repeated measures ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 12.3 Larven van *Cryptolaemus montrouzieri* bij de plantvoet van roos.

12.4 Discussie en conclusies

De volwassen kevers van *Cryptolaemus* lijken de effectiviteit van de sluipwesp *A. pseudococci* te verstoren: zonder de kevers was er een significant effect op wolluis, maar met de kevers niet. Dit is mogelijk het gevolg van intraguild predatie of een veranderend gedrag van de sluipwespen in aanwezigheid van de kevers. Echter, op een grotere schaal kan het toch zinvol zijn om beide bestrijders in te zetten, omdat de sluipwespen zich dan mogelijk meer focussen op de kleinere haarden en de kevers op de grotere haarden. De haardbehandeling met larven van *Cryptolaemus* gaf de beste bestrijding van wolluis, maar de haarden werden niet volledig uitgeroeid, waardoor aanvullende maatregelen/bestrijders nodig zijn om tot een goede bestrijding van wolluis te komen.

13 Evaluatie van correctiemiddelen tegen trips

13.1 Inleiding

In de sierteelt onder glas is trips een van plagen waarvoor de behoefte aan nieuwe integreerbare correctiemiddelen het grootst is. Dit kan met middelen die snel afbreken, waardoor er weer snel met biologische bestrijding gestart kan worden na gebruik, of met middelen die heel selectief zijn. In overleg met LTO Glaskracht en de begeleidingscommissie van de PPS “master tripsbestrijding in bloemisterijgewassen” is een aantal middelen geselecteerd voor een effectiviteitsproef.

13.2 Materiaal en methoden

De middelen die zijn geselecteerd voor een effectiviteitstoets zijn weergegeven in Tabel 13.1. In totaal was er ruimte voor 10 behandelingen welke in viervoud zijn getest in een blokkenproef. De experimentele eenheid bestond uit één insectenkooi met daarin 4 bloeiende potchrysanten van het gele cultivar □Tapas Time□ (*Chrysanthemum indicum*). De planten waren opgekweekt bij SV.CO (StrijbisVerbeek Company, Maasdijk) en rond half mei behandeld met abamectine (Vertimec). Een maand na deze toepassing kwamen de planten net in bloei en waren ze klaar voor het onderzoek. Van te voren is gecontroleerd of er nog een nawerking van de abamectine behandeling op trips was, maar dat was niet het geval. In totaal zijn 40 insectenkooien van 75*75*115 cm (BugDorm-2400F, maaswijdte 150 bij 150 µm) geplaatst in een kascompartiment van 150 m², verdeeld over 4 teelttafels (Figuur 13.1).



Figuur 13.1 Proefopstelling met insectenkooien.

Bij beginnende bloei van de planten is de californische trips *F. occidentalis* aan de kooien toegevoegd. Per plant zijn 20 vrouwtjes geïntroduceerd, dus 80 per kooi. Dit was in week 26 van 2016 op 28 juni. Een week later is gestart met de eerste bespuiting. Alle behandelingen werden 3 keer toegepast, telkens met een interval van een week. De middelen zijn toegediend met de doseringen die zijn aanbevolen door de fabrikanten (Tabel 13.1). Bij de eerste 3 chemische middelen is 0.1% suikerwater toegevoegd (Attracker), omdat dat in de praktijk standaard wordt gedaan. Alle bespuitingen zijn vroeg in de ochtend uitgevoerd tussen 7 en 8, zodat er een voldoende lange periode was waarbij de insectenparasitaire aaltjes nog actief konden blijven. Naast de 8 middelen die zijn benoemd in tabel 13.1, is er een waterbehandeling meegenomen als controle en een behandeling waarbij de aaltjes en Oriand zijn gecombineerd. De hypothese was dat de plantextracten in Oriand de trips mogelijk rustiger maakt, waardoor de infectie met de insectenparasitaire aaltjes mogelijk verbetert. De levendigheid van de aaltjes is telkens voorafgaand aan een bespuiting beoordeeld en dit werd niet beïnvloed door de toevoeging van Oriand. De bespuitingen werden uitgevoerd met een handspuit met een spuitopening van 600 µm, wat ruim boven de minimale aanbevolen grootte van 150 µl voor aaltjes ligt. Per plant werd gemiddeld 25 ml spuitvloeistof gebruikt. De gemiddelde temperatuur rond het spuiten was 20°C tijdens de eerste en tweede bespuiting en 24°C tijdens de derde bespuiting (warme dag).

