

ONDERLIGGENDE MECHANISMEN VAN DE INTERACTIE TUSSEN DE MIER *CREMATOGASTER SCUTELLARIS* EN DE ROOFMIJT *AMBLYSEIUS SWIRSKII*

Valentijn De Cauwer

Studentennummer: 01905367

Promotoren: prof. dr. ir. Patrick De Clercq, dr. Bruno Gobin

Tutor: ir. Christophe Noppe

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in Master of science in de bio-ingenieurswetenschappen:
landbouwkunde

Academiejaar: 2023-2024

De auteur en de promotor geven de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit de masterproef.

The author and the promotor give permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using results from this thesis.

Gent, 7 juni 2024

De promotoren

Prof. dr. ir Patrick De Clercq

Dr. Bruno Gobin

De tutor

Ir. Christophe Noppe

De auteur

Valentijn De Cauwer

WOORD VOORAF

Soms voelt de werkelijkheid zo onwerkelijk aan; toch, hier is het dan, mijn masterproef, voltooid.

Ik begon aan deze masterproef met een stevige dosis goesting en energie. Ik koos bewust voor een onderwerp waar ik nog niet zo vertrouwd mee was. Doorheen mijn masterproef leerde ik de fascinerende wereld van de mieren beter kennen. Mijn bewondering voor deze insecten is alleen maar gegroeid; ze geven namelijk nooit op, ze zijn onbevreesd en ze zullen altijd wel een weg vinden om hun doel te bereiken (jammer genoeg is hun doel soms ook: ontsnappen). Als mens koester ik dezelfde eigenschappen. Ik vond het een zeer boeiend onderwerp. Al moet ik zeggen dat ik al snel door had dat het ook een uitdagend onderwerp was. Al die kleine beestjes gedragen zich namelijk niet altijd zoals je zou verwachten of zoals je had gehoopt. Elke minuut waarin je deze beestjes observeert, zie je ze merkwaardige dingen doen. Dit alles maakt de wereld van de entomologie zo uitermate boeiend.

Ik wil graag prof. dr. ir. Patrick De Clercq en dr. Bruno Gobin bedanken voor het aanbieden van dit intrigerend thesisonderwerp. Ik wil professor De Clercq ook bedanken voor alle lessen over entomologie die ik doorheen mijn studies van hem kreeg. Zijn passie en liefde voor het vakgebied heeft mijn interesse in insecten en biologische bestrijding een boost gegeven. Daarnaast ben ik mijn tutor Christophe Noppe bijzonder dankbaar. Zijn enthousiasme voor mieren werkte aanstekelijk en zijn begeleiding bij deze masterproef was onmisbaar. Hij leerde mij de kneepjes van het vak, was een helpende hand waar en wanneer nodig (zelfs tot in de late uurtjes), sprak moed in en nog zoveel meer. Ik wil hem uitdrukkelijk bedanken voor zijn persoonlijke, kwaliteitsvolle begeleiding. Ik waardeer bovendien de grondige en nuttige feedback van zowel professor De Clercq als Christophe. Ik ben ook dr. Bruno Gobin dankbaar voor het gebruik van de faciliteiten van Viaverda. Aansluitend wil ik ook mijn waardering tonen voor de begeleiding in Viaverda die werd verzorgd door Joachim Audenaert. Hij was altijd aanspreekbaar en zorgde er mede voor dat wij onze serrepoef konden uitvoeren. Bedankt ook aan de vakgroep om hun kennis met mij te delen, om mij te helpen en mij op mijn fouten te wijzen wanneer dit nodig was.

Tot slot wil ik ook dankbaarheid tonen aan familie en vrienden die mij steeds steunden en interesse toonden in mijn werk. In het bijzonder wil ik hierbij mijn ouders bedanken, ze hebben mij de kans gegeven om deze studie te volgen. Daarnaast wil ik ook mijn vriendin, Heleen, in de kijker zetten. Zij was er altijd om mij te ondersteunen, van vieruurtjes te voorzien, moed in te spreken bij het aanhoren van mijn bezorgdheden en mijn scriptie na te lezen.

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	3
Inhoudsopgave	4
Samenvatting	6
Summary	7
1 Inleiding	8
2 Literatuurstudie	9
2.1 Rol van biologische bestrijding in geïntegreerde gewasbescherming	9
2.2 <i>Crematogaster scutellaris</i>	10
2.2.1 Voorkomen en biologie	10
2.2.2 <i>Crematogaster scutellaris</i> als predator	11
2.3 <i>Amblyseius swirskii</i>	14
2.3.1 Voorkomen en biologie	14
2.3.2 <i>Amblyseius swirskii</i> als predator	14
2.4 <i>Frankliniella occidentalis</i>	16
2.4.1 Voorkomen en biologie	16
2.4.2 Schade	17
2.4.3 Huidige bestrijdingsmogelijkheden	18
2.5 Interacties tussen insecten	21
2.5.1 Verschillende soorten interacties	21
2.5.2 Numerieke interacties	21
2.5.3 Functionele interacties	22
2.5.4 Mieren als deel van een interactie	23
3 Materiaal en methoden	25
3.1 Kweken	25
3.1.1 <i>Crematogaster scutellaris</i>	25
3.1.2 <i>Frankliniella occidentalis</i>	26
3.1.3 <i>Amblyseius swirskii</i>	27
3.2 Preliminair experiment: predatie op <i>Tetranychus urticae</i>	27
3.3 Experiment 1: predatie op de verschillende stadia van <i>Frankliniella occidentalis</i>	29
3.4 Experiment 2: effect van een schuilplaats op de bestrijding van <i>Frankliniella occidentalis</i>	31
3.5 Serreproef: predatie van <i>Crematogaster scutellaris</i> en <i>Amblyseius swirskii</i> op <i>Frankliniella occidentalis</i>	33
3.6 Statistische dataverwerking	37

4	Resultaten-----	38
4.1	Preliminair experiment: predatie op <i>Tetranychus urticae</i> -----	38
4.2	Experiment 1: predatie op de verschillende stadia van <i>Frankliniella occidentalis</i> -----	39
4.3	Experiment 2: effect van een schuilplaats op de bestrijding van <i>Frankliniella occidentalis</i> -----	44
4.4	Serreproef: predatie van <i>Crematogaster scutellaris</i> en <i>Amblyseius swirskii</i> op <i>Frankliniella occidentalis</i> -	49
5	Discussie -----	54
6	Conclusie -----	60
7	Referenties -----	61
8	Appendix -----	75

SAMENVATTING

Bij het simultaan inzetten van meerdere biologische bestrijders in teelten, treden er interacties op tussen de bestrijders. Deze interacties kunnen worden ingedeeld als zijnde synergetisch, neutraal of antagonistisch. In deze masterproef werd het mechanisme van de interactie tussen de mier *Crematogaster scutellaris* (Olivier) en de roofmijt *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) bij predatie op de trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) onderzocht. Het onderzoek werd in een labo- en serreomgeving uitgevoerd. Enerzijds, werd nagegaan of beide predatoren jagen op verschillende levensstadia van *F. occidentalis*. Anderzijds, werd het effect van een schuilplaats voor tripsen op de predatie-efficiëntie van beide predatoren en hun combinatie onderzocht. Een eerste laboproef toonde aan dat *C. scutellaris* jaagde op poppen en adulten van *F. occidentalis*, terwijl *A. swirskii* eerder predeerde op poppen en nimfen. Een tweede laboproef illustreerde dat *C. scutellaris* tijdens het jagen op *F. occidentalis* werd gehinderd door de aanwezigheid van een schuilplaats voor deze tripsen. Het combineren van *C. scutellaris* en *A. swirskii* bood hiervoor een oplossing. Roofmijten kunnen namelijk wel foerageren in deze kleine schuilplaatsen. Ook bleek uit de spreiding van de bladschade dat de aanwezigheid van mieren ervoor zorgde dat tripsen zich gaan verschuilen. De efficiëntie van *C. scutellaris* gecombineerd met *A. swirskii* werd verder getest in een serreproef. Er kon geen uitsluitsel worden bekomen of de combinatie van de predatoren al dan niet voor een synergetisch effect zorgt in meer praktijkgerichte omstandigheden. Er kon wel worden bevestigd dat voornamelijk roofmijten van belang zijn bij predatie op tripsnimfen.

SUMMARY

Simultaneously introducing multiple biological control agents in crops leads to interactions among these organisms. These interactions can be classified as synergistic, neutral, or antagonistic. In this master's dissertation, the mechanism of interaction between the ant *Crematogaster scutellaris* (Olivier) and the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) when preying on the Western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) was examined, in a laboratory, as well as in a greenhouse environment. First, it was investigated whether both predators prey on different life stages of *F. occidentalis*. Second, the effect of hiding spots for thrips on the predation efficiency of the two predators and their combination was determined. A first laboratory experiment demonstrated that *C. scutellaris* preyed on pupae and adults of *F. occidentalis*, while *A. swirskii* predominantly preyed on pupae and nymphs. A second laboratory experiment illustrated that *C. scutellaris* workers were hindered during predation on *F. occidentalis* by the presence of a hiding spot for these thrips. Combining *C. scutellaris* and *A. swirskii* provided a solution to this issue, as predatory mites can forage in these small hiding spots. Additionally, the distribution of leaf damage indicated that the presence of ants caused the thrips to hide. Finally, the predation efficiency of *C. scutellaris* combined with *A. swirskii* was tested in a greenhouse experiment. It could not be determined whether the combined use of *C. scutellaris* and *A. swirskii* would lead to a synergistic effect under conditions more similar to a greenhouse production environment. However, it was confirmed that predatory mites play a key role in the predation on thrips nymphs.

1 INLEIDING

Er is vandaag heel wat kritiek op en ongerustheid over ons huidig landbouwsysteem. Een belangrijk knelpunt hierbij is het (overmatig) gebruik van pesticiden die een risico vormen voor mens en dier, maar ook voor het milieu. Om potentiële nefaste effecten van pesticiden te omzeilen moeten er voldoende alternatieven voor handen zijn. De moderne landbouw is daardoor continu op zoek naar duurzame methoden om aan plaagbeheersing te doen. Biologische bestrijding is een methode die vandaag reeds sterk is uitgebouwd en waar nog steeds veel onderzoek naar wordt gevoerd.

In de vakgroep plant en gewas van de Universiteit Gent loopt al een aantal jaar een onderzoek naar het potentieel van de mier *Crematogaster scutellaris* (Olivier) als biologische bestrijder. Mieren zijn sociale insecten en leven in uitgebreide kolonies, waarin elke mier een rol heeft. Sommige soorten zijn erg agressief en samen slagen ze er zelfs in om prooien uit te schakelen die veel groter zijn als zichzelf. Uit voorgaande masterproeven werd reeds duidelijk dat *C. scutellaris* een efficiënte bestrijder is van een aantal plaagsoorten.

Er komen steeds meer biologische bestrijders bij die kunnen worden ingezet tegen verschillende plagen. Echter is het ook belangrijk om te weten hoe 'nieuwe' en bestaande biologische bestrijders reageren op de aanwezigheid van andere organismen. In het bijzonder wanneer ze gecombineerd worden met andere biologische bestrijders. De interacties tussen deze organismen kunnen de bestrijding negatief, maar ook positief beïnvloeden. In de masterproef van Eeckhout (2022) werd in een laboproef aangetoond dat de combinatie van *C. scutellaris* met de roofmijt *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) voor een betere bestrijding van de Californische trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) zorgde, dan wanneer *A. swirskii* afzonderlijk werd ingezet. Er werd geen verder onderzoek verricht naar het mechanisme achter deze interactie.

In deze masterproef zal een poging worden gedaan om het mechanisme achter de interactie tussen de mier *C. scutellaris* en de roofmijt *A. swirskii* bij de bestrijding van *F. occidentalis* verder te onderzoeken. Hiervoor worden twee hypothesen vooropgesteld welke de rode draad zullen vormen doorheen deze masterproef. In de eerste hypothese wordt verondersteld dat beide predatoren een zekere voorkeur hebben voor bepaalde tripsstadia. Zo zouden de roofmijten bijvoorbeeld de kleinste stadia van *F. occidentalis* kunnen belagen, terwijl de mieren eerder jagen op de adulte tripsen. Op deze manier zouden beide predatoren complementair kunnen zijn en zouden ze voor een betere tripsbestrijding kunnen zorgen. Een tweede hypothese stelt dat tripsen door de aanwezigheid van mieren zullen gaan schuilen op plaatsen die onbereikbaar zijn voor deze mieren. In deze kleine ruimtes zullen ze echter wel vatbaar zijn voor predatie door roofmijten. Bovendien zou dit ook voordelig kunnen zijn voor de roofmijten, aangezien hun prooien nu minder verspreid voorkomen waardoor deze efficiënter kunnen worden gelokaliseerd en gedood. Beide hypothesen zullen verder worden onderzocht aan de hand van laboproeven. Aanvullend zal ook worden getracht om de observaties uit de laboproeven van Eeckhout (2022) te bevestigen in een serreproef.

In het eerste deel van deze masterproef wordt een literatuurstudie uitgevoerd waarin onder andere de biologie van de gebruikte organismen wordt beschreven en waarin het potentieel van de betrokken predatoren als biologische bestrijders zal worden toegelicht. Er zal ook een beschrijving worden gegeven van de schade die *F. occidentalis* veroorzaakt en er zal worden gekeken naar huidige bestrijdingsmogelijkheden van deze plaag. Ook de verschillende soorten interacties tussen predatoren zullen uitgebreid aan bod komen. In deel twee wordt beschreven hoe de verschillende organismen in het labo werden gekweekt en wordt er ingegaan op de gevolgde procedures bij het uitvoeren van de labo- en serreproeven. In een derde deel worden de resultaten van de proeven gerapporteerd waarna deze in deel vier worden geïnterpreteerd en worden afgetoetst aan de bestaande literatuur. Tot slot wordt er een conclusie geformuleerd die de bovenstaande hypothesen zo goed mogelijk probeert te beantwoorden.

2.1 Rol van biologische bestrijding in geïntegreerde gewasbescherming

Biologische bestrijding (*biological control*) wordt al heel lang gebruikt om populaties van dierlijke gewasbeschadigers onder controle te houden. Desondanks werd de term pas voor het eerst geïntroduceerd in 1919 door Harry Smith (Smith, 1919). Biologische bestrijding kan worden gedefinieerd als “het gebruik van een organisme om de populatie van een ander organisme te reduceren”. Deze bestrijdingstechniek is terug te vinden in elk ecosysteem, zowel in natuurlijke ecosystemen als in door de mens gecreëerde of beïnvloede ecosystemen. Het is de methode die de natuur hanteert om aan plaagbeheersing te doen (Van Lenteren, 2012a). Gedurende de laatste 100 jaar kent de toepassing van biologische bestrijding een enorme boost. Er worden steeds meer inzichten verworven in de manier waarop biologische bestrijders kunnen worden ingezet of hoe deze organismen kunnen worden gemanipuleerd om zo dienst te doen als een effectieve en veilige bestrijdingstechniek (Orr, 2009). Naast entomofage insecten kunnen ook andere organismen zoals virussen, bacteriën, nematoden, schimmels en zelfs vertebraten worden ingezet ter bestrijding van plagen. In principe is elk mogelijk organisme vatbaar voor een vorm van biologische bestrijding (Huffaker, 2012).

Er kunnen drie vormen van biologische bestrijding worden onderscheiden (Van Lenteren, 2012a):

1. Klassieke biologische bestrijding (*Classical biological control*): het éénmalig introduceren van een natuurlijke vijand uit het oorsprongsgebied van de te bestrijden plaag.
2. Biologische bestrijding door vermeerdering (*Augmentative biological control*): het herhaaldelijk inzetten van natuurlijke vijanden ter bestrijding van de plaag.
3. Biologische bestrijding door conservatie (*Conservation biological control*): het ondersteunen en beschermen van de reeds aanwezige natuurlijke vijanden ter bestrijding van een plaag.

Biologische bestrijding steunt op twee principes. Ten eerste, eten en gegeten worden: bij biologische bestrijding wordt gebruik gemaakt van dit natuurlijk controlemechanisme om plaagpopulaties te onderdrukken. Ten tweede is het de bedoeling van een biologische bestrijder om de populatiedensiteit van de plaag te reduceren, eerder dan de populatie uit te roeien. Hierdoor wordt de populatiedensiteit laag gehouden over een lange periode (klassieke biologische bestrijding) of worden plaagpopulaties gereduceerd, maar is herhaalde toepassing noodzakelijk (biologische bestrijding door vermeerdering) (Bale et al., 2007).