De tripsdichtheden werden gevolgd door telkens één week na een bespuiting 6 bloemen per kooi te bemonsteren. Deze werden gespoeld in alcohol en de hoeveelheid trips per 6 bloemen is vervolgens geteld in het laboratorium onder een microscoop. Verder is aan het einde van de proef in iedere kooi een blauwe vangplaat opgehangen om de vangst gedurende een week te meten.

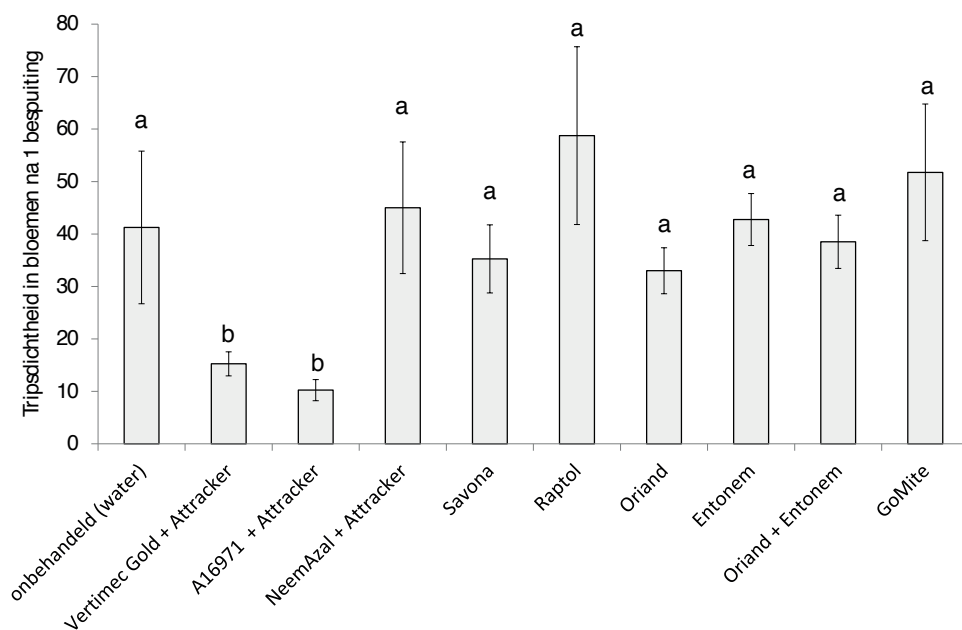
Tabel 13.1

Chemische en biologische middelen en de doseringen waarbij ze zijn getest in een kasproef tegen trips in potchrysant.

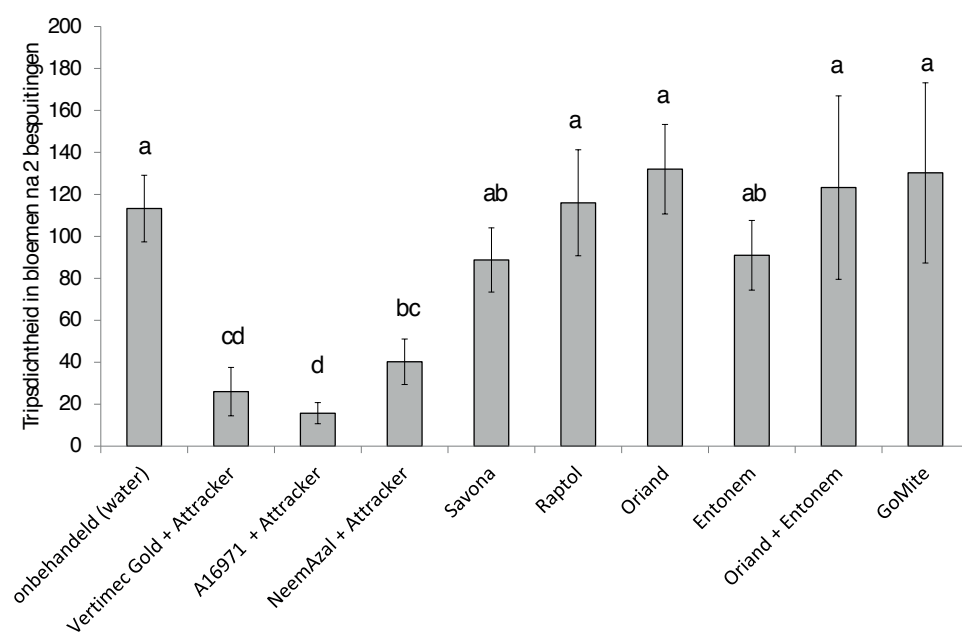
Behandeling	Fabrikaat	Werkzame stof	Dosering
Vertimec Gold	Syngenta	abamectine	50 ml/100 l
A16971	Syngenta	-	10 g/100 l
NeemAzal	Nufarm	azadirachtine-A	250 ml/100 l
Savona		kaliumzouten en vetzuren (zachte zeep)	1000 ml/100 l
Raptol	Ecostyle	natuurlijk pyrethrum en koolzaadolie	1000 ml/100 l
Oriand	Deruned	bladmeststof met plantextracten	1000 ml/100 l
Entonem	Koppert	Steinernema feltiae	500.000/m ²
GoMite	Innovative Products India	mix van phytohormonen en enzymen	15 ml/100 l