De biologische bestrijdingstechniek is een sleutelement van geïntegreerde gewasbescherming (*integrated pest management*, IPM) en van biologische landbouw (Baker et al., 2020). IPM is een strategie die het gebruik van pesticiden tracht te minimaliseren door het toepassen van een combinatie aan alternatieve methoden ter bestrijding van onkruiden, ziekten en plagen (Hillocks, 2012). Chemische pesticiden, en dus ook insecticiden, zijn vaak toxisch en vormen een risico voor het milieu en de gezondheid (Rani et al., 2021). Vanwege deze redenen wordt biologische bestrijding vaak verkozen boven chemische alternatieven. Bovendien biedt effectieve biologische bestrijding een duurzame oplossing die zich aanpast aan de voortdurende evolutie van de plaagorganismen. De bestrijdingstechniek steunt op de basisecologie en de persistente interacties tussen het plaagorganisme en zijn belager (Holt & Hochberg, 1997). Desondanks werkt biologische bestrijding niet tegen alle plaagorganismen (Bottrell, 1979). Verder kan biologische bestrijding een antwoord bieden op plagen die resistentie ontwikkelen tegen bepaalde pesticiden. Vaak is het dan ook mogelijk om biologische bestrijders op een selectieve manier in te zetten waardoor de ontwikkeling van andere nuttige insecten niet wordt verstoord (Baker et al., 2020).

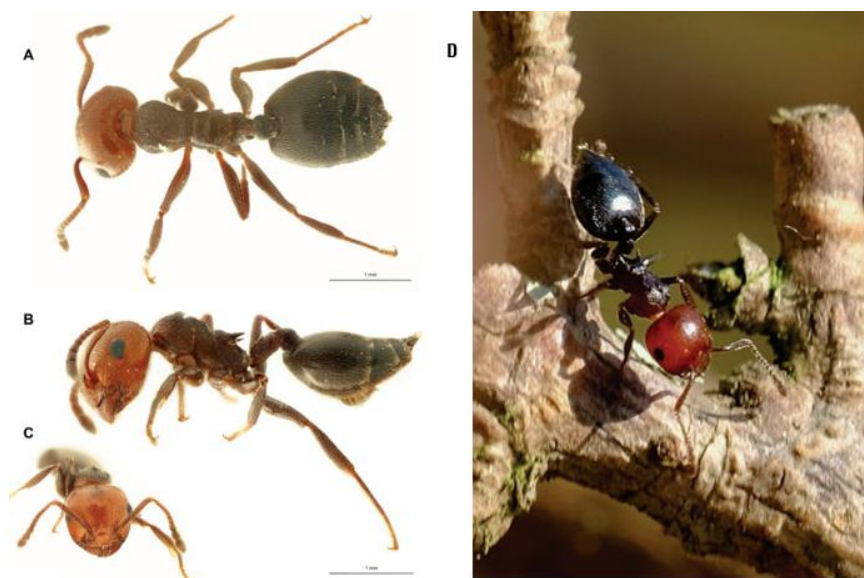
De focus van deze masterproef ligt op de biologische controle van arthropoden. Er zijn drie belangrijke groepen organismen die gebruikt kunnen worden ter bestrijding van arthropoden: parasitoïden, predatoren en nematoden. Deze vormen de groep van de macro-organismen (*‘macrobials’*). Daarnaast worden ook bacteriën, schimmels en virussen gebruikt om aan plaagbestrijding te doen, dit is de groep van de micro-organismen (*‘microbials’*) (Bale et al., 2007). Dit werk is voornamelijk gericht op predatoren en het potentieel van de mier *Crematogaster scutellaris* (Olivier) als predator.

2.2 *Crematogaster scutellaris*

2.2.1 Voorkomen en biologie

Crematogaster is een genus dat tot de Myrmicinae behoort, de grootste subfamilie binnen de familie van de Formicidae. Onder het genus vallen 467 beschreven soorten en 300 ondersoorten (Blaimer, 2012). Hierdoor is *Crematogaster* één van de grootste genera binnen de Formicidae (Bolton, 1995). De soort *Crematogaster scutellaris* (Olivier) wordt in het Nederlands de rode schorpioenmier genoemd, deze naam hebben ze te danken aan hun morfologie. Enerzijds is het lichaam tweekleurig met een rode kop en een donker borststuk en achterlijf (Figuur 1). Anderzijds richt de rode schorpioenmier zijn achterlijf op wanneer die wordt bedreigd, wat zorgt voor de gelijkenis met een schorpioen. Het achterlijf is bovendien spits versmald en hangt vast aan de postpetiolus; deze wordt voorafgegaan door de petiolus. De rode schorpioenmier heeft een sterk ontwikkelde spatelvormige angel. De vorm van de angel laat hen niet toe het gif te injecteren, maar wel om het aan te brengen op het oppervlak van belagers en prooien (Boer et al., 2021). De koningin van de rode schorpioenmier is tussen 8 en 9,5 mm groot, een werkster daarentegen is 3,5 tot 5,2 mm groot en mannetjes zijn 3 tot 3,5 mm groot (Bernard, 1968).

De levenscyclus van een mier bestaat uit vier opeenvolgende stadia: ei-larve-pop-adult. De witte eitjes worden in grote hoeveelheden gelegd door de koningin. Deze koningin leeft gemiddeld vijftien tot zestien jaar. De bruidsvlucht van nieuwe, jonge koninginnen situeert zich tussen midden augustus en eind oktober (Ant maniacs, 2022; Masoni et al., 2019). De exacte duur van de opeenvolgende levensstadia is moeilijk te achterhalen en erg afhankelijk van de omstandigheden. Gemiddeld duurt het zo een twee tot zes weken om van ei tot larve te ontwikkelen en enkele weken tot soms enkele maanden om verder te ontwikkelen tot een pop (Gallura disinfestazioni, z.d.). In de natuur worden nesten van *Crematogaster* sp. voornamelijk aangetroffen in (rottende) boomstammen, dit zowel in natuurlijke als in door de mens beheerde ecosystemen (Masoni et al., 2019). Volgens een hobbyisten webpagina ligt de optimale temperatuur in een *Crematogaster* nest tussen 23 °C en 27 °C, een relatieve vochtigheid tussen 30% en 50% volstaat (Ant maniacs, 2022). De mieren voeden zich met suikerrijke substanties en dode of levende insecten, waarbij een populatie van *C. scutellaris* bij optimale omstandigheden exponentieel kan groeien (Ant maniacs, 2022; Hölldobler & Wilson, 1978; Majer, 1993). Een kolonie bezit doorgaans één koningin (monogynie), echter bestaat een kolonie wel vaak uit verschillende satellietnesten (polydomie) (Masoni et al., 2019).



Figuur 1: *Crematogaster scutellaris*-werksters. A: dorsaal aanzicht, B: lateraal aanzicht, C: vooraanzicht, D: *C. scutellaris*. Bron: De Koninck et al. (2022).

Het genus *Crematogaster* is mondiaal verspreid en wordt grofweg aangetroffen tussen 50 graden noorderbreedte en 40 graden zuiderbreedte (Figuur 2). Ze komen voornamelijk voor in tropische, subtropische en savanne gebieden. Daarnaast worden ze ook aangetroffen in het zuidelijke deel van het Holarctisch gebied (Blaimer, 2012). De oorsprong van *C. scutellaris* ligt in Midden- en Zuid-Europa. Door menselijk transport en onder invloed van een veranderend klimaat zijn ze tot in Nederland geraakt. Ook *Crematogaster schmidtii* (Mayr), de oranje schorpioenmier, kan in Nederland worden aangetroffen (Boer, 2021). In België werd in de lente van 2022 voor het eerst een nest van *C. scutellaris* ontdekt, en er wordt verwacht dat deze waarnemingen in de nabije toekomst zullen toenemen (De Koninck et al., 2022).



Figuur 2: De mondiale verspreiding van *C. scutellaris*. Bron: Blaimer (2012).

2.2.2 *Crematogaster scutellaris* als predator

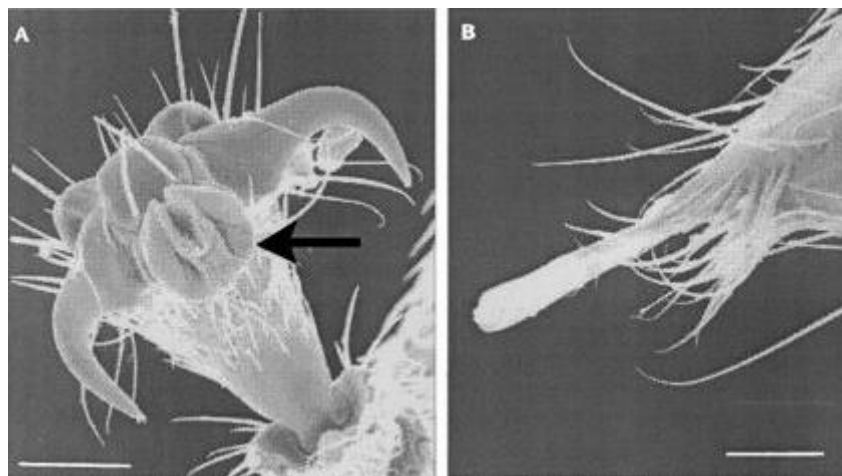
Mieren zijn alomtegenwoordig in heel wat ecosystemen. Ze zijn goed voor minstens één derde van alle insecten biomassa op Aarde, vergelijkbaar met de biomassa van alle mensen (Offenberg, 2015). Volgens Offenberg (2015) zijn er vijf redenen die het potentieel van mieren voor biologische bestrijding verklaren.

1. Mieren reageren snel wanneer plaagpopulaties uitbreiden. Soortgenoten worden meteen gerekruteerd dankzij alarmferomonen, tandemlopen (*tandem running*) en het gebruik van feromoonsporen. Deze mechanismen zorgen ervoor dat mieren efficiënt op de plaats geraken waar hun aanwezigheid het meest gewenst is.
2. Het zijn generalisten, ze jagen dus op verschillende plaagorganismen en hun verschillende levensstadia.
3. Ze zijn erg territoriaal, zo verdrijven ze ook organismen die groter zijn dan een potentiële prooi.
4. Ze leggen een voedselreserve aan onder de vorm van soorteigen eitjes en larven. Dat broed kan indien nodig worden gekannibaliseerd, wat een stabiel voortbestaan van de kolonie garandeert.
5. Voorgaand gedrag zorgt ervoor dat mieren bijna onophoudelijk jacht voeren op hun prooien zonder verzadiging. Dit impliceert dat ze bij een aanhoudend hoge plaagdensiteit prooien blijven vangen voor het opkweken van (reserve)broed.

Daarnaast zijn mieren omnivoren en kunnen ze zich dus voeden met plantaardig materiaal wat ervoor zorgt dat ook bij een lage plaagdensiteit de nodige nutriënten kunnen worden verzameld (Way & Khoo, 1992). Ook honingdauwproducerende organismen kunnen een mierenpopulatie stabiel helpen houden. Dankzij de stabiliteit van mierenpopulaties en hun slimme zoekgedrag beschermen mieren planten tegen plagen die zelfs bij een lage bezetting al veel schade kunnen veroorzaken. Zo is *Oecophylla longinoda* (Latreille) in staat om de kokoswants, *Pseudotheraptus wayi* (Brown), te bestrijden aan een populatiedensiteit van één tot twee individuen per kokosnootboom, geen enkele andere predator zou dit kunnen (Way & Khoo, 1992). Ook natuurlijke verdedigingsmechanismen van de prooi zoals vliegen, springen of zich laten vallen, zijn vaak weinig efficiënt om te ontsnappen aan mieren (Way & Khoo, 1992).

Reeds sinds de oudheid is het potentieel van mieren als predatoren gekend. Zo wordt bijvoorbeeld gezegd dat reeds in het jaar 304 n.C. mierenestjes werden verhandeld, verpakt in een omhulsel vervaardigd uit russen. Deze nestjes werden bevestigd aan twijgen van de mandarijnboomen, om zo schade (veroorzaakt door herbivoren) aan vruchten te voorkomen (Huang & Yang, 1987). Ook meer recent zijn er landbouwsystemen gekend waar mieren worden gebruikt ter beheersing van plaagorganismen (Way & Khoo, 1992). Way en Khoo (1992) hebben het over zeven dominante genera die een erkende bijdrage leveren aan landbouwsystemen: *Oecophylla*, *Dolichoderus*, *Anoplolepis*, *Wasmannia*, *Azteca*, *Solenopsis* en *Formica*.

Het dieet van *C. scutellaris* bestaat uit een aanbod van verschillende stadia van diverse arthropoden aangevuld met honingdauw en nectar, veelal van extraflorale nectariën (Dejean et al., 2000; Hölldobler & Lumsden, 1980; Hölldobler & Wilson, 1978; Majer, 1993). Richard et al. (2001) onderzochten het predatiegedrag van mieren die tot het genus *Crematogaster* behoren. *Crematogaster* sp. detecteren een prooi doorgaans door contact (antennen), er wordt gedacht dat zicht nauwelijks een rol speelt. Prooien worden in een zeer snelle beweging gegrepen, waarbij kleine organismen meestal worden gegrepen ter hoogte van het lichaam, terwijl grote prooien doorgaans nabij een poot worden gegrepen. De mier die als eerste een prooi signaleert start meteen de aanval op het organisme, waarna andere soortgenoten worden gealarmeerd dankzij de afgifte van alarmferomonen. Vaak gaan de mieren die als eerste bij de prooi aankomen, de prooi immobiliseren, vastgrijpen en achteruit trekken. Deze mieren laten de prooi niet meer los, ondanks de vaak grote prooien. Afhankelijk van de reactie en het verzet van de prooi, zullen al dan niet nog andere werkers worden gerekruteerd. Het aantal betrokken werkers hangt doorgaans af van de grootte van de prooi. Alle mieren die de prooi in hun greep hebben, trekken aan het organisme, hierdoor wordt de prooi opengespreid. *Crematogaster* sp. hebben een goede grip op verschillende substraten dankzij hun sterk ontwikkelde arolium op de pretarsus en hun gebogen klauwen (Figuur 3A). De mieren die niet helpen bij het immobiliseren van de prooi, gaan met hun angel (Figuur 3B) een bepaald gif over de prooi spuiten, waarna ze de prooi beginnen open te bijten. Tot slot worden kleine delen van de prooi naar het nest gebracht door individuele mieren, terwijl grotere delen worden getransporteerd door samen te werken. Bij het verdedigen van het territorium gaat *C. scutellaris* op een analoge manier te werk.



Figuur 3: A: sterk ontwikkeld arolium (zwarte pijl) en gekromde klauwen van een *Crematogaster* mier. B: spatelvormige angel van een *Crematogaster* mier. Witte lijn: schaal = 50 μ m. Bron: Richard et al. (2001).

Crematogaster scutellaris is een predator die talrijke, grote kolonies vormt. Het is reeds aangetoond dat deze predator een invloed heeft op herbivore arthropoden. In Tabel 1 wordt een onvolledig overzicht gegeven van een aantal schadelijke en nuttige organismen die kunnen worden belaagd door *C. scutellaris*, telkens aangetoond in veldomstandigheden. Vele studies situeren zich rond het Middellandse Zeegebied waar onder andere olijven en vijgen worden geteeld en *C. scutellaris* van nature aanwezig is.

Tabel 1: Beperkt overzicht van de nuttige en schadelijke organismen die door *C. scutellaris* worden belaagd. Er wordt telkens aangegeven op welke plant en in welk land de veldobservaties werden gedaan. Bron: Eeckhout (2022).

	Prooi	Plant	Land	Bron
Plaaigorganismen				
Coleoptera	<i>Phoracantha semipunctata</i> (Fabricius)	Eucalyptus	Portugal	(Way et al., 1992)
	<i>Coraeus undatus</i> (Fabricius)	Kurk	Spanje	(Gallardo et al., 2012)
	<i>Phloeotribus scarabaeoides</i> (Bernard)	Olijf	Spanje	(Gonzalez & Campos, 1989)
Lepidoptera	<i>Prays oleae</i> (Bernard)	Olijf	Spanje	(Morris et al., 2002)
	<i>Cameraria ohridella</i> (Deschka & Dimić)	Witte Paardenkastanje	Italië	(Radeghieri, 2004)
	<i>Tortrix viridana</i> (Linnaeus)	Eik	Frankrijk	(Du Merle & Mazet, 1983)
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Denis & Schiffermüller)	Aleppoden	Spanje	(López Sebastián et al., 2004)
Hymenoptera	<i>Philotrypesis caricae</i> (Linnaeus)	Vijg	Brunei, India, Frankrijk	(Schatz et al., 2006)
Orthoptera	<i>Homorocoryphus</i> sp.	Java cassia	Kameroen	(Richard et al., 2001)
Nuttige organismen				
Hymenoptera	<i>Trichogramma cacoeciae</i> (Marchal)	Olijf	Portugal	(Pereira et al., 2004)
	<i>Blastophaga psenes</i> (Linnaeus)	Vijg	Frankrijk	(Schatz et al., 2006)
Neuroptera	<i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens)	Olijf	Canada	(Morris et al., 1998)

Ook in voorgaande masterproefschriften werd aangetoond dat *C. scutellaris* belangrijke plaagorganismen aanvalt:

- *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), aangetoond door: Everaert (2021).
- *Spodoptera littoralis* (Boisduval), aangetoond door: Everaert (2021), Hast (2022) en Vermeiren (2023).
- *Frankliniella occidentalis* (Pergande), aangetoond door: Everaert (2021), Van Butsele (2020) en Eeckhout (2022).
- *Acyrtosiphon pisum* (Harris), aangetoond door: Van Hoeyweghen (2021).

Het betrof hier laboproeven uitgevoerd op bonenplanten en serreproeven uitgevoerd op chrysanten of potrozen.

2.3 *Amblyseius swirskii*

2.3.1 Voorkomen en biologie

Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) behoort tot de orde van de Acari en wordt gepositioneerd binnen de klasse van de Arachnida, binnen de familie van de Phytoseiidae (Lee & Gillespie, 2011). Deze mijt wordt in de literatuur soms ook *Neoseiulus swirskii* of *Typhlodrompis swirskii* genoemd (Doğramaci et al., 2013). De Phytoseiidae worden gekenmerkt door hun lange poten, in het bijzonder het voorste paar poten dat bovendien ook nog eens naar voren wijst. Op het lichaam komen weinig (<20) haren voor. Roofmijten uit deze familie zijn doorgaans lichtgeel of lichtbruin gekleurd wanneer ze tripsen of wittevliegen eten, echter kan hun kleur variëren van rood tot geel afhankelijk van de verorberde prooi. Identificatie van de verschillende soorten van de Phytoseiidae familie is moeilijk met het blote oog. Via microscopie wordt onderscheid gemaakt op basis van de haren en het dorsaal oppervlak (Doğramaci et al., 2013).

Amblyseius swirskii heeft net zoals andere mijten een levenscyclus die bestaat uit volgende stadia: ei, larve, protonimf, deutonimf en adult (Figuur 4). Eitjes zijn ovaalvormig, bleek en ca. 0,15 mm lang. Eitjes worden preferentieel afgelegd aan de onderkant van het blad, in de buurt van haren (trichomen) of domatia. Domatia zijn een soort harige holtes aan de onderkant van bepaalde plantensoorten en bieden bescherming tegen predatie. De roofmijten zijn transparant bleek in het larvestadium, met slechts drie paar poten, terwijl protonimfen en deutonimfen vier paar poten hebben en al wat donkerder gekleurd zijn. Adulten zijn peervormig, ca. 0,5 mm lang en voorzien van vier paar poten. Mannetjes zijn vaak iets kleiner dan vrouwtjes. De duur van een levenscyclus hangt af van de beschikbaarheid en het soort voedsel, naast omgevingsomstandigheden (Doğramaci et al., 2013). Met arthropoden als voedsel duurt de ontwikkeling van ei tot adult ongeveer vijf dagen bij 25 °C (Park et al., 2010). Wanneer ze zich voeden met pollen duurt de ontwikkeling bij 25 °C een dag langer en zullen de adulte wijfjes ook minder eitjes leggen (Park et al., 2011).



Figuur 4: A: eitje van *A. swirskii* op een trichoom, links onderaan is een leeg eitje te zien. B: larve van *A. swirskii*. C: adult van *A. swirskii* die zich voedt met een Chili trips. Bron: Doğramaci et al. (2013).

De oorsprong van *A. swirskii* ligt in het oostelijke Middellandse Zeegebied, voornamelijk in Israël, Italië, Cyprus, Turkije, Griekland en Egypte. Hier wordt de mijt aangetroffen op diverse groenten, appel, abrikoos, citrus en katoen (EPPO/IOBC, 2021; Swirski & Amitai, 1997).

2.3.2 *Amblyseius swirskii* als predator

Wereldwijd zijn 219 verschillende soorten arthropoden commercieel beschikbaar voor biologische bestrijding. Hiervan behoren 30 soorten tot de orde van de Acari (Van Lenteren, 2012b). In 2018 was meer dan 60% van de wereldwijde omzet van natuurlijke vijanden te danken aan roofmijten uit de familie van de Phytoseiidae, met de grootste omzet voor *A. swirskii* (Knapp et al., 2018). Roofmijtsoorten die volgens Van Lenteren (2012b) het belangrijkste zijn in de vermeerdering zijn: *A. swirskii*, *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley), *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot), *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Neoseiulus fallacis* (Garman), *Amblyseius andersoni* (Chant), *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), *Transeius montdorensis* (Schicha) en *Amblyseius limonicus* (Garman & McGregor). Roofmijten zijn als predatoren erg populair aangezien ze makkelijk op grote schaal kunnen worden geproduceerd, door gebruik te maken van onnatuurlijke prooien (*factitious prey*). Daarnaast kunnen ze mechanisch, vaak geautomatiseerd worden verspreid en ingezet tegen diverse plaagsoorten. Het zijn bovendien kleine organismen

die zich niet actief kunnen verspreiden over grote afstanden, wat de kans op potentiële milieurisico's verkleint (Calvo et al., 2015; Van Lenteren, 2012b).

Amblyseius swirskii is een generalist die zich kan voeden op een breed scala aan prooien waaronder kleine mijten (Tarsonemidae, Eriophyoidea en Tydeidae) en insecten (Thysanoptera, Pseudococcidae, Aleyrodidae) (Calvo et al., 2011; Doğramaci et al., 2011; Nomikou et al., 2001; Onzo et al., 2012; Stansly & Castillo, 2009; Wimmer et al., 2008; Xiao et al., 2012). Omdat deze omnivore mijt zich voor zijn voedselbehoefte verder kan voeden met pollen en honingdauw, wordt ze gecategoriseerd als type III-predator (McMurtry & Croft, 1997; Nguyen et al., 2014; Nomikou et al., 2003; Romeih et al., 2004). Bij het aanvallen van prooien spelen de eerste twee paar poten en de cheliceren een rol. Die laatste doorboren de cuticula van de prooi, en na pre-ingestionele vertering wordt de inhoud van de prooi opgezogen (Flechtmann & McMurtry, 1992a, 1992b). De morfologie van de cheliceren zou bovendien bepalen of de roofmijt zich ook kan voeden met plantenweefsels (Adar et al., 2012).

De populariteit van *A. swirskii* is eigenlijk nog maar vrij recent toegenomen, deze roofmijten zijn vooral belangrijk geworden omdat ze tripsen kunnen helpen bestrijden (Calvo et al., 2011). Desondanks is het potentieel van deze roofmijt in de biologische bestrijding al veel langer gekend (Swirski, 1967; Teich, 1966). *Amblyseius swirskii* wordt momenteel actief gekweekt en verkocht in Europa en Noord-Amerika, waar ze voornamelijk worden ingezet in kassen (Doğramaci et al., 2013). De roofmijt werd in België voor het eerst ingezet in 2005 (EPPO/IOBC, 2021). Vandaag wordt *A. swirskii* gezien als echte generalist die wordt verkocht als bestrijder van nimfen van tripsen en kaswittevliegen (*T. vaporariorum*) (Biobest, z.d.). De roofmijt belaagt onder andere de tripssoorten *F. occidentalis*, *Scirtothrips dorsalis* (Hood) en *Thrips tabaci* (Lindeman) (Gerson & Weintraub, 2007; Messelink et al., 2006; Pijnakker & Ramakers, 2008). Ook spintmijten zijn gevoelig aan deze roofmijt, echter wordt *A. swirskii* niet commercieel ingezet tegen spint. Dit omdat deze roofmijt teveel wordt gehinderd door het web van de spintmijten (Messelink et al., 2010). Doordat deze roofmijt zich ook kan voeden op pollen kan deze ook preventief worden ingezet. Het wordt aangeraden pollen (Nutrimite) te voederen aan de roofmijten om ervoor te zorgen dat er altijd een 'standing army' klaar staat in het gewas (Biobest, z.d.). Daarnaast kunnen ze ook bij hogere temperaturen worden ingezet, terwijl ze minder effectief blijken te zijn bij een lage temperatuur en luchtvochtigheid (Doğramaci et al., 2013; WUR, z.d.).

Doordat *A. swirskii* niet in diapauze gaat, kan de roofmijt een heel jaar lang worden ingezet op voorwaarde dat de dagtemperatuur niet onder 22 °C daalt (Doğramaci et al., 2013). De mijten worden in de praktijk rechtstreeks op het gewas gezet met zemelen of vermiculiet als draagstof of ze worden machinaal het gewas ingeblazen (Figuur 5) (Buitenhuis et al., 2010a; Opit et al., 2005). Meer recent zijn ook kleine waterdichte kweekzakjes (Figuur 5) ontwikkeld, deze zijn gevuld met een draagstof en een alternatieve prooi, doorgaans voorraadmijten. Dit kweekzakje is dus een klein kweekstelsel op zichzelf dat geleidelijk roofmijten vrijgeeft. Dit wordt een 'slow release' methode genoemd (Doğramaci et al., 2013). Meestal wordt een toepassing tussen de vijftientig en honderd roofmijten per m² aangeraden, afhankelijk van de plaagsoort, plaagdensiteit en het gewas (Doğramaci et al., 2013). Recente studies hebben aangetoond dat *A. swirskii* kan worden beïnvloed door andere predatoren (zie sectie 2.5.2). Het combineren van *A. swirskii* met insecticiden moet met de nodige voorzichtigheid worden gedaan, al is de predator wel inzetbaar bij het gebruik van bepaalde insecticiden (Colomer et al., 2011; Doğramaci et al., 2011).



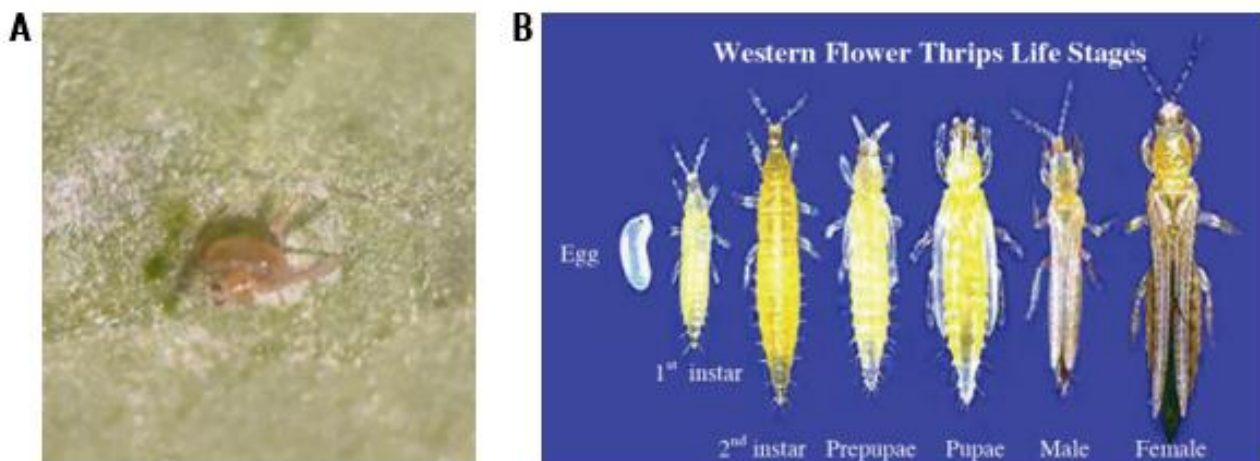
Figuur 5: A: handmatige toepassing van roofmijten op sierpalmen. B: toepassing van roofmijten op sierpalmen door middel van een luchtblazer. C: 'slow-release' kweekzakjes met roofmijten opgehangen aan een rozenplant. Bron: Doğramaci et al. (2013).

2.4 *Frankliniella occidentalis*

2.4.1 Voorkomen en biologie

Frankliniella occidentalis is een kosmopolitisch verspreide soort die erkend wordt als plaagorganisme in allerlei gewassen in de land- en tuinbouw (Kirk, 2002; Wimmer et al., 2008). De plaag behoort tot de orde van de Thysanoptera, welke bestaat uit de twee onderorden Tubulifera en Terebrantia. De onderorde van de Terebrantia bestaat uit meer dan 2000 soorten, ingedeeld in zeven verschillende families. Thripidae is hiervan de grootste familie, hiertoe behoort *F. occidentalis* (Mound & Teulon, 1995). *Frankliniella occidentalis* wordt in het Nederlands ook de Californische trips genoemd, in het Engels de *Western flower thrips* (EPPO, 2002). De oorsprong van deze plaag ligt in het westen van Noord-Amerika, van daaruit heeft *F. occidentalis* zich wereldwijd verspreid (Kirk, 2002). De verspreiding gebeurde voornamelijk via de handel van (sier)planten (CABI, 2020). Tot 1960 bleef de verspreiding van de plaag beperkt tot het westen van Noord-Amerika, rond het jaar 1980 werd ze ook in Europa geïntroduceerd (Kirk, 2002; Kirk & Terry, 2003; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).

De levenscyclus van *F. occidentalis* bestaat uit zes verschillende stadia: ei - nimf 1 (N1) - nimf 2 (N2) – prepop – pop – adult (Figuur 6). De totale cyclusduur is erg temperatuursafhankelijk, bij 30 °C duurt de cyclus slechts vijftien dagen (Cluever et al., 2021; Ishida et al., 2003). Adulte tripsen hebben een vaak verdoken levensstijl en leggen eitjes in het parenchym van bladeren (Figuur 6), knoppen, bloemen en vruchten. Wijfjes leggen gedurende hun leven zo een 20 tot 40 eitjes. Na vier dagen bij 27 °C ontluiten deze eitjes, het eistadium kent echter wel een hoge mortaliteit. N1-nimfen beginnen zich meteen te voeden en vervellen na ongeveer 3 dagen bij 27 °C tot N2-nimfen. N2-nimfen ontwikkelen in een prepop in opnieuw ongeveer 3 dagen bij 27 °C. De N2-nimfen laten zich vallen van de plant vooraleer ze verpoppen. Het verpoppen gebeurt meestal boven de grond in de strooisellaag, soms ook op de plant zelf. De prepop ontwikkelt zich in slechts één dag bij 27 °C tot pop. De ontwikkeling van pop tot adult duurt doorgaans langer dan een week. Een volledig ontwikkeld wijfje leeft doorgaans niet langer dan 40 dagen, maar kan tot wel 90 dagen leven. Adulte mannetjes aggregeren, waarna een wijfje op bezoek komt. Als paring plaatsvindt kan er voor nakomelingen gezorgd worden (CABI, 2020; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). *Frankliniella occidentalis* wordt gekenmerkt door een arrhenotoke reproductie (haplodiploidie). Onbevuchte eitjes resulteren in haploïde mannetjes, terwijl bevruchte eitjes resulteren in diploïde wijfjes. Dit zou dus willen zeggen dat wijfjes de seks-ratio kunnen sturen door de eitjes al dan niet af te schermen van het sperma. Het begrijpen van de biologie van *F. occidentalis* is van groot belang met het oog op de bestrijding van de plaag (Kumm & Moritz, 2010; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).



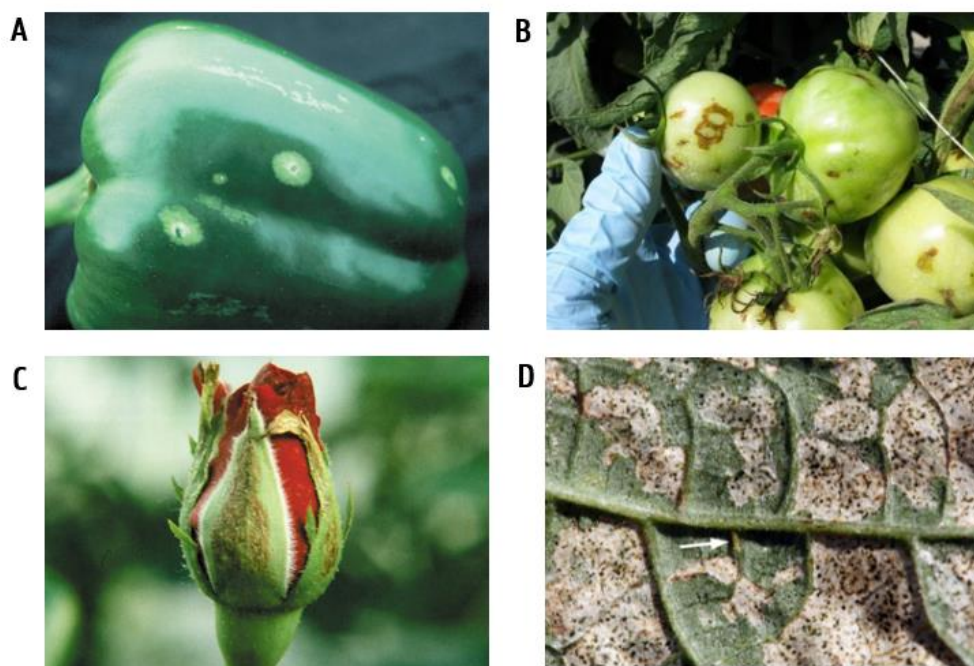
Figuur 6: A: een eitje wordt afgelegd door een adulte trips. B: de verschillende levensstadia van *F. occidentalis*. Bron: auteur; BASF (2013).