13.3 Resultaten

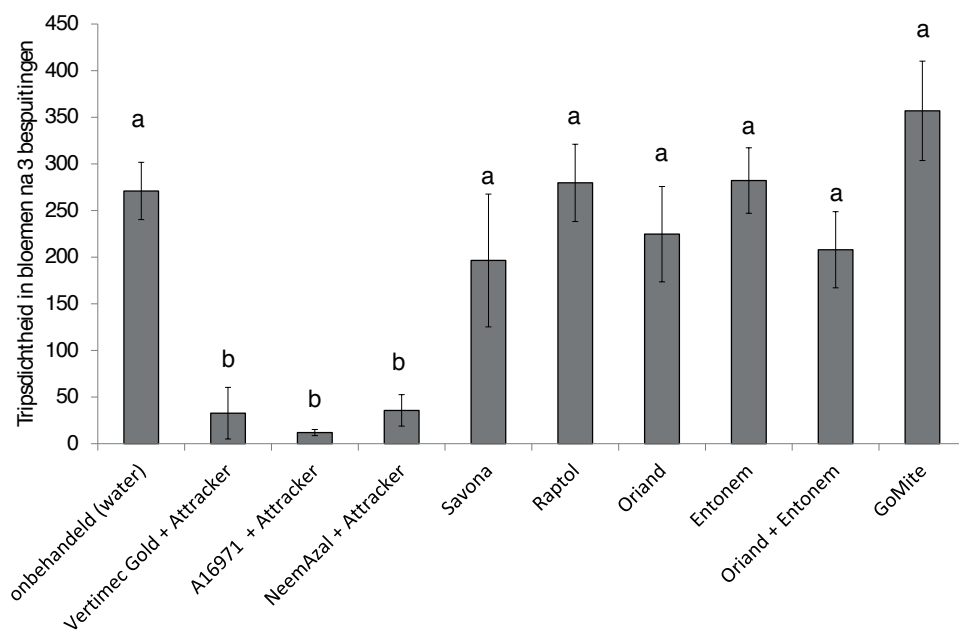
De gemiddelde tripsdichtheden in de bloemen zijn weergegeven in de figuren 13.2 t/m 13.5. Na de eerste bespuiting is er alleen bij vertimec en het nieuwe middel A16971 een significant effect op trips te zien (Figuur 13.2). Na de tweede en derde bespuiting geeft ook NeemAzal een significante effect (Figuur 13.3 en 13.4). Het beeld op de vangplaten is hetzelfde als met de bloemtellingen: alleen de chemische middelen zijn in staat om trips te onderdrukken, maar bij alle andere behandelingen is er géén significant effect op trips. De effecten van trips zijn ook duidelijk te zien aan de kwaliteit en grootte van de bloemen in de laatste week van de proef (Figuur 13.7)