De eitjes van *F. occidentalis* zijn klein (550 µm x 250 µm) en ovaal van vorm (CABI, 2020). De nimfen zijn vleugelloos, geel met rode ogen en leven beschut in bloemen, knoppen of dichte bladmassa. Beide nimfstadia voeden zich actief. De prepoppen worden gekenmerkt door de aanleg van korte primaire vleugels en antennen die naar voor gericht zijn. In het popstadium groeien deze primaire vleugels verder uit, en zullen de antennen zich achterwaarts over het kopstuk leggen. Beide popstadia voeden zich niet.

Hoewel de popstadia niet actief zijn, kunnen ze bij verstoring wel minimale activiteit vertonen. De adulte tripsen zijn doorgaans minder dan 2 mm lang. Ze hebben volledig ontwikkelde vleugels, welke aan de randen voorzien zijn van een wimpervormige haarzoom (CABI, 2020; Cluever et al., 2021; Reitz, 2009; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). *Frankliniella occidentalis* kent een uiterst veelzijdige morfologie. Adulte wijfjes kunnen bijna kleurloos, oranje-geel of bijna zwart van kleur zijn, terwijl mannetjes vaak bleker zijn. De veelzijdigheid in kleur zorgde ervoor dat in het begin van de 20^{ste} eeuw werd gedacht dat het om verschillende soorten ging (Nakahara, 1997). Als gevolg daarvan is de soort *F. occidentalis* gekend onder veel verschillende namen (Cluever et al., 2021). Bryan (1956) maakte eerder een onderverdeling in een bleke, intermediaire en donkere vorm, waarbij hij kon aantonen dat deze kleur gewoon een additieve mendeliaanse overerving kende. Onderscheid tussen verschillende tripssoorten kan worden gemaakt aan de hand van eigenschappen van de antennen, de lichaamsbehaarung (setae) en de wimpervormige haarzoom van de vleugels (CABI, 2020; Cluever et al., 2021; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).

2.4.2 Schade

Frankliniella occidentalis is een plaag die schade kan veroorzaken op een hele range aan waardplanten en is economisch gezien één van de meest gevreesde plagen in de landbouwsector (He et al., 2020; Mouden et al., 2017). Minstens 250 plantensoorten uit 65 families zijn een geschikte waard (CABI, 2020). Voornamelijk in de sier- en groententeelt zorgt *F. occidentalis* voor heel wat schade (Del Bene et al., 1998; He et al., 2020; Wimmer et al., 2008). Door middel van de stekend-zuigende monddelen is *F. occidentalis* in staat plantenweefsels op directe wijze te beschadigen door het leegzuigen van de plantencellen (Figuur 7). Als gevolg zal het aangetaste plantenweefsel zilvergrijs/brons verkleuren met daarop donkergroene vlekjes (uitwerpselen). Bij ernstige aantasting kan het blad zelfs volledig verdrogen (Kirk, 2002; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023; Stijger, 2005). Ze zuigen ook aan cellen van bloemen en vruchten, geïnfesteerde bloemen zullen daardoor misvormingen vertonen of niet openen. Ook vruchten kunnen littekens en abnormale vormen aannemen als gevolg van een tripsaantasting (Figuur 7). Een andere manier waardoor tripsen schade kunnen aanrichten is door ovipositie, dit kan bijvoorbeeld littekens veroorzaken op tomaten, paprika's en komkommers (Murphy et al., 2022). Daarnaast doet *F. occidentalis* ook indirecte schade, zo verspreiden ze virussen en veroorzaken ze infecties door het maken van wonden (Del Bene et al., 1998; Kirk, 2002; Wimmer et al., 2008). Tripsen zijn de enige bekende vectoren van Orthospovirussen zoals het Tomatenbronsvlekkenvirus (*Tomato Spotted Wilt Virus*). Daarnaast zouden ze ook zorgen voor de transmissie van Ilavirussen, Machlomovirussen en Alphacarmovirussen (He et al., 2020; Montero-Astúa et al., 2016).



Figuur 7: schade door *F. occidentalis*. A: zuigschade en littekens van ovipositie op paprika. B: symptomen van het Tomatenbronsvlekkenvirus. C: zuigschade op rozen. D: zuigschade op een blad. Bron: Murphy et al. (2022); Cluever et al. (2021); CABI (2020).

2.4.3 Huidige bestrijdingsmogelijkheden

2.4.3.1 Monitoring

Het regelmatig monitoren van plaagorganismen maakt deel uit van geïntegreerde gewasbescherming (Ehler, 2006). Monitoren is van groot belang voor een effectieve bestrijdingsstrategie, om zo tijdig de juiste interventie uit te voeren (Zhang et al., 2019). Aangezien *F. occidentalis* zich snel kan voortplanten is het noodzakelijk om infecties op te sporen voordat ze uit de hand lopen, zo kan de potentiële schade ingeperkt worden. Door het monitoren van de populatiedensiteit kan de teler het risico inschatten, om zo een bestrijdingstechniek met gepaste intensiteit en op het gepaste tijdstip in te zetten (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Zo kan een teler beslissen om vanaf een bepaalde populatiedensiteit in te grijpen, hier kan bijvoorbeeld worden gewerkt met economische schadedrempels. De monitoringdata van voorgaande seizoenen kan bovendien helpen om de nood aan preventieve maatregelen in te schatten (Demirozer et al., 2012; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Via monitoring kunnen ook signalen van mogelijke resistentieontwikkeling tegen insecticiden worden opgevangen, hierdoor kan op tijd voor een ander insecticide of een andere bestrijdingstechniek worden gekozen (Wakil et al., 2023). Kortom kan door monitoring een proactieve bestrijdingsstrategie worden toegepast, waarbij de bestrijding effectief en zo duurzaam mogelijk verloopt (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).

Monitoring kan op allerlei manieren gebeuren. De drie voornaamste technieken worden hieronder toegelicht.

1. Kleefvallen worden veel gebruikt voor de monitoring van tripsen. Er zijn verschillende varianten, waarvan de gele en blauwe vangplaten het meest gebruikt worden. De tripsen worden aangetrokken tot de plaat door de opvallende kleur en landen op de plaat waardoor ze in de lijm gevangen worden (Gao et al., 2012; Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). *Frankliniella occidentalis* zou een voorkeur hebben voor blauwe vangplaten, maar gele vangplaten hebben wel het voordeel dat ze ook andere plaagorganismen zoals bladluizen en wittevliesvliegen vangen (Broughton & Harrison, 2012; Murphy et al., 2022). Aan kleefvallen kunnen semiochemicaliën, zoals aggregatieferomonen, worden toegevoegd die de efficiëntie van het vangen kunnen verhogen (Bioline AgroSciences, z.d.; Murphy et al., 2022). De kleefvallen worden op verschillende hoogtes in het gewas gehangen, waarbij één val wordt gehangen per honderd tot tweehonderd m². De platen worden bij voorkeur wekelijks gecontroleerd en vervangen indien nodig (Espinoza et al., 2016; Murphy et al., 2022).
2. Door een nauwkeurige visuele inspectie van de bladeren, bloemen en vruchten van het gewas kan de aanwezigheid van tripsen worden nagegaan. Hierbij is het noodzakelijk dat de teler schade door tripsen kan herkennen (zie sectie 2.4.2) en ook de plaag zelf kan identificeren (zie sectie 2.4.1) (Cloyd, 2009). Visuele inspecties worden bij voorkeur wekelijks uitgevoerd, zeker wanneer de plaagdruk hoog is of wanneer het gewas zich in een kritieke of gevoelige fase bevindt (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).
3. Steekproeven kunnen ook worden uitgevoerd door delen van een plant zoals bijvoorbeeld een bloem tegen een licht gekleurde plaat te slaan, vervolgens kan het aantal tripsen worden geteld (Murphy et al., 2022). Bloemen kunnen ook in een kleine beker met 70% ethanol worden geplaatst. Na schudden komen de tripsen los en kunnen ze worden geteld of op soort worden gebracht via een microscoop (Funderburk et al., 2022; Funderburk et al., 2011).

De beste methode om het gedrag en de dynamiek van een tripspopulatie op te volgen is door verschillende technieken te combineren (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023).

2.4.3.2 Cultuurtechnische maatregelen

Volgens Buckland et al. (2013) worden tripsen meer aangetrokken door een ajuinenteelt met hogere stikstofbemesting in vergelijking met lagere stikstofbemesting, waarschijnlijk door het hoger stikstofgehalte in het plantenweefsel. Hetzelfde werd aangetoond door Malik et al. (2009) en Stavisky et al. (2002). Dit wijst erop dat de stikstofbemesting van het gewas een invloed kan hebben. Daarnaast speelt de gewasrotatie en -diversificatie een rol. Deze twee factoren kunnen omgevingsomstandigheden zodanig veranderen waardoor tripsen minder goed gedijen (Flint & Roberts, 1988). Daarnaast kunnen ook minder gevoelige gewassen de levenscyclus van *F. occidentalis* onderbreken (Ando et al., 2007). Diversiteit zorgt er ook voor dat natuurlijke vijanden talrijker en actiever zijn (Flint & Roberts, 1988). Verder kan het aantal overwinteringsplaatsen worden gereduceerd door het verwijderen van gewasresten en onkruiden (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Het is ook belangrijk om een teelt te starten met

gezond uitgangsmateriaal, zonder de aanwezigheid van plagen. Vaak worden sierplanten gestekt en kan het moedermateriaal besmet zijn met tripsen (CABI, 2020). In het noorden van Florida wordt ook UV-reflecterende mulch gebruikt in onder andere de teelt van aardbeien en tomaat. Deze mulch zorgt ervoor dat *F. occidentalis* de waardplant moeilijker kan lokaliseren (Cluever et al., 2021; Stavisky et al., 2002).

2.4.3.3 Chemische bestrijding

Frankliniella occidentalis is vaak moeilijk te raken met insecticiden vanwege zijn cryptische levensstijl en de beschikbare middelen zijn beperkt. Desondanks wordt de plaag wereldwijd nog vaak met pesticiden bestreden, zeker in de sierteelt waar vaak een nultolerantie geldt vanwege de cosmetische schade (Mouden et al., 2017). Daarnaast zijn er al heel wat artikels verschenen waar insecticidenresistentie wordt gemeld (CABI, 2020; IRAC, z.d.). Drie factoren zouden verantwoordelijk zijn voor deze resistentie; de korte levenscyclus, de hoge fertiliteit en de haploïde mannetjes waarbij resistentiegenen direct worden blootgesteld aan selectie bij een insecticidenbehandeling. Door insecticiden toe te passen volgens het etiket, middelen met verschillende werkwijzen af te wisselen en door enkel te sproeien wanneer nodig, kan het risico op resistentie worden verlaagd (IRAC, 2020). Vanuit het IPM standpunt moet het gebruik van pesticiden steeds de laatste optie zijn en dienen ze enkel te worden ingezet wanneer economische schadedrempels worden overschreden (Mouden et al., 2017). In Appendix A worden alle in België toegelaten gewasbeschermingsmiddelen tegen tripsen opgelijst, samen met hun werkzame stof. In Appendix B wordt hetzelfde gedaan, maar hier worden enkel de gewasbeschermingsmiddelen weergegeven die ook zijn toegelaten in de biologische landbouw. De belangrijkste werkzame stoffen zijn daar spinosad en pyrethrinen. Spinosad is afgeleid van de bacterie *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz & Yao), deze Actinomyceet produceert spinosynen tijdens fermentatie (Cloyd, 2009). Het zijn de spinosynen A en D die insecten kunnen doden (Kirst et al., 1992). Spinosad werkt in op het zenuwstelsel van het insect, met verlamming en de dood tot gevolg. Initieel was de bestrijding door middel van spinosad heel efficiënt, maar later nam dit af, waarschijnlijk omwille van resistentie (Cloyd, 2009; Jensen, 2000). Pyrethrinen zijn de werkzame stoffen afkomstig van de bloemen van *Tanacetum cinerariaefolium* (Treviranus) (syn. *Chrysanthemum cinerariaefolium*). Pyrethroïden zijn de hiervan afgeleide en meer stabiele, synthetische stoffen. Deze stoffen werken opnieuw in op het zenuwstelsel (Ensley, 2018). Recent is er ook steeds meer interesse in de zogenaamd nieuwe insecticiden zoals zepen en plantenextracten, bijvoorbeeld neemolie (CABI, 2020).

2.4.3.4 Biologische bestrijding

Het is voor een hele reeks biologische bestrijders aangetoond dat ze de *F. occidentalis* aanvallen. Naast predatoren en parasitoïden, vallen hieronder ook entomopathogene fungi en nematoden (Mouden et al., 2017). Natuurlijke vijanden zijn van groot belang in een IPM-strategie, ze kunnen actief worden uitgezet of er kan worden ingezet op het ondersteunen van deze nuttige organismen. Vaak verlenen deze natuurlijke vijanden onopgemerkt belangrijke diensten aan agro-ecosystemen (Mouden et al., 2017; Reitz et al., 2020). Het inzetten van effectieve biologische bestrijders zorgt er bovendien voor dat de economische schadedrempels voor het gebruik van insecticiden verhogen, waardoor kan worden bespaard op het verbruik hiervan (Reitz et al., 2020).

De belangrijkste beschikbare predatoren tegen *F. occidentalis* zijn roofmijten uit de familie van de Phytoseiidae, *Orius* roofwantsen en bodemorganismen zoals bodembewonende roofmijten of roofkevers. Onderzoek focust voornamelijk op het genus *Amblyseius*, waarbij *Amblyseius barkeri* (Hughes) en *N. cucumeris* als eerste roofmijten werden ingezet tegen *F. occidentalis* (Mouden et al., 2017). Deze mijten bleken echter niet zo efficiënt te zijn waardoor onderzoek werd gedaan naar tal van andere roofmijten. Zo werd aangetoond dat *A. limonicus*, *A. swirskii*, *A. degenerans* (Berlese) en *A. montdorensis* in staat zijn om *F. occidentalis* op een effectieve manier te bestrijden (Buitenhuis et al., 2015; Knapp et al., 2013). *Amblyseius swirskii* werd oorspronkelijk onderzocht voor zijn bestrijdingspotentieel tegen *B. tabaci* en *T. vaporariorum*, waarvan de eitjes en nimfen worden gegeten (Messelink et al., 2008; Nomikou et al., 2001; Nomikou et al., 2002). Later werd bewezen dat deze roofmijt ook predeert op de nimfen van een aantal tripssoorten, waaronder *F. occidentalis* (Arthurs et al., 2009; Gerson & Weintraub, 2007; Messelink et al., 2006; Pijnakker & Ramakers, 2008; Wimmer et al., 2008). De vele plagen waar *A. swirskii* zich mee voedt kunnen samen voorkomen in kassen, dit leidt tot interacties die positieve of negatieve gevolgen kunnen hebben. De roofmijt kan een voorkeur hebben voor een bepaalde plaag, waardoor de andere minder goed zal kunnen worden bestreden. Zo zorgt de nabijheid van veel eitjes van *T. vaporariorum*

voor een vertraging in de bestrijding van tripsen (Messelink & Jansen, 2008; Van Maanen et al., 2012). Daarentegen toonden Messelink et al. (2008) aan dat *T. vaporariorum* beter werd bestreden door de aanwezigheid van tripsen bij een lage populatiedensiteit. *Amblyseius swirskii* kan worden ondersteund, of zelfs preventief worden ingezet door het voorzien van pollen. Echter is aangetoond dat ook de reproductie van *F. occidentalis* wordt gestimuleerd door de aanwezigheid van pollen (Riley et al., 2011). Wanneer pollen worden toegediend zal dit dus met de nodige voorzichtigheid en aan een weloverwogen dosis moeten gebeuren (Vangansbeke et al., 2016). Andere veelgebruikte natuurlijke vijanden van tripsen zijn wantsen van de familie Anthoridae (Heteroptera). Wereldwijd worden soorten zoals *Orius albidipennis* (Reuter), *O. insidiosus* (Say), *O. laevigatus* (Fieber), *O. majusculus* (Reuter), *O. minutus* (Linnaeus), *O. niger* (Wolff), en *O. tristicolor* (White) genoemd als biologische bestrijders (Riudavets, 1995). Deze roofwantsen doen aan extra-orale vertering, wat betekent dat ze het voedsel voorafgaand aan opname chemisch behandelen met enzymen. Hierdoor worden de voedingsstoffen beter opneembaar gemaakt. De weefsels van de prooi worden dus opgelost, waarna de prooi wordt leeggezogen (Vandicke, 2015). *Orius laevigatus* kan een heel jaar door in kassen worden ingezet om tripsen onder controle te houden in groente- en siergewassen (Pozzebon et al., 2015; Weintraub et al., 2011). In tomaat kon bovendien worden aangetoond dat ovipositie door *O. laevigatus* resistentie kan induceren door wondrespons (De Puysseloy et al., 2011). Loomans (2006) toonde aan dat de sluipwespen *Ceraninus menes* (Walker) en *Ceraninus americanus* (Girault) parasiteren op het eerste nimfstadium van *F. occidentalis*, pas in het prepopstadium treedt sterfte op. Deze biologische bestrijders bleken weinig efficiënt te zijn. Op tomaat waren ook de gaasvliegen *Chrysoperla comanche* (Banks) en *Chrysoperla externa* (Hagen) in staat *F. occidentalis* te bestrijden, echter is het nog onduidelijk aan welke dichtheid deze predatoren dienen ingezet te worden (Luna-Espino et al., 2020). Veel onderzoek is gericht op het bestrijden van de nimfen en adulten, nochtans speelt een behoorlijk deel van de levenscyclus van *F. occidentalis* zich af onder de grond (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Daarom zijn verschillende bodemorganismen onderzocht op hun potentiële rol als bestrijder van tripspoppen. Onder andere de roofmijten *Macrocheles robustulus* (Berlese), *S. scimitus* en *G. aculeifer*, kunnen naast de roofkever *Dalotia coriaria* (Kraatz) worden ingezet tegen de popstadia van tripsen (Carney et al., 2002; Messelink & van Holstein-Saj, 2008; Wu et al., 2014).

Naast predatoren en parasitoïden kunnen ook entomopathogene schimmels en nematoden worden gebruikt voor plaagbestrijding. *Steinernema*- en *Heterorhabditis*-aaltjes werden onderzocht op hun potentieel bestrijdingseffect op poppen in de bodem, met een wisselend resultaat (Ebssa et al., 2001; Ebssa et al., 2004). Een bladbespuiting (+bevochtigingsmiddel) met *S. feltiae* (Filipjev) zorgt voor een onvoldoende bestrijding van adulten en nimfen (Arthurs & Heinz, 2006; Buitenhuis & Shipp, 2005). Schimmels penetreren met hun conidia de cuticula van tripsen, meestal zijn adulte tripsen hiervoor gevoeliger. Nimfen en poppen vervellen waardoor ze minder in contact komen met de schimmel, bovendien hebben nimfen een dikkere cuticula ten opzichte van adulte tripsen (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Bladbespuiting op groente- en siergewassen met *Beauveria bassiana* (Balsamo), *Metarhizium anisopliae* (Sorokin) en *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) bleken een significant effect te hebben (Jacobson et al., 2001; Ugine et al., 2007). Er zijn een aantal formuleringen met entomopathogene fungi beschikbaar, die met wisselend succes worden ingezet. Vaak zijn omgevingsomstandigheden zoals relatieve vochtigheid en temperatuur van cruciaal belang tijdens de behandeling (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Naast formulering vormen ook massakweek en bewaring een knelpunt voor dit soort bestrijders (Gonzalez et al., 2016).

2.4.3.5 Ethologische bestrijding

De ethologische bestrijding is een bestrijdingstechniek die inwerkt op het gedrag en de ecologische interacties tussen insecten. Door deze factoren zodanig te beïnvloeden kan de impact van tripsen op het gewas worden beperkt (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Zo worden verschillende semiochemicaliën zoals feromonen en allelochemicaliën onderzocht en gebruikt. Feromonen zorgen voor de intraspecifieke communicatie, terwijl allelochemicaliën instaan voor de plant-insectinteracties (Mouden et al., 2017). Hamilton et al. (2005) identificeerden voor het eerst een aggregatiefieromoon in de orde van de Thysanoptera. Zij identificeerden (R)-lavandulyl acetaat als seksferomoon geproduceerd door mannelijke tripsen. Deze stof trekt zowel mannelijke als vrouwelijke adulten aan. Synthetische analogen zijn op de markt onder de naam Thripline AMS (Syngenta Bioline) en ThriPher (Biobest) (Rodriguez & Coy-Barrera, 2023). Methyl isonicotinaat is een allelochemische stof en helpt tripsen om waardplanten te lokaliseren. Deze stof is de werkzame stof van het product Lurem-TR (Koppert), dat wordt gebruikt om zowel vrouwtjes als mannetjes aan te trekken (Teuton et al., 2011). Zowel Thripline AMS als Lurem-TR kunnen worden geïncorporeerd in vangplaten om

zo de efficiëntie te verhogen (Broughton et al., 2015). De drie commercieel beschikbare semiochemicaliën hebben potentieel om in te zetten bij bestrijdingsmethoden zoals *mass trapping* en *lure and kill* (Broughton et al., 2015; Sampson & Kirk, 2013).

2.5 Interacties tussen insecten

2.5.1 Verschillende soorten interacties

In natuurlijke ecosystemen zijn interacties tussen verschillende soorten alsook binnen de soort alomtegenwoordig. Deze interacties kunnen ook worden teruggevonden in meer artificiële situaties zoals landbouwsystemen waarbij artificiële voedselwebben worden gecreëerd. Bij biologische bestrijding wordt getracht het tritrofisch systeem te manipuleren zodat de plaagdensiteit wordt gereduceerd (Ehler, 1996). Traditioneel worden trofische cascades beschreven als mechanisme binnen tritrofische systemen. Hier wordt gesteld dat de introductie van een derde trofisch niveau zorgt voor de reductie van de populatiedensiteit van het tweede trofisch niveau, waardoor de biomassa in het eerste trofisch niveau zal toenemen (Janssen et al., 1998). Er werd echter aangetoond dat interacties tussen planten, herbivoren en natuurlijke vijanden complexer zijn en dat trofische cascades in de praktijk zelden optreden (Strong, 1992). Toch toonden Moran en Hurd (1997) aan dat het introduceren van een generalistische predator in een diverse arthropodengemeenschap weldegelijk tot een trofische cascade kan leiden. De complexiteit van voedselwebben komt in het bijzonder tot uiting wanneer meer dan één natuurlijke vijand wordt geïntroduceerd om meerdere plaagsoorten te bestrijden (Venzon et al., 2001). Dit omdat de plaagdensiteit impact heeft op meerdere trofische niveaus en de plaag op zijn beurt beïnvloed wordt door meerdere trofische niveaus (Polis & Strong, 1996). Zo zullen organismen zich vaak voeden met meerdere trofische niveaus binnen een ecosysteem (Diehl, 1993; Polis, 1991). Er zijn veel generalistische predatoren gekend in voedselwebben, welke naast herbivore plagen ook andere predatoren of zelfs soortgenoten als prooi kunnen hebben (Venzon et al., 2001). Sommige predatoren kunnen zich bovendien voeden op de plant zelf en zijn dus omnivoor (Sabelis & Van Rijn, 1997). Dit zorgt soms voor een erg complex voedselweb (Sabelis & Van Rijn, 1997). Bovendien beïnvloedt de plant zelf ook sterk de interacties. Zo kunnen planten voedsel (pollen, nectar, exudaten) en een schuilplaats bieden aan insecten (Dicke & Sabelis, 1987; Price et al., 1980). Daarnaast zal een plant vaak ook een signaal sturen naar de predator wanneer deze wordt belaagd door een herbivoor insect (Dicke & Sabelis, 1987).

Er gebeurde reeds heel wat onderzoek naar het gebruik van meerdere predatoren en de interacties tussen deze predatoren. Hierbij wordt vaak gekeken of een combinatie van predatoren efficiënter is dan één soort predator alleen (Messelink et al., 2010). Een van de belangrijkste aspecten van een effectieve IPM-strategie is de compatibiliteit van de bestrijdingsmiddelen en dus ook van de verschillende biologische bestrijders. Verschillende biologische bestrijders tegen dezelfde plaag, maar ook verschillende biologische bestrijders tegen verschillende plagen worden vaak gecombineerd (Buitenhuis et al., 2015). Echter wordt steeds vaker duidelijk dat ook indirecte interacties een belangrijke rol spelen. Deze indirecte interacties kunnen naast directe interacties een effect hebben op de biologische bestrijding van een plaagorganisme. Janssen et al. (1998) onderscheidden twee soorten van indirecte interacties:

- Numerieke indirecte interacties: interacties waarbij de ene soort de populatiedensiteit van een andere soort beïnvloedt door het beïnvloeden van de densiteit van een intermediaire soort.
- Functionele indirecte interacties: interacties waarbij de manier van interageren tussen twee soorten verandert door de aanwezigheid van een derde soort.

Dezelfde opdeling kan in principe worden gemaakt voor directe interacties. Het gaat hier telkens over directe en indirecte effecten op de populatiedensiteit van het plaagorganisme.

2.5.2 Numerieke interacties

Predatie is de belangrijkste numerieke directe interactie tussen predator en prooi (Janssen et al., 1998). In biologische bestrijding wordt vaak gezocht naar predatoren die kunnen worden gecombineerd om de populatie van een plaagorganisme verder te

reduceren. Toch zorgen interacties niet altijd voor een positief effect op het predatorcomplex (Takehashi et al., 1984). Soorten gaan namelijk in competitie met elkaar voor onder andere voeding en ruimte. Dit is een belangrijke numerieke indirecte interactie, waarbij de plaag onrechtstreeks zal worden beïnvloed door de aanwezigheid van een tweede predator. Toch zorgt de aanwezigheid van een tweede predator die dezelfde prooi deelt niet altijd voor competitie. Er werd bijvoorbeeld aangetoond dat het lieveheersbeestje *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) samen met de loopkever *Harpalus pennsylvanicus* (De Geer) in staat is de populatie aan bladluizen dubbel zo snel te reduceren dan wanneer beide predatoren afzonderlijk worden ingezet. Dit doordat de lieveheersbeestjes ervoor zorgen dat bladluizen zich laten vallen waardoor ze ten prooi vallen aan de kevers op de grond (Losey & Denno, 1998). Dit is een voorbeeld waarbij predatie efficiënter verloopt doordat de ene predatorsoort het deel van de plaagpopulatie belaaft dat door de andere predatorsoort onberoerd is gebleven. Wiethoff et al. (2004) probeerden op een gelijkaardige manier de biologische bestrijding van *F. occidentalis* te optimaliseren. In hun proef werd *N. cucumeris* gecombineerd met de bodembewonende roofmijt *G. aculeifer*. Er werd vastgesteld dat de combinatie van beide predatoren niet significant beter deed dan de behandelingen met enkel *N. cucumeris* als bestrijder. Competitie tussen beide roofmijten kan een mogelijke oorzaak zijn van deze observatie. Een andere veel voorkomende numerieke indirecte interactie tussen predatoren en hun prooien is *intraguild predation* (IGP). Het is een combinatie van predatie/parasitisme en competitie waarbij soorten die jagen op dezelfde prooien, elkaar opeten. Dit heeft vervolgens mogelijke indirecte effecten op de populatiedensiteit van de prooi. De ene participant van de interactie (predator) zal dus rechtstreeks voeding en dus energie halen uit de andere participant. Hierin verschilt IGP van klassieke competitie (Polis et al., 1989). IGP komt veel voor bij generalistische predatoren die vaak niet enkel de plaag belagen, maar ook andere natuurlijke vijanden aanvallen. Zo is *A. swirskii* een *intraguild* predator van *N. cucumeris* en omgekeerd. Dit zorgt ervoor dat biologische bestrijding van *F. occidentalis* zal worden gehinderd wanneer beide predatoren tegelijk worden ingezet (Buitenhuis et al., 2010b). Momen en Abdel-Khalek (2021) toonden aan dat de Phytoseiidae-roofmijten *N. californicus*, *A. barkeri* en *A. swirskii* *intraguild* predatoren van elkaar zijn. Alle drie de organismen consumeerden nimfen van de andere soorten. Wanneer *Tetranychus urticae* (Koch) aan het dieet werd toegevoegd bleek wel dat alle drie de roofmijten minder *intraguild* prooien gingen consumeren. Bovendien werd ook vastgesteld dat de vruchtbaarheid van *A. swirskii* niet significant werd beïnvloed door het soort dieet (*intraguild* prooi ten opzichte van *extraguild* prooi). Hetzelfde werd ook bevestigd door Buitenhuis et al. (2010b), zij stelden dat een *intraguild* prooi een even goede voedselbron is als trips (*extraguild* prooi), voor zowel *A. swirskii* als *N. cucumeris*. Desondanks beweerden Polis et al. (1989) wel dat een *intraguild* prooi vaak kwalitatief minderwaardig is in vergelijking met een *extraguild* prooi. Terwijl Holt en Polis (1997) beweerden dat de biomassa van de gedeelde voedselbron zal toenemen wanneer aan IGP wordt gedaan, stelden Rosenheim et al. (1995) dat het effect van IGP op de populatiedensiteit van een plaag negatief, neutraal tot positief kan zijn. IGP is een fenomeen dat ook wordt aangetroffen tussen plaaginsecten. Zo doet *F. occidentalis* aan predatie op eitjes van *T. urticae* (Trichilo & Leigh, 1986).

2.5.3 Functionele interacties

Wanneer twee soorten elkaars foerageergedrag beïnvloeden wordt dit interferentie (*interference*) genoemd (Janssen et al., 1998). Zo blijkt dat predatoren en parasitoïden samen minder goed in staat zijn om de densiteit aan bladluizen te doen dalen dan wanneer parasitoïden alleen worden gebruikt, doordat predatoren het gedrag van parasitoïde wespen kunnen beïnvloeden. Dit is een voorbeeld van een functionele indirecte interactie tussen twee predatoren en hun prooi. Daarnaast is het mogelijk dat de predatoren de mummies opeten, dit is dan weer een voorbeeld van een numerieke indirecte interactie (namelijk IGP) (Ferguson & Stiling, 1996). Herbivoren zijn vaak ook beducht voor predatoren. Op allerlei manieren proberen ze gevaar te ontlopen, dit wordt anti-predator gedrag (*avoidance of predation*) genoemd (Janssen et al., 1998). Zo zijn rupsen minder vatbaar voor predatie wanneer ze schuilen tussen bladeren of in opgerolde bladeren. Wanneer er geen schuilplaats aanwezig is voor de rupsen, gaan ze een spinsel produceren ter bescherming (Damman, 1987). Daarnaast produceren vele insecten ook een weelde aan vluchtige alarmferomonen om soortgenoten te waarschuwen voor predatoren. Echter is het ook mogelijk dat predatoren gebruik maken van deze alarmferomonen om hun prooi te lokaliseren, waardoor de overlevingskansen van het belaagde insect zullen afnemen (Basu et al., 2021). Toch kan het lokken van predatoren via alarmferomonen alsnog positief zijn voor de prooi wanneer er sprake is van interferentie (zie boven), hierdoor heeft de prooi een grotere kans om te ontsnappen (Chivers et al., 1996). Hoewel anti-predator gedrag kan worden beschouwd als een functionele directe interactie tussen de predator en de prooi, kan anti-predator

gedrag ook belangrijke indirecte gevolgen hebben voor een tweede predator (Janssen et al., 1998). Zo kan een prooi schuilen voor een eerste predator waardoor ze kwetsbaarder wordt voor predatie door een andere predatorsoort die in de schuilplaats jaagt. De aanwezigheid van de ene predatorsoort kan er dus voor zorgen dat de predatiesnelheid van de andere predatorsoort verhoogt, er is dan sprake van mutualisme of commensalisme (Matsuda et al., 1993). Naast het anti-predatie gedrag van de prooi, kunnen predatoren elkaar onderling soms ook gaan mijden om zo minder in competitie te hoeven gaan met elkaar (*avoidance of competition*). Zo is reeds aangetoond dat soortgenoten van verschillende parasitoïden elkaar mijden (Janssen et al., 1995). Janssen et al. (1997) toonden aan dat ook roofmijten intraspecifieke competitie proberen te vermijden. In deze situatie zou de interactie vermoedelijk worden gestuurd door een vluchtige verbinding die het prooi-organisme produceert omwille van de aanwezigheid van een soortgenoot. De roofmijt herkent deze vluchtige verbinding en vermijdt de plant waarop de soortgenoot aanwezig is. Maar ook verschillende soorten predatoren gaan elkaar mijden. Bij roofmijten is dergelijk gedrag geobserveerd, zo prefereert de roofmijt *Typhlodromalus manihoti* (Moraes) een geïnfecteerd blad met enkel prooien in plaats van een geïnfecteerd blad met andere predatoren (Gnanvossou et al., 2003).

2.5.4 Mieren als deel van een interactie

Vele mieren zijn generalistische predatoren, desondanks bestaan er ook mieren met zeer specifieke voedingsgewoonten (Frizzi et al., 2020; Rosenheim et al., 1995). Zo ontdekte Belt (2002) in Nicaragua rond 1860 voor het eerst de relatie tussen bladsnijdersmieren en schimmels. Hij zag deze mieren als landbouwers die schimmels telen en eten. In de tropische regio's van Amerika zijn bladsnijdersmieren onmiskenbaar; ze zijn vaak bezig met het transporteren van bladfragmenten naar hun nest via uitgestippelde paden. In het nest vindt vervolgens een soort symbiose plaats waarbij het plantaardig materiaal wordt afgebroken door schimmels. De hyfen van de schimmels vormen op hun beurt de voornaamste voedingsbron van de bladsnijdersmieren (Swanson et al., 2019).