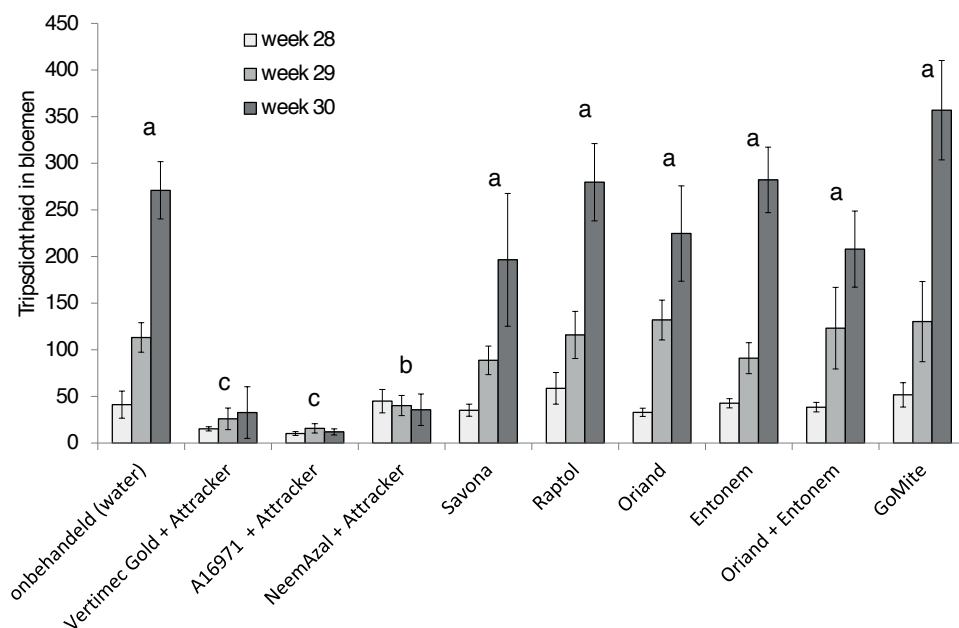
Figuur 13.2 Gemiddeld aantal trips per 6 bloemen na de eerste bespuiting in week 28 bij de 10 verschillende behandelingen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen aan (ANOVA, $p < 0.05$).



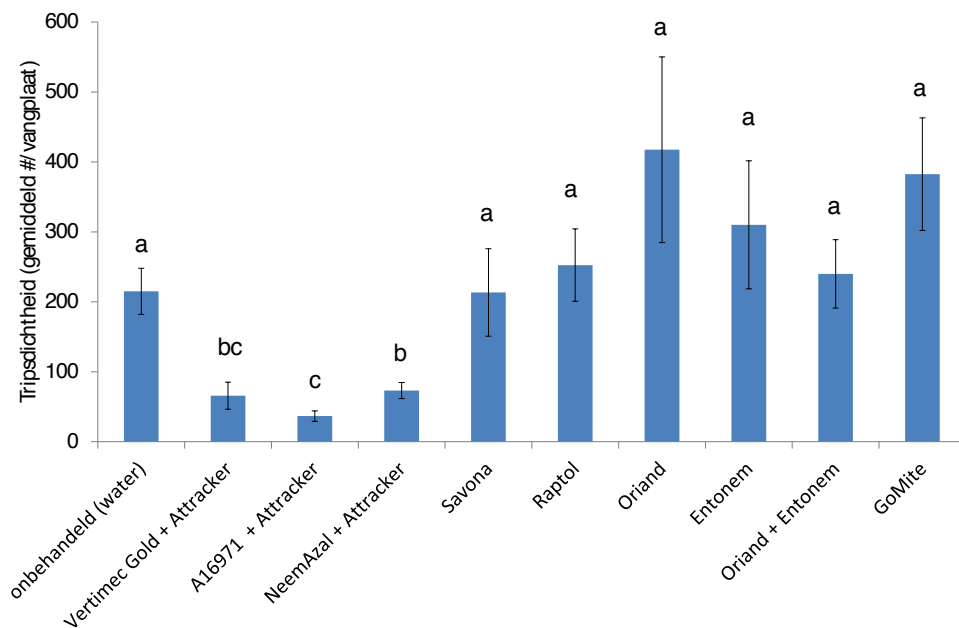
Figuur 13.3 Gemiddeld aantal trips per 6 bloemen na de tweede bespuiting in week 29 bij de 10 verschillende behandelingen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen aan (ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 13.4 Gemiddeld aantal trips per 6 bloemen na de derde bespuiting in week 30 bij de 10 verschillende behandelingen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen tussen de behandelingen aan (ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 13.5 Gemiddeld aantal trips per 6 bloemen na de eerste, tweede en derde bespuiting (week 28-30) bij de 10 verschillende behandelingen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen over de tijd heen tussen de behandelingen aan (Repeated Measures ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 13.6 Gemiddeld aantal trips per vangplaat na de derde bespuiting (week 31) bij de 10 verschillende behandelingen. De aantallen zijn de vangsten van 6 dagen. Verschillende letters boven de staven geven significante verschillen over de tijd heen tussen de behandelingen aan (ANOVA, $p < 0.05$).



Figuur 13.7 Kwaliteit van de bloemen bij de verschillende behandelingen. A = onbehandeld, B = Vertimec, C = A16771, D = NeemAzal, E = Savona, F = Raptol, G = Oriand, H = Entonem, I = Oriand + Entonem en J = GoMite.

13.4 Discussie en conclusies

Het nieuwe middel A16771 gaf samen met Vertimec de beste bestrijding van trips. Ook NeemAzal gaf een goede bestrijding van trips, maar dat werd pas zichtbaar na de tweede bespuiting. Bij alle overige behandelingen werd géén bestrijdend effect op trips gevonden. De tegenvallende resultaten bij de toepassing van het insectenparasitaire aaltje *S. feltiae* zijn opvallend, omdat deze aaltjes veel worden toegepast in de praktijk. In andere studies in potchrysant werd bij een toepassing van om de 3 dagen een matige bestrijding van 35% reductie gevonden (Arthurs & Heinz 2006). De slechte resultaten met aaltjes in onze studie zijn mogelijk te verklaren doordat de aaltjes moeilijk diep in de bloemen dringen waar trips verscholen zit en omdat de beweeglijke stadia van trips niet zo vatbaar zijn voor aaltjes (Buitenhuis & Shipp 2005).

14 Aanbevelingen

De verschillende experimenten in de voorafgaande hoofdstukken hebben laten zien dat de biologische bestrijding van plagen aanzienlijk verbeterd kan worden door maatregelen die de vestiging en vermeerdering van natuurlijke vijanden ondersteunen. Dit wordt ook wel het “standing-army-principe” genoemd: zorgen dat je leger van bestrijders klaar staat om je plagen te bestrijden (Messelink *et al.* 2014). De vestiging van roofmijten kon verbeterd worden met stuifmeel, mulchlagen en kunstmatige domatia. De levensduur van de roofwants *Orius laevigatus* kon goed verlengd worden met prooimijten en bijenpollen en de specialistische wittevliespredator *Delphastus catalinae* kon zich prima ontwikkelen op een niet-schadelijke wittevliessoort. Inzet van stuifmeel leidde zowel bij de californische trips als bij *Echinothrips* tot een verbeterde bestrijding. De inzet van roofmijten blijft echter maatwerk. De bestrijding van de californische trips kan goed met *A. swirskii* in combinatie met stuifmeel, maar bij lage luchtvochtigheden zijn *I. degenerans* en *E. ovalis* betere kandidaten. Voor de opbouw van hoge populatiedichtheden in afwezigheid van trips zijn *E. gallicus*, *E. ovalis* en *I. degenerans* geschikte soorten, omdat ze zich sneller ontwikkelen op stuifmeel van de lisdodde dan *A. swirskii*. Echter, voor de bestrijding van *Echinothrips* is de roofmijt *T. limonicus* de meest geschikte soort, en in combinatie met stuifmeeltoediening zijn ook *A. swirskii* en *E. ovalis* geschikt.

Bij de inzet van meerdere soorten bestrijders is het ook belangrijk om te weten of er versturende interacties zijn tussen de natuurlijke vijanden. Uit ons onderzoek werd bijvoorbeeld duidelijk dat de wolluiskever *C. montrouzieri* de effectiviteit van de sluipwesp *A. pseudococci* in kooien kan verminderen. Verder onderzoek zou zich kunnen richten op het uitwerken en ontwikkelen van nieuwe methoden om tot een standing army van bestrijders te komen in kasteelten, waarbij gelet moet worden op interacties tussen bestrijders. Verder is het aan te bevelen om de selectie van nieuwe biologische bestrijders te doen op basis van de prestaties met alternatieve voedselbronnen. Ook kan het type natuurlijke vijanden veranderen op basis van deze standing-army-benadering. De selectie zal meer verschuiven van specialistische natuurlijke vijanden naar generalistische of omnivore predatoren die zich goed kunnen handhaven op alternatieve voedselbronnen, waardoor preventieve inzet beter gerealiseerd kan worden.

Tot slot, biologische bestrijding zal gecombineerd moeten worden met plantweerbaarheid en selectieve correctiemiddelen. Met name de ontwikkeling van weerbare planten is een uitdagende, maar kansrijke richting waarbij nog veel onderzoek en ontwikkeling nodig is. Er liggen bijvoorbeeld kansen om endofytische schimmels en bacteriën en microbiologische gemeenschappen in het wortelmilieu in te zetten om planten weerbaarder te maken tegen plagen (en ziekten) en om dit te integreren met biologische bestrijders op het gewas. De combinatie van deze maatregelen kan leiden tot robuuste en weerbare teeltsystemen die in de toekomst minder afhankelijk zijn van inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen.