De rol van mieren als predator werd reeds uitvoerig beschreven in sectie 2.2.2. In voorgaande masterproefschriften werd reeds ingegaan op interacties tussen *C. scutellaris* en andere predatoren. Eeckhout (2022) toonde aan dat de combinatie van vijftientig *C. scutellaris*-werksters met vijftientig *A. swirskii*-adulten voor een significant betere bestrijding zorgt dan de behandeling met enkel vijftientig of vijftig *A. swirskii*-adulten. Ze vermeldde dat de verschillende predatoren mogelijk verschillende stadia van de tripsen aanvallen. In een andere masterproef werd aangetoond dat het combineren van *C. scutellaris* met *C. carnea* geen antagonistisch effect had op de bestrijding van *S. littoralis*. Bovendien was het overlevingspercentage van *C. carnea* in de behandeling waarin beide predatoren aanwezig waren groter dan wanneer uitsluitend werd behandeld met *C. carnea* (Hast, 2022). De interactie tussen de mier *Pristomyrmex punctatus* (Smith) en de roofmijt *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) werd onderzocht voor de bestrijding van *Tetranychus kanzawai* (Kishida). Er werd een verhoogde mortaliteit geobserveerd bij een combinatie van beide predatoren, als gevolg van conflicterende verdedigingsmechanismen van *T. kanzawai*. Deze spintmijt verliet zijn web om *N. womersleyi* te ontvluchten, waardoor de mijt werd blootgesteld aan predatie door *P. punctatus* (Otsuki & Yano, 2014). Een meer complexe interactie tussen mieren, bestuivende vijgenwespen en niet-bestuivende wespen kan worden teruggevonden op vijgenbomen. Daar zorgt de aanwezigheid van mieren (o.a. *C. scutellaris*) voor een verlaagde abundantie van niet-bestuivende wespen; observaties tonen dat niet-bestuivende wespen worden belaagd door de mieren, maar soms wordt er ook (tijdelijk) gejaagd op de nuttige vijgenwespen (Schatz et al., 2006). Over het algemeen kan worden geconcludeerd dat mieren als indirecte mutualisten van de vijgenboom-vijgenwesp interactie kunnen worden gezien (Bronstein, 1991; Dawkins & Krebs, 1979). De verminderde abundantie van niet-bestuivende wespen bevoordeelt bestuivende vijgenwespen. Enerzijds is er minder competitie voor ovipositieplaatsen, anderzijds parasiteren vele niet-bestuivende wespen rechtstreeks op de nuttige vijgenwespen (Kerdelhué & Rasplus, 1996). Niet-bestuivende wespen vermijden bovendien bomen met mieren, wellicht worden mieren hierbij visueel herkend door de wespen (Wcislo & Schatz, 2003). Ook Dáttilo et al. (2016) konden door het inzetten van kunstmieren aantonen dat verschillende ongewervelde predatoren werden afgeschrikt van kunstrupsen en kunstvruchten waarop een kunstmier aanwezig was. Dit gebeurde vermoedelijk op basis van visuele herkenning.

Ook mieren kunnen aan IGP doen. Net zoals voor andere generalistische predatoren dient hier rekening mee gehouden te worden wanneer ze in combinatie zouden worden ingezet als biologische bestrijder (Rosenheim et al., 1995; Sanders & Platner, 2007). Nochtans werd door Schifani et al. (2023) een neutrale interactie vastgesteld tussen *C. scutellaris* en *Trissolcus*-parasitoïden, waarbij *C. scutellaris* geparasiteerde eitjes van *Halyomorpha halys* (Stål) onberoerd liet en de mieren ook de parasitoïden zelf niet aanvielen. In deze studie werd beweerd dat mieren een complementaire rol kunnen spelen, samen met *Trissolcus* ssp., voor de bestrijding van *H. halys*.

Steeds vaker wordt er aangetoond dat feromonen geproduceerd door mieren bepaalde herbivoren kunnen afweren, ook wanneer mieren zelf niet meer aanwezig zijn (Offenberg, 2014). Adandonon et al. (2009) voerden zowel een keuze als niet-keuze experiment uit met mango's verzameld op twee verschillende afstanden (< 1 m, 1-3 m) van een *O. longinoda*-nest en mango's verzameld op bomen zonder *O. longinoda*-nest. Zij konden vaststellen dat de boorvliegen *Bactrocera invadens* (Hendel) en *Ceratitis cosyra* (Walker) meer landen en meer tijd doorbrengen op mango's van bomen zonder mieren, in vergelijking met bomen met mieren. Bovendien was ook de schade (aantal voortgebrachte poppen) significant lager bij de behandelingen met mieren. Een verhoogde mierenactiviteit zou kunnen zorgen voor verhoogde depositie van feromonen, wat een afwerende werking heeft op de boorvliegen, waardoor minder schade wordt geobserveerd. In een gelijkaardige studie werd aangetoond dat *Ceratitis capitata* (Wiedemann) een afkeurend gedrag vertoonde ten opzichte van pruimen behandeld met *C. scutellaris*. Er werd een lagere ovipositiesnelheid vastgesteld, met minder nakomelingen als gevolg (Smargiassi et al., 2023). Ook de kever *Rhyparida wallacei* (Baly) is terughoudend om zich te voeden met bladeren die eerder werden blootgesteld aan de mier *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) (Offenberg et al., 2004a; Offenberg et al., 2004b).

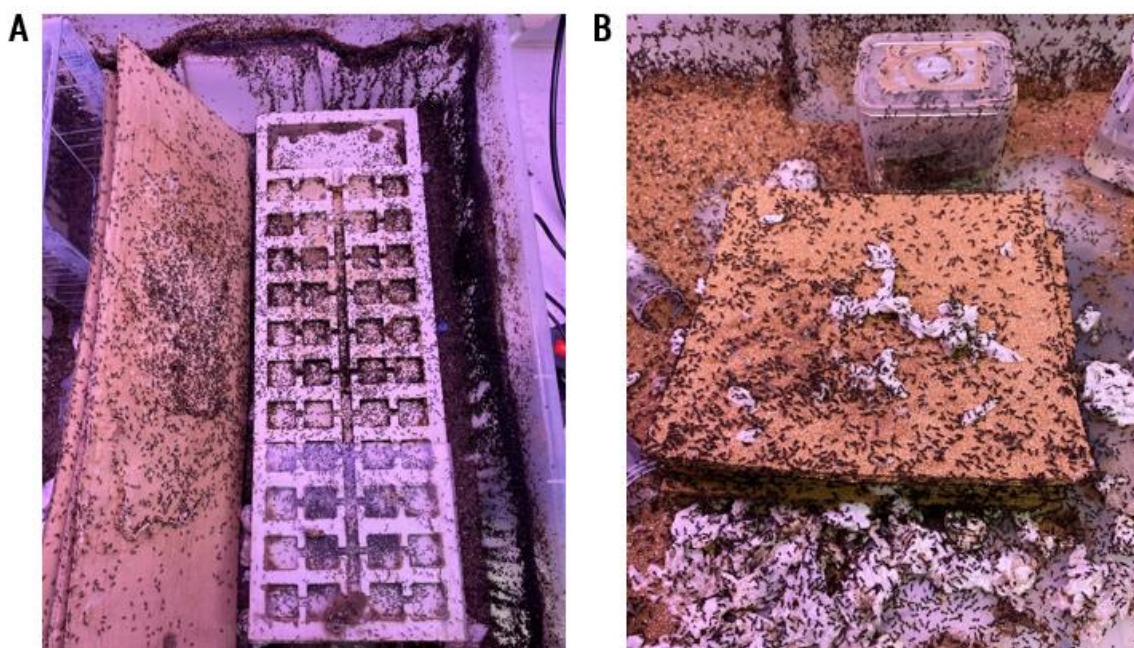
De rol van mieren in een agro-ecosysteem staat soms ter discussie. Er duiken namelijk secundaire effecten op als gevolg van interacties met plaagorganismen (Vandermeer et al., 2002). Naast predator-prooi interacties, gaan mieren nog andere soorten interacties aan met herbivoren, deze kunnen mutualistisch of commensalistisch zijn (Rosenheim et al., 1995). De meest gekende mutualistische interactie is die met plaagorganismen uit de orde van de Homoptera. Deze organismen worden door de mieren beschermd tegen predatie, waarvoor mieren honingdauw in ruil krijgen. Daarnaast worden in sommige gevallen Homoptera soorten gegeten nadat ze zijn gestorven, sporadisch worden ook levende Homoptera verorberd (Way, 1954). In heel wat studies wordt beschreven hoe bladluizen, wolluizen en schildluizen worden beschermd door mieren (Blüthgen et al., 2004; Buckley & Gullan, 1991; Ness et al., 2010; Stadler & Dixon, 2005; Tobin, 1995; Vandermeer et al., 2002). Deze associatie kan biologische bestrijding hinderen, bovendien blijkt uit sommige studies dat mieren de oorzaak waren van de populatie-expansie van honingdauwproducerende organismen (Bartlett, 1961; Itioka & Inoue, 1996; James et al., 1999). Toch hangt het netto effect af van tal van andere factoren (Tillberg, 2004). Wäckers et al. (2017) toonden bijvoorbeeld aan dat bladluizen minder beschermd werden door mieren wanneer ze werden voorzien van kunstmatige suikerbronnen. Ook Frizzi et al. (2020) konden dit aantonen bij *C. scutellaris* door supplementatie met koolhydraten. Zelfs supplementatie met water zorgde voor een reductie in het mutualistisch effect. Dit wijst erop dat honingdauwproducerende organismen ook belangrijk zijn als bron voor vocht, voornamelijk in de zomer. Het voorgaande toont dus aan dat het gedrag van mieren ten opzichte van honingdauwproducerende organismen kan wijzigen bij een verandering in beschikbaarheid van andere hulpbronnen (Frizzi et al., 2016). Wanneer mieren minder in de buurt zijn van honingdauwproducerende insecten en ze dus minder bescherming bieden, zullen deze plaagorganismen opnieuw gevoelig zijn voor predatie door andere natuurlijke vijanden (Wäckers et al., 2017). Enkele mierensoorten passen hun gedrag zo aan dat ze zelfs gaan jagen op de insecten die honingdauw produceren (Offenberg, 2001; Sakata, 1995). Echter werd dit gedrag bij *C. scutellaris* niet geobserveerd door Frizzi et al. (2020). Daarentegen werd in een masterproef van Van Hoeyweghen (2021) in een laboproef aangetoond dat *C. scutellaris* predeert op de bladluis *A. pisum*. Bovendien werden bladluispopulaties beter onder controle gehouden door het toevoegen van een alternatieve suikerbron (Biogluc®).

3 MATERIAAL EN METHODEN

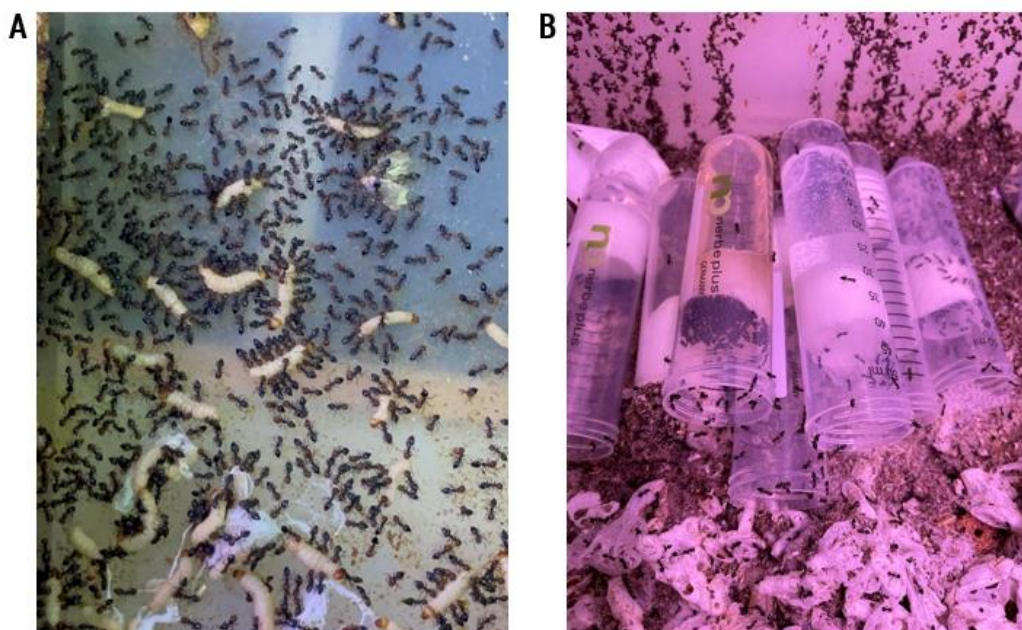
3.1 Kweken

3.1.1 *Crematogaster scutellaris*

In transparante plastieken bakken (78 x 56 x 18 cm) werd een reeds bestaande kweek van *C. scutellaris* verdergezet. Deze bakken zijn aan de bovenkant open en de randen werden bekleed met insectenlijm (Armosa dazenlijm) om te voorkomen dat mieren kunnen ontsnappen. Er waren zes kolonies aanwezig, waarvan er vier voorzien waren van nestruimte bestaande uit gestapelde kurkplaatjes (Figuur 8B). De overige twee kolonies hadden uitgeholde cellenbeton, afgedekt met kartonnen platen als nestruimte (Figuur 8A). De kartonnen afdekplaten of de kurkplaatjes waren op de vier hoekpunten voorzien van een druppel lijm (Marsh smeltlijm: transparante synthetische hotmelt op polymeerbasis) zodat een kleine ruimte werd gelaten tussen de verschillende lagen. Onder elke plastieken bak bevond zich een verwarmingselement (130 x 274 mm, 6,5 W), gecentreerd onder het eigenlijke nest. De kweekruimte had een omgevingstemperatuur van 29 °C en werd gedurende 16 uur per dag belicht met een fluorescentielamp. De mieren hadden doorlopend toegang tot water, evenals een suikeroplossing. Beide werden toegediend via plastieken centrifugebuisjes (50 ml) welke voor 3/4^{de} werden gevuld en vervolgens werden afgesloten met een wattenpropje (Figuur 9B). De suikeroplossing bestond uit 48% vol water, 40% vol suiker, 8% vol esdoornsiroop en 4% vol aminozuurextract (SANAS Aminobilan fruit punch). De mierenkolonies kregen dagelijks een tiental rupsen van de grote wasmot, *Galleria mellonella* (Linnaeus), als voornaamste eiwitbron (Figuur 9A). Deze rupsen werden op hun beurt gekweekt op een kunstmatig dieet bestaande uit 1750 g grof gemalen tarwemeel, 750 g kristalsuiker, 150 g gist, 500 g melkpoeder, 500 ml glycerol, 500 g bijenwas, 250 g water en 250 g vloeibare honing.



Figuur 8: A: nest van *C. scutellaris* bestaande uit cellenbeton en kartonnen afdekplaten. B: nest van *C. scutellaris* bestaande uit gestapelde kurkplaten. Bron: auteur.



Figuur 9: A: *C. scutellaris* krijgt *G. mellonella* gevoederd als proteïnebron. B: *C. scutellaris* heeft continu toegang tot een suikeroplossing en water. Bron: auteur.

3.1.2 *Frankliniella occidentalis*

Frankliniella occidentalis werd gekweekt in afgesloten cilindervormige of balkvormige plasticen dozen (Figuur 10). Het deksel van deze dozen werd voorzien van een opening die werd afgedicht met fijnmazig insectengaas. De bodem van deze dozen werd voorzien van een laagje keukenpapier om overtollig vocht te absorberen. Als enige bron van nutriënten en water kregen de tripsen snijbonen (*Phaseolus vulgaris*). Deze bonen fungeerden bovendien als substraat voor ovipositie. De bonen waren biologisch geteeld om het risico op insecticidenblootstelling via residuen te minimaliseren. Wekelijks werden de bonen vervangen en zorgvuldig afgeborsteld om zo de op de bonen achtergebleven tripsen te verwijderen. De dozen werden in een klimaatkast (Panasonic, MLR-352H-PE) geplaatst bij een temperatuur van 25 ± 0.3 °C en een relatieve vochtigheid van 70%. Er werd een 16u dag/8u nacht-regime ingesteld.



Figuur 10: De kweekopstelling voor *F. occidentalis*. Onderaan ligt een laag keukenrol om vocht te absorberen. Bron: auteur.

3.1.3 *Amblyseius swirskii*

De roofmijten *A. swirskii* werden aangekocht bij Biobest (Westerlo). Deze roofmijten waren ofwel verpakt in een plasticen fles (Swirskii - System - 25.000) ofwel in papieren kweekzakjes (Swirskii-Breeding-System). Beide producten bevatten tarwezemelen als draagstof en voorraadmijten als alternatieve prooi. De roofmijten werden maximaal een week bewaard in een koelkast bij 7 °C.

3.2 Preliminair experiment: predatie op *Tetranychus urticae*

Tijdens de voorbereidingen van deze masterproef werd een preliminair experiment gedaan om de finale richting van het onderzoek binnen deze masterproef te bepalen. Het doel van dit experiment was om na te gaan of de mier *C. scutellaris* predeert op de spintmijt *Tetranychus urticae*. Bovendien werd ook de interactie bestudeerd tussen *C. scutellaris* en *Phytoseiulus persimilis*, een gekende predator van spintmijten.

De spintmijt *T. urticae* is een mondiaal verspreide plaagsoort die zich voedt met een breed scala aan waardplanten (Helle & Sabelis, 1985). Volgens Migeon en Dorkeld (2024) werd *T. urticae* tot op heden op 4033 verschillende soorten waardplanten aangetroffen. Hieronder vallen verschillende landbouwgewassen zoals groenten, fruit, katoen en verschillende soorten sierplanten (Stumpf et al., 2001; Van Leeuwen et al., 2007). *Tetranychus urticae* voedt zich met bladweefsel (mesofylcellen) en veroorzaakt zo vergeling en necrose van plantenweefsels (Helle & Sabelis, 1985). De plaag wordt bestreden door onder andere gebruik te maken van cultuurtechnische, biologische en chemische bestrijding (Fasulo & Denmark, 2009). Door het veelvuldig toepassen van synthetische acariciden zijn heel wat populaties van *T. urticae* resistent geworden aan een aantal pesticiden (Fasulo & Denmark, 2009; Tirello et al., 2012; Van Leeuwen et al., 2006). De roodkleurige roofmijt *P. persimilis* is een voorbeeld van een roofmijt die kan worden ingezet ter bestrijding van *T. urticae* en commercieel beschikbaar is. Het is een veelgebruikte predator die jaagt op alle stadia van verschillende soorten mijten (Fasulo & Denmark, 2009).

Een overzicht van het ontwerp van de proef wordt getoond in Tabel 2. Elke behandeling werd slechts twee keer herhaald. Omdat dit aantal onvoldoende is om een statistische analyse uit te voeren, worden resultaten enkel grafisch gerapporteerd.

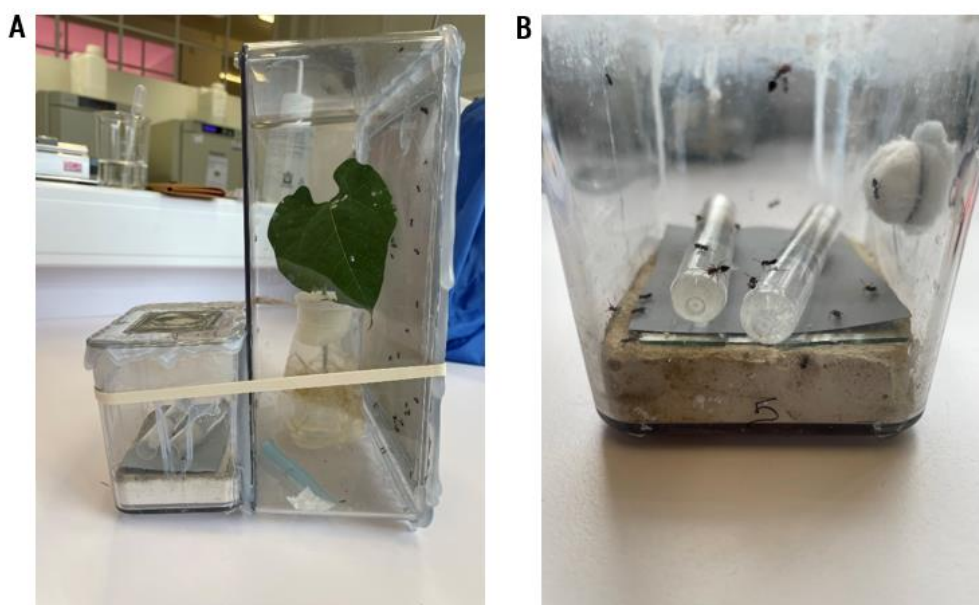
Tabel 2: Een overzicht van het proefontwerp voor het preliminair experiment. Voor elke behandeling (met bijhorend label) wordt het aantal werksters en larven van C. scutellaris, het aantal P. persimilis-adulten en het aantal T. urticae-adulten weergegeven.

Behandeling	<i>C. scutellaris</i> -werksters	<i>C. scutellaris</i> -larven	<i>P. persimilis</i>	<i>T. urticae</i>
C5OP50T50	50	20	50	50
COP100T50			100	50
C100P0T50	100	20		50
COP0T50				50
COP100T0			100	
C5OP50T0	50	20	50	

Om de verschillende behandelingen uit te voeren werden testarena's ontwikkeld met daarin een bonenplant (*Phaseolus vulgaris*). Een testarena bestond uit een transparante plasticen doos (24 x 20 x 9,5 cm GODMORGON, IKEA) voorzien van een deksel. Het deksel was volgens een rechthoek uitgesneden (tot op ongeveer 2 cm van de rand), waarna de gecreëerde opening werd afgedicht met insectengaas (150 mesh); dit maakt ventilatie van de testarena mogelijk. Twee weken oude bonenplanten met twee volgroeide bladeren werden opgekweekt in pot. De planten werden aan de basis afgesneden, waarna de kiemlobben en de apex werden verwijderd met een scalpel. Vervolgens werden ze overgebracht naar met water gevulde plasticen PET-flessen (Drosophila Stock Bottle, Fisher Scientific), één plant per fles en dus één plant per testarena. De flessen werden rondom de stengel van de plant afgesloten met een cilindervormige mousse waarin een radiale insnijding werd aangebracht. De stengel van de plant werd in deze insnijding naar het midden geschoven. De plasticen doos die de testarena vormt werd verticaal geplaatst met de korte zijde als

bodem. Vervolgens werd de fles met bonenplant met smeltlijm aan de bodem van de doos vastgelijmd. De doos werd afgesloten door elke naad van het deksel vast te lijmen en te bedekken met smeltlijm (Figuur 11A).

In een volgende stap werden vijftig adulte spintmijten van een geïnfesteerde bonenplant in een pipetteertip opgezogen door middel van een luchtpomp. Via een opening in de plastieken doos werd de pipetteertip binnengebracht in de testarena. De opening werd nadien afgesloten met watten. Vervolgens werden de verschillende combinaties van predatoren in de testarena geïntroduceerd. Net zoals *A. swirskii* werd *P. persimilis* aangekocht bij Biobest en geleverd in een 30 ml strooifles (Phytoseiulus – System – 2000). De adulte roofmijten werden met een luchtpomp via een pipetteertip uit het strooisel opgezogen. De pipetteertip werd via de opening in de testarena geplaatst. De opening werd nadien opnieuw afgesloten met watten. Voor de mieren werden artificiële nestjes gecreëerd; deze nestjes bestonden uit transparante plastieken doosjes (9,9 x 7,8 x 9,5 cm GODMORGEN, IKEA) met een deksel voorzien van een ronde opening die bedekt was met insectengaas (150 mesh). De nestjes (Figuur 11B) waren van onder naar boven opgebouwd uit een laag uitgehold gips, twee dekglasjes en een stukje dik papier ter verduistering van het nest. Op dit stukje papier werden twee plastieken proefbuisjes gelijmd, één gevuld met water en één gevuld met suikerwater (50% vol). Net zoals de testarena zijn de artificiële nestjes voorzien van een opening met dezelfde diameter als die van de foerageerruimte. Met een penseel werden hetzij vijftig, hetzij honderd werkstermieren samen met twintig mierenlarven (voornamelijk tweede en begin derde larvestadium) overgebracht naar het artificieel nest; de opening werd tijdelijk afgesloten met watten. De mieren kregen 24 uur de tijd om te wennen aan het artificieel nest, waarna het nest aan de testarena werd vastgelijmd en tegen elkaar gehouden met een elastiek (Figuur 11A). De openingen van de foerageerruimte en het nest werden met elkaar gealigneerd zodat de mieren toegang kregen tot de plant. De naad tussen het doosje van het artificieel nest en het deksel werd afgedicht met smeltlijm (Figuur 11A).



Figuur 11: A: De proefopstelling tijdens de proef, bij de behandelingen zonder mieren waren de artificiële nesten afwezig en werd het gaatje onderaan de testarena afgedicht met een wattenprop. Alle potentiële ontsnappingsroutes werden afgedicht met smeltlijm. B: De opbouw van een artificieel nest. Bron: auteur.

Elke behandeling liep gedurende dertien dagen. Tot en met dag acht werden dagelijks het aantal levende *P. persimilis* die zich op de plant bevonden, het aantal levende *P. persimilis* die zich niet op de plant bevonden en het aantal levende *T. urticae* geteld. Finaal werd op dag dertien het aantal overblijvende *T. urticae* destructief geteld. Op dag dertien was het aantal spintmijten in behandelingen COPOT50 en C100POT50 zo hoog, dat besloten werd om aan deze behandelingen een waarde van 100 spintmijten toe te kennen. Deze standaardwaarde was gebaseerd op het hoogste aantal getelde spintmijten op dag acht (97), waarna dit getal naar boven werd afgerond. Indien van toepassing werden ook het aantal dode mieren, het aantal mierenlarven, het aantal levende roofmijten en het aantal gaatjes in de bladeren veroorzaakt door bijtschade van de mieren geteld.

3.3 Experiment 1: predatie op de verschillende stadia van *Frankliniella occidentalis*

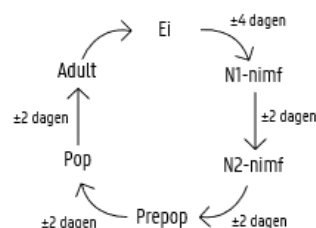
Het doel van dit experiment was om een antwoord te kunnen bieden op de eerste hypothese (zie sectie 1). Door het uitvoeren van predatieproeven werd geprobeerd om te achterhalen welk tripsstadium mieren en roofmijten preferentieel aanvallen. Een verschil in voorkeur voor de levensstadia van de prooi kan mogelijk verklaren waarom de combinatie van beide predatoren voor een betere bestrijding zou kunnen zorgen.

De proef kan in essentie worden opgedeeld in drie delen; er werden predatieproeven gedaan met tripsnimfen (N1 en N2), tripspoppen (prepop en pop) of tripsadulten als prooi. In elk deel werden tien prooien gecombineerd met vijftig adulte roofmijt wijfjes, vijftig werkstermieren of een combinatie van vijftientwintig roofmijten met vijftientwintig mieren. Er werd ook telkens een controlebehandeling met tien prooien voorzien. Een overzicht van het ontwerp van de proef wordt getoond in Tabel 3. Elke behandeling werd zes keer herhaald.

Tabel 3: Een overzicht van het proefontwerp voor experiment 1. Voor elke behandeling (met bijhorend label) wordt het aantal werksters en larven van *C. scutellaris*, het aantal *A. swirskii*-adulten en het aantal *F. occidentalis* van verschillende stadia weergegeven.

Behandeling	<i>C. scutellaris</i> -werksters	<i>C. scutellaris</i> -larven	<i>A. swirskii</i>	<i>F. occidentalis</i>
Nimfstadium				
A0CON				10 nimfen
A50CON			50	10 nimfen
A0C50N	50	20		10 nimfen
A25C25N	25	20	25	10 nimfen
Popstadium				
A0COP				10 poppen
A50COP			50	10 poppen
A0C50P	50	20		10 poppen
A25C25P	25	20	25	10 poppen
Adulte stadium				
A0COA				10 adulten
A50COA			50	10 adulten
A0C50A	50	20		10 adulten
A25C25A	25	20	25	10 adulten

Voorafgaand aan deze proef werd eerst de cyclus van *F. occidentalis* onder de loep genomen. Hierbij werden tien en twintig adulte tripsen op een bonenplant gezet in een plasticen doos (dus twee herhalingen). De dozen werden in een klimaatkast (SANYO, MLR-350H, $25 \pm 0,3$ °C, relatieve vochtigheid 65% en een 16u dag/8u nacht-regime). Vervolgens werd dagelijks opgevolgd in welk levensstadium de meeste tripsen zich bevonden, zo kon de duur van de verschillende levensstadia worden achterhaald. Dit is belangrijk voor het verloop van experiment 1, daar is het van cruciaal belang dat de tripsen in het gewenste stadium verkeren voor de beoogde proef. Figuur 12 toont de levenscyclus van *F. occidentalis*, inclusief de bijbehorende tijdsduur van de verschillende levensstadia.



Figuur 12: De levenscyclus van *F. occidentalis* met de waargenomen duur van elk levensstadium, bij 25 °C en een relatieve vochtigheid van 65%.

Om de verschillende behandelingen uit te voeren werden net zoals in het preliminair experiment testarena's ontwikkeld. Ook de bonenplanten werden op identieke wijze opgekweekt en voorbereid en in met water gevulde PET-flessen (Drosophila Stock Bottle, Fisher Scientific) gebracht. De flessen werden opnieuw rondom de stengel van de plant afgesloten met een cilindervormige mousse, die tot iets onder de opening van de fles werd geduwd. Vervolgens werd een laagje gips (verhouding: drie delen poeder/twee delen water) boven op de mousse gegoten, om te verhinderen dat de aanwezige tripsen zich er zouden schuilhouden bv. tijdens het verpoppen. Om te vermijden dat er in de fles een vacuüm werd gecreëerd onder invloed van de zuigkracht van de bonenplant, werd aan de zijkant van de fles tussen het wateroppervlak en de mousse een opening gemaakt. Met smeltlijm werd een insectengaas (150 mesh) over de opening gekleefd (Figuur 13). De fles met plant werd op de bodem van de testarena bevestigd met lijm, waarna de testarena's tijdelijk werden afgesloten door het deksel te bevestigen met schilderstape (Figuur 14).



Figuur 13: De voorbereide bonenplantjes in een PET-fles. De fles is afgesloten met een mousse en een laag gips, en is voorzien van een opening afgedekt met fijnmazig insectengaas. Bron: auteur.



Figuur 14: De met schilderstape afgesloten testarena's met daarin een bonenplantje in een PET-fles. Bron: auteur.

Voor het eerste deel van het experiment (tripsnimfen als prooi) werden tien adulte wijfjes in een pipetteertip via de opening onderaan de testarena binnengebracht, waarna de opening werd afgesloten met een wattenprop. De testarena's met adulte tripsen werden 24 uur in een klimaatkast (SANYO, MLR-350H, $25 \pm 0,3$ °C, relatieve vochtigheid 65% en een 16u dag/8u nacht-regime) geplaatst voor ovipositie in de bonenplant. Na deze 24 uur werden de wijfjes zorgvuldig verwijderd uit de testarena door middel van een luchtpomp. Vier dagen later, wanneer alle eitjes waren ontloken, werden de testarena's geopend en werden met

een luchtpomp de nimfen verwijderd tot er tien overbleven. Daarna werd het deksel op de testarena bevestigd met smeltlijm zodanig dat elke opening was afgedekt. Vervolgens werden de verschillende combinaties van predatoren in de testarena geïntroduceerd door het bevestigen van het artificieel nest en/of het overbrengen van *A. swirskii* in een pipetteertip via de opening in de testarena, analoog aan de werkwijzen die gehanteerd werden tijdens het preliminair experiment.

Voor de predatieproef met de tripspoppen (deel 2 van experiment 1) als prooi werd een identieke werkwijze gevolgd, hier werd echter zeven dagen gewacht nadat de wijfjes hun eitjes hadden gelegd; de tripsen bevonden zich toen in het prepop-stadium. Na deze periode werden overtollige poppen verwijderd met een luchtpomp tot er nog tien poppen overbleven. Het vervolg verliep analoog aan de werkwijze beschreven in bovenstaande alinea. Voor de proef met de adulte tripsen (deel 3 van experiment 1) werd een aparte tripsweek opgestart waarbij ruim driehonderd wijfjes in een doos met snijbonen werden geïntroduceerd en 48 uur tijd kregen om eitjes te leggen. Daarna werden de wijfjes verwijderd en werd de doos gedurende twee weken in de klimaatkast geplaatst om een nieuwe generatie gesynchroniseerde adulte tripsen te bekomen. Telkens werden tien tripsen overgebracht naar de testarena's met bonenplantjes. Hierna werden de predatoren toegevoegd aan deze testarena's volgens hetzelfde protocol als eerder beschreven.