Literatuur

- Adar, E., Inbar, M., Gal, S., Doron, N., Zhang, Z.Q. & Palevsky, E. (2012). Plant-feeding and non-plant feeding phytoseiids: differences in behavior and cheliceral morphology. *Exp. Appl. Acarol.*, 58, 341-357.
- Arthurs, S. & Heinz, K.M. (2006). Evaluation of the nematodes *Steinernema feltiae* and *Thripinema nicklewoodi* as biological control agents of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* infesting chrysanthemum. *Biocontrol Sci. Technol.*, 16, 141-155.
- Berndt, O., Meyhofer, R. & Poehling, H.M. (2004). The edaphic phase in the ontogenesis of *Frankliniella occidentalis* and comparison of *Hypoaspis miles* and *Hypoaspis aculeifer* as predators of soil-dwelling thrips stages. *Biol. Control*, 30, 17-24.
- Bonte, J., de Walle, A.V., Conlong, D. & De Clercq, P. (2016). Eggs of *Ephestia kuehniella* and *Ceratitis capitata*, and motile stages of the astigmatid mites *Tyrophagus putrescentiae* and *Carpoglyphus lactis* as factitious foods for *Orius* spp. *Insect Sci.*
- Bonte, M. & De Clercq, P. (2010). Influence of male age and diet on reproductive potential of *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 103, 597-602.
- Bosco, L., Giacometto, E. & Tavella, L. (2008). Colonization and predation of thrips (Thysanoptera : Thripidae) by *Orius* spp. (Heteroptera : Anthocoridae) in sweet pepper greenhouses in Northwest Italy. *Biol. Control*, 44, 331-340.
- Buitenhuis, R. & Shipp, J.L. (2005). Efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida : Steinernematidae) as influenced by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera : Thripidae) developmental stage and host plant stage. *J. Econ. Entomol.*, 98, 1480-1485.
- Chong, J.H. & Oetting, R.D. (2007). Intraguild predation and interference by the mealybug predator *Cryptolalemus montrouzieri* on the parasitoid *Leptomastix dactylopii*. *Biocontrol Sci. Technol.*, 17, 933-944.
- El-Husseini, M. & Sermann, H. (1992). First successful mass rearing of anthocorids (Heteroptera) on the acarid mould mite, *Tyrophagus putrescentiae* Schr. as new alternative prey. *Beitrage zur Entomologie*, 42, 207.
- Enkegaard, A. & Brodsgaard, H.F. (2000). *Lasioseius fimetorum*: a soil-dwelling predator of glasshouse pests ? *BioControl*, 45, 285-293.
- Faraji, F., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (2002a). The benefits of clustering eggs: the role of egg predation and larval cannibalism in a predatory mite. *Oecologia*, 131, 20-26.
- Faraji, F., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (2002b). Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey. *Ecol. Entomol.*, 27, 660-664.
- Ferreira, J.A.M., Eshuis, B., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (2008). Domatia reduce larval cannibalism in predatory mites. *Ecol. Entomol.*, 33, 374-379.
- Ferrero, M., Gigot, C., Tixier, M.S., Houten, Y.M.v. & Kreiter, S. (2010). Egg hatching response to a range of air humidities for six species of predatory mites. *Entomol. Exp. Appl.*, 135, 237-244.
- Grosman, A., van der Linden, A., Bloemhard, C., van Holstein-Saj, R., van Tol, R. & Messelink, G. (2014). Bouwstenen voor een systeemaanpak voor tripsbestrijding. Wageningen UR Greenhouse Horticulture.
- Grostal, P. & Odowd, D.J. (1994). Plants, mites and mutualism - leaf domatia and the abundance and reproduction of mites on *Viburnum tinus* (Caprifoliaceae). *Oecologia*, 97, 308-315.
- Hatherly, I.S., Hart, A.J., Tullett, A.G. & Bale, J.S. (2005). Use of thermal data as a screen for the establishment potential of non-native biological control agents in the UK. *BioControl*, 50, 687-698.

- Hernandez-Moreno, S., Gonzalez-Hernandez, H., Lomeli-Flores, J.R., Leyva, E.R. & Bermudez, A.R. (2012). Effect of *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) in the parasitoid activity of *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae) on *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista Colombiana De Entomologia*, 38, 64-69.
- Hoelmer, K.A., Osborne, L.S. & Yokomi, R.K. (1993). Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera, Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.*, 86, 322-329.
- Holt, R.D. & Polis, G.A. (1997). A theoretical framework for intraguild predation. *Am. Nat.*, 149, 745-764.
- Hoogerbrugge, H., Lenferink, K.O., Houten, Y.v. & Bolckmans, K. (2014). Screening of three phytoseiid mite species as biocontrol agents of *Echinothrips americanus*. *IOBC/WPRS Bulletin*, 102, 97-101.
- Houten, Y.M.v., Hoogerbrugge, H., Lenferink, K.O., Knapp, M. & Bolckmans, K.J.F. (2016). Evaluation of *Euseius gallicus* as a biological control agent of western flower thrips and greenhouse whitefly in rose. *Journal of the Acarological Society of Japan*, 25, 147-159.
- Huang, N.X., Enkegaard, A., Osborne, L.S., Ramakers, P.M.J., Messelink, G.J., Pijnakker, J. et al. (2011). The banker plant method in biological control. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 30, 259-278.
- Hulshof, J., Ketoja, E. & Vänninen, I. (2003). Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. *Entomol. Exp. Appl.*, 108, 19-32.
- Kutuk, H. & Yigit, A. (2007). Life table of *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera : Coccinellidae) on cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera : Aleyrodidae) as prey. *J. Plant Dis. Prot.*, 114, 20-25.
- Legaspi, J.C., Legaspi, B.C., Simmons, A.M. & Soumare, M. (2008). Life table analysis for immatures and female adults of the predatory beetle, *Delphastus catalinae*, feeding on whiteflies under three constant temperatures. *J Insect Sci.*, 8.
- Leman, A. & Messelink, G.J. (2015). Supplemental food that supports both predator and pest: A risk for biological control? *Exp. Appl. Acarol.*, 65, 511-524.
- McMurtry, J.A. & Croft, B.A. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their role in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, 42, 291-321.
- Messelink, G., Kruidhof, M., Elfferich, C. & leman, A. (2015). Nieuwe mogelijkheden voor de bestrijding van wittevlies in de sierteelt onder glas. Wageningen UR Greenhouse Horticulture rapport Wageningen UR Glastuinbouw, GTB-1350, p. 39.
- Messelink, G. & van Holstein-Saj, R. (2008). Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese). *IOBC/wprs*, 32, 135-138.
- Messelink, G.J. (2014). Persistent and emerging pests in greenhouse crops: Is there a need for new natural enemies? *IOBC/wprs Bulletin*, 102, 143-150.
- Messelink, G.J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B.L., Tavella, L., Shipp, L. et al. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *BioControl*, 59, 377-393.
- Messelink, G.J., Van Steenpaal, S.E.F. & Ramakers, P.M.J. (2006). Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl*, 51, 753-768.
- Mustu, M., Kilincer, N., Ulgenturk, S. & Kaydan, M.B. (2008). Feeding behavior of *Cryptolaemus montrouzieri* mealybugs parasitized by *Anagyrus pseudococci*. *Phytoparasitica*, 36, 360-367.
- Nomikou, M., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (2003). Phytoseiid predator of whitefly feeds on plant tissue. *Exp. Appl. Acarol.*, 31, 27-36.
- Pijnakker, J., Leman, A. & Messelink, G. (2014). Biologische bestrijding van *Echinothrips americanus* in de sierteelt. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, p. 34.

- Pijnakker, J. & Ramakers, P.M.J. (2008).
Predatory mites for biocontrol of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in cut roses. *IOBC/wprs Bulletin*, 32, 171-174.
- Romero, G.Q. & Benson, W.W. (2005).
Biotic interactions of mites, plants and leaf domatia. *Current Opinion in Plant Biology*, 8, 436-440.
- Rosas-Garcia, N.M., Duran-Martinez, E.P., de Luna-Santillana, E.D.J. & Villegas-Mendoza, J.M. (2009).
Potential of depredation of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant Hacia *Planococcus citri* Risso. *Southw. Entomol.*, 34, 179-188.
- Rosenheim, J.A., Kaya, H.K., Ehler, L.E., Marois, J.J. & Jaffee, B.A. (1995).
Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biol. Control*, 5, 303-335.
- Simmons, A.M. & Legaspi, J.C. (2004).
Survival and predation of *Delphastus catalinae* (Coleoptera : Coceinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera : Aleyrodidae), after exposure to a range of constant temperatures. *Environ. Entomol.*, 33, 839-843.
- Simmons, A.M. & Legaspi, J.C. (2007).
Ability of *Delphastus catalinae* (Coleoptera : Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera : Aleyrodidae), to survive mild winters. *J. Entomol. Sci.*, 42, 163-173.
- Simmons, A.M., Legaspi, J.C. & Legaspi, B.C. (2012).
Adult Survival of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a Predator of Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae), on Diets of Whiteflies, Honeydew, and Honey. *Environ. Entomol.*, 41, 669-675.
- Steiner, M.Y., Spohr, L.J. & Goodwin, S. (2011).
Relative humidity controls pupation success and dropping behaviour of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Aust. J. Entomol.*, 50, 179-186.
- Tommasini, M.G., Lenteren, J.C.v. & Burgio, G. (2004).
Biological traits and predation capacity of four *Orius* species on two prey species. *Bulletin of Insectology*, 57, 79-93.
- Trichilo, P.J. & Leigh, T.F. (1986).
Predation on spider mite eggs by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton agroecosystem. *Environ. Entomol.*, 15, 821-825.
- Van den Meiracker, R.A.F. & Ramakers, P.M.J. (1991).
Biological control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*, in sweet pepper, with the anthocorid predator *Orius insidiosus* Meded. *Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent*, 56, 241-249.
- van der Linden, A. & van der Staij, M. (2001).
Banker plants facilitate biological control of whiteflies in cucumber. *PROC. EXPER. APPL. ENTOMOL., NEV AMSTERDAM – VOLUME 12 – 2001*, 12, 75-79.
- van der Linden, A., van der Staij, M., Grosman, A. & Messelink, G. (2013).
Bouwstenen voor tripsbestrijding in chrysant Wageningen UR Greenhouse Horticulture, p. 41.
- van Houten, Y.M., van Rijn, P.C.J., Tanigoshi, L.K., van Stratum, P. & Bruin, J. (1995).
Preselection of predatory mites to improve year-round biological control of western flower thrips in greenhouse crops. *Entomol. Exp. Appl.*, 74, 225-234.
- van Maanen, R., Broufas, G., Oveja, M.F., Sabelis, M.W. & Janssen, A. (2012).
Intraguild predation among plant pests: western flower thrips larvae feed on whitefly crawlers. *Biocontrol*, 57, 533-539.
- van Rijn, P.C.J., Bakker, F.M., van der Hoeven, W.A.D. & Sabelis, M.W. (2005).
Is arthropod predation exclusively satiation-driven? *Oikos*, 109, 101-116.
- van Rijn, P.C.J., Mollema, C. & Steenhuisbroers, G.M. (1995).
Comparative life history studies of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber. *Bull. Entomol. Res.*, 85, 285-297.
- van Rijn, P.C.J. & Tanigoshi, L.K. (1999).
Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Exp. Appl. Acarol.*, 23, 785-802.
- van Rijn, P.C.J., van Houten, Y.M. & Sabelis, M.W. (2002).
How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. *Ecology*, 83, 2664-2679.

- Vangansbeke, D., Nguyen, D.T., Audenaert, J., Verhoeven, R., Gobin, B., Tirry, L. *et al.* (2016). Supplemental food for *Amblyseius swirskii* in the control of thrips: feeding friend or foe? *Pest Manag. Sci*, 72, 466-473.
- Wade, M.R., Zalucki, M.P., Wratten, S.D. & Robinson, K.A. (2008). Conservation biological control of arthropods using artificial food sprays: Current status and future challenges. *Biol. Control*, 45, 185-199.
- Waite, M.O., Scott-Dupree, C.D., Brownbridge, M., Buitenhuis, R. & Murphy, G. (2014). Evaluation of seven plant species/cultivars for their suitability as banker plants for *Orius insidiosus* (Say). *BioControl*, 59, 79-87.
- Walter, D.E. (1996). Living on leaves: Mites, tomenta, and leaf domatia. *Annu. Rev. Entomol.*, 41, 101-114.
- Williams, M.E.D., Kravar-Garde, L., Fenlon, J.S. & Sunderland, K.D. (2004). Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari : Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 32, 1-13.

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



Wageningen UR 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
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1420

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.