Elke behandeling werd 48 uur na het introduceren van de predatoren stopgezet, voordat het volgende stadium in de ontwikkelingscyclus werd bereikt. Het tellen van het aantal tripsen verliep destructief. Indien van toepassing werd ook het aantal dode mieren, het aantal mieren larfjes, het aantal levende roofmijten en het aantal gaatjes in de bladeren geteld.

3.4 Experiment 2: effect van een schuilplaats op de bestrijding van *Frankliniella occidentalis*

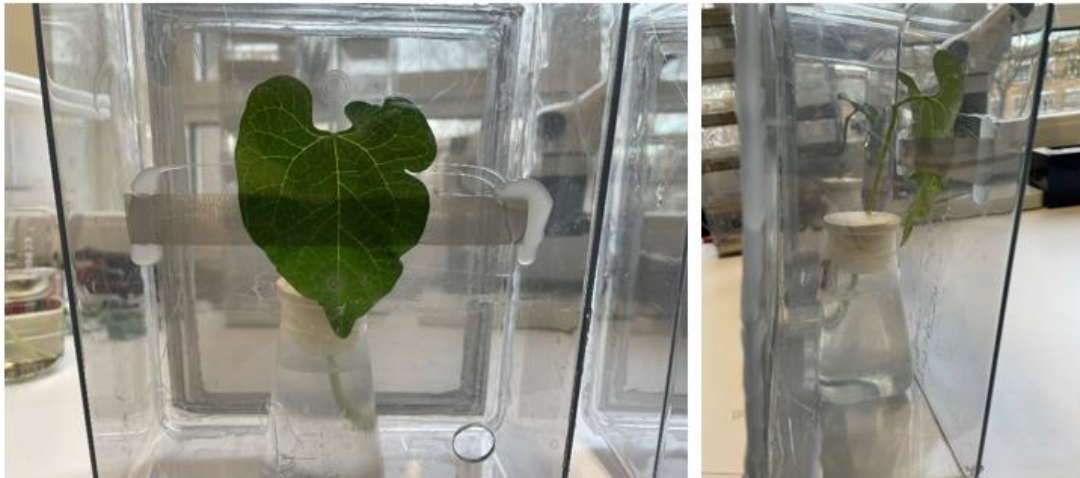
Het doel van dit experiment was het onderzoeken van de tweede hypothese (zie sectie 1). Hierbij wordt verwacht dat de aanwezigheid van mieren ervoor zorgt dat tripsen gaan schuilen op plaatsen die niet toegankelijk zijn voor mieren, terwijl deze plaatsen wel bereikbaar zijn voor de roofmijten. Dit kan een mogelijke verklaring zijn voor de betere tripsbestrijding bij een gecombineerde inzet van de predatoren in vergelijking met elke predatorsoort afzonderlijk. Het gebruikte proefontwerp wordt weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Een overzicht van het proefontwerp voor experiment 2. Voor elke behandeling (met bijhorend label) wordt het aantal werksters en larven van *C. scutellaris*, het aantal *A. swirskii*-adulten en het aantal *F. occidentalis*-adulten weergegeven.

Behandeling	<i>C. scutellaris</i> -werksters	<i>C. scutellaris</i> -larven	<i>A. swirskii</i>	<i>F. occidentalis</i>
Met schuilplaats				
A0C0S				10
A50C0S			50	10
A0C50S	50	20		10
A25C25S	25	20	25	10
Zonder schuilplaats				
A0C0X				10
A50C0X			50	10
A0C50X	50	20		10
A25C25X	25	20	25	10

Dezelfde testarena's uit experiment 1 werden ook in experiment 2 gebruikt. Tegen de grootste verticale wand van de testarena werd nu een strip insectengaas (150 mesh) gekleefd. De bonenplant werd voorbereid zoals bij experiment 1, echter werd nu slechts één blad overgehouden. Het blad werd achter het insectengaas geschoven zoals te zien is in Figuur 15. Het blad bleef nu dicht tegen de wand van de testarena aan, waardoor de ruimte achter het blad minimaal was. Dit maakt dat mieren niet achter het blad kunnen geraken, terwijl tripsen en roofmijten dit wel kunnen. De testarena's werden vervolgens dicht gelijmd met smeltlijm zoals in experiment 1. Op dezelfde dag werden vervolgens tien adulte tripsen via de opening losgelaten in de testarena's. Pas 24 uur

later werden de predatoren toegevoegd op dezelfde manier als in experiment 1. De testarena's werden tot slot in de klimaatkast (SANYO, MLR-350H, $25 \pm 0,3$ °C, relatieve vochtigheid 65% en een 16u dag/8u nacht-regime) geplaatst.



Figuur 15: Een fijne strip insectengaas werd tegen de grootste verticale wand van de testarena gekleefd. Het blad van de bonenplant werd achter de strip geschoven om zo een schuilplaats voor *F. occidentalis* te creëren. Bron: auteur.

De proef werd beëindigd na veertien dagen. Dit correspondeerde met verdroging van de eerste bonenplant in de controlebehandeling met schuilplaats (AOCOS) ten gevolge van tripsschade. Na afloop van de proef werd voor elke behandeling het aantal levende adulte tripsen en het aantal levende juveniele tripsen geteld. Indien van toepassing werd ook het aantal dode mieren, het aantal mierenlarven, het aantal levende roofmijten en het aantal gaatjes door bijtschade in de bladeren geteld. Met ImageJ-software werd ook de bijtschade veroorzaakt door mieren en de zuig- en bijtschade veroorzaakt door tripsen en mieren samen gemeten. Tot slot werd aan de hand van een rooster ook de spreiding van de schade in behandeling AOCOS en behandeling AOC5OS vergeleken (Figuur 16). Het rooster bestond uit vakjes van 0,8 x 0,8 cm. De rijen van het rooster werden genummerd. Hierbij krijgt de rij die de hoeveelheid schade ongeveer doormidden verdeelt positie nul; de schade boven rij nul is dus ongeveer even groot als de schade onder rij nul. Per rij werden alle vakjes met minstens 1/4^{de} tripsschade geteld. Dit werd voor alle herhalingen gedaan en vervolgens werd per rij het gemiddelde genomen van het aantal beschadigde vakjes per rij. Tot slot werd in een grafiek het gemiddeld aantal beschadigde vakjes uitgezet in functie van de positie (rijnummer).



Figuur 16: Een illustratie van het gebruik van een rooster (0,8 x 0,8 cm) om de spreiding van de schade te bepalen. Elke rij krijgt een nummer/positie toegekend. Positie nul komt overeen met de rij die de hoeveelheid schade over het blad ongeveer doormidden deelt. Om de spreiding te kwantificeren werd het aantal beschadigde vakjes per rij geteld. Bron: auteur.

3.5 Serreproef: predatie van *Crematogaster scutellaris* en *Amblyseius swirskii* op *Frankliniella occidentalis*

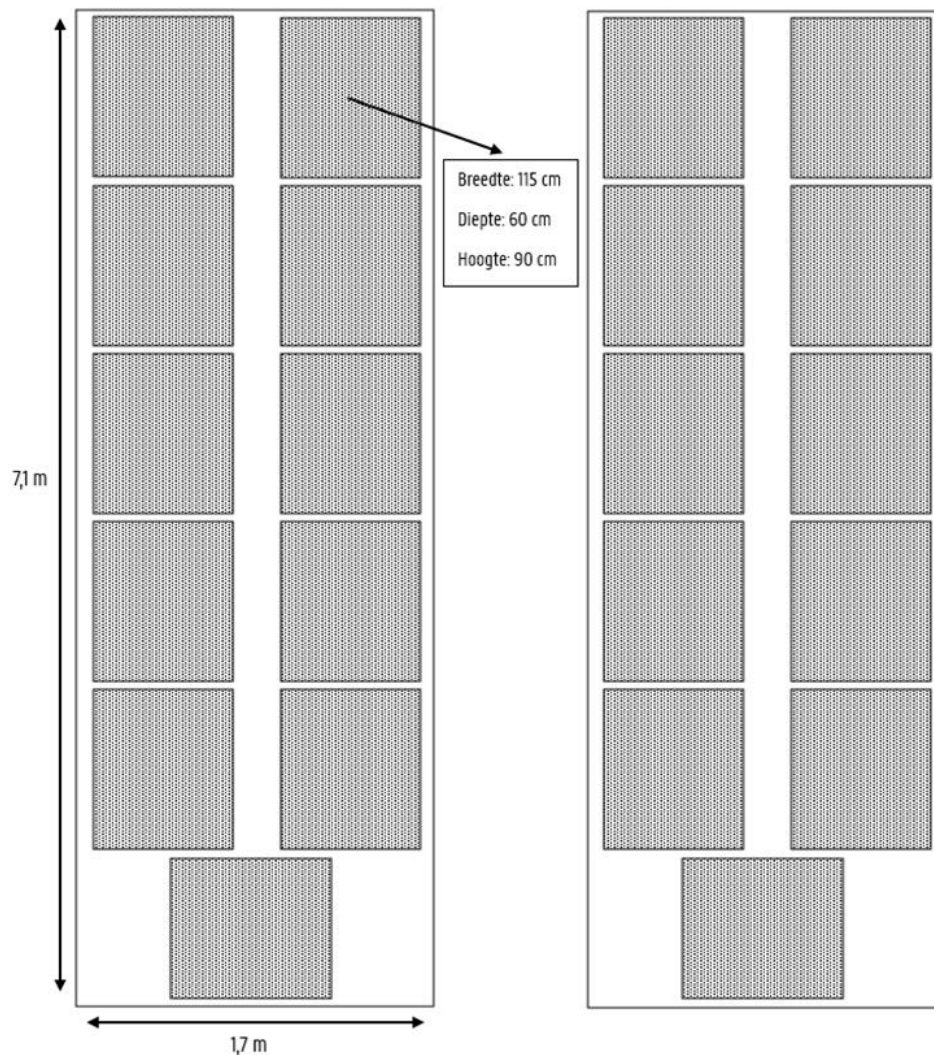
Deze proef werd uitgevoerd om de impact van de interactie tussen de mier *C. scutellaris* en de roofmijt *A. swirskii* op de bestrijding van *F. occidentalis* te onderzoeken in meer praktijkgerichte omstandigheden. Deze proef bouwt verder op de masterproef van Eeckhout (2022). Zij kon onder labo-omstandigheden aantonen dat de combinatie van beide predatoren een betere bestrijding van tripsen leverde dan *A. swirskii* alleen.

De proef bestond uit vijf verschillende behandelingen: een controle zonder tripsen en zonder predatoren, een controle met tripsen en zonder predatoren, een behandeling met enkel mieren en tripsen, een behandeling met enkel roofmijten en tripsen en een behandeling met roofmijten, mieren en tripsen. Elke behandeling werd vijfmaal herhaald; vier herhalingen van elke behandeling werden gelijktijdig opgestart, de laatste herhaling van elke behandeling werd om praktische redenen een week later opgestart. Het proefontwerp wordt weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5: Een overzicht van het proefontwerp voor de serreproef. Voor elke behandeling (met bijhorend label) wordt het aantal werksters van *C. scutellaris*, de hoeveelheid larven van *C. scutellaris* (gram), het aantal kweekzakjes met *A. swirskii*-adulten en het aantal *F. occidentalis*-adulten weergegeven.

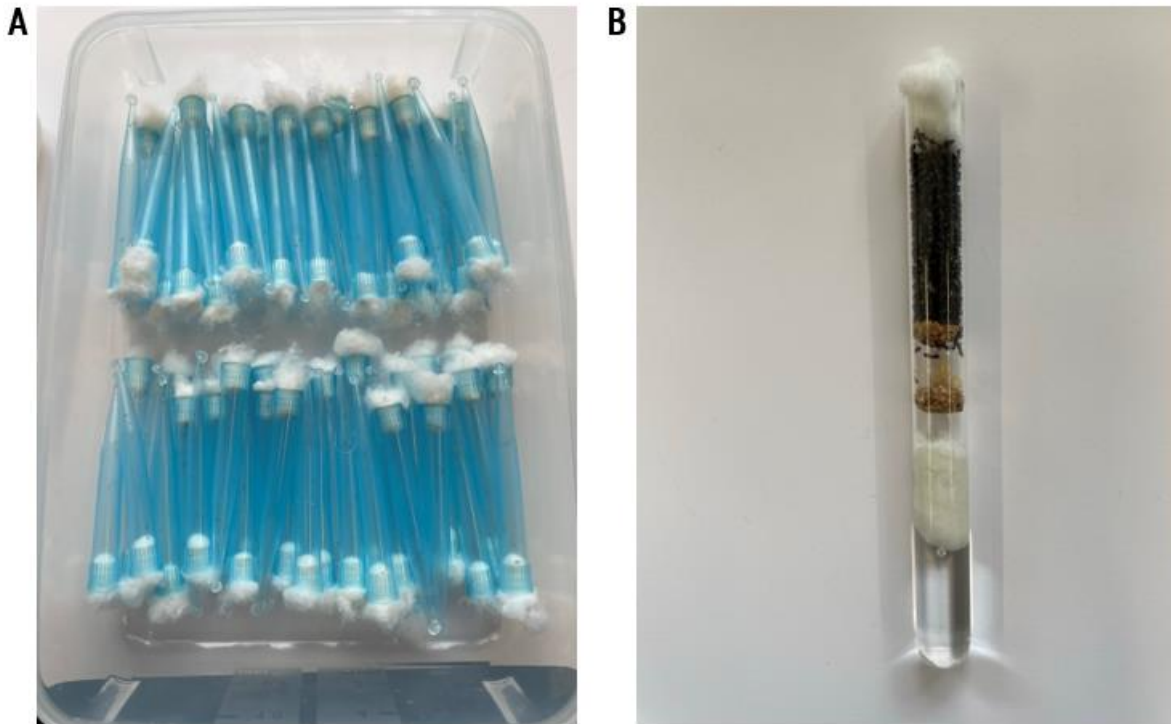
Behandeling	<i>C. scutellaris</i> -werksters	<i>C. scutellaris</i> -larven (g)	<i>A. swirskii</i> (kweekzakjes)	<i>F. occidentalis</i>
A0C0X				
A0C0				50
A2C0			2	50
A0C500	500	0.06		50
A1C250	250	0.06	1	50

De serreproef werd uitgevoerd in een serre (stooktemperatuur: 18 °C, ventilatietemperatuur: 20 °C) van het proefcentrum Viaverda, Destelbergen. De serre was voorzien van twee rolltafels die bedekt werden met antiworteldoek. Op elke rolltafel was er plaats voor maximaal elf kooien (115 x 60 x 90 cm, maasgrootte: 0,15 x 0,31 mm). Een overzicht van de serreopstelling wordt getoond in Figuur 17.



Figuur 17: Een schets van het serrecompartiment met twee rolltafels. Op iedere tafel werden 11 kooien geplaatst (gearceerd).

In de behandelingen met tripsen werden per herhaling vijftig adulte wijfjes geïntroduceerd. Deze tripsen uit de lopende labokweek werden vijf uur voordien in een pipetteertip overgebracht door middel van een luchtpomp. De pipetteertip werd telkens aan de kleinste opening afgesloten met een druppel smeltlijm en aan de grootste opening tijdelijk afgestopt met watten (Figuur 18A). In de proefopstelling werd elke pipetteertip bovenop de potaarde van de planten gelegd. De toegang voor de tripsen tot de planten werd vrijgemaakt door de prop watten te verwijderen. Elke behandeling met *C. scutellaris* werd voorzien van een artificieel nest opgebouwd in een glazen proefbuisje (Figuur 18B). Onderaan dit proefbuisje werd water toegevoegd dat werd afgestopt met een wattenpropje. Daarna werd een vrij compartiment voorzien dat werd afgesloten met een kurkplaatje. In het volgende compartiment werden 0,06 g larven toegevoegd en opnieuw afgesloten met kurk. In het laatste compartiment werden hetzij 250, hetzij 500 *C. scutellaris*-werksters overgebracht. De werksters werden geteld in een plasticen doos die nadien gedurende vier minuten in een diepvries bij -18°C werd geplaatst om de mieren af te koelen en tijdelijk te immobiliseren voor manipulatie. Hierna werden ze met behulp van een trechter in de proefbuis gegoten. Daarbovenop werd opnieuw een kurkplaatje aangebracht. Tot slot werd het buisje afgesloten met een wattenpropje voor transport. De kurkplaatjes waren telkens voorzien van een kleine opening om beweging van de mieren naar de verschillende compartimenten mogelijk te maken. Het geheel werd ingepakt in aluminiumfolie om het licht af te schermen. Voor elk artificieel nest werd daarnaast ook een proefbuisje met suikerwater (35% vol) voorzien. De roofmijten werden geleverd in papieren kweekzakjes gevuld met tarwezemelen als draagstof en voedermijten als alternatieve prooi. Dit systeem maakt gebruik van een 'slow release'-principe, waarbij de roofmijten via een opening in het kweekzakje gespreid in de tijd in het gewas terecht komen. Vooraf werd de kwaliteit van de kweekzakjes nagegaan, door de inhoud met een stereomicroscop te bestuderen.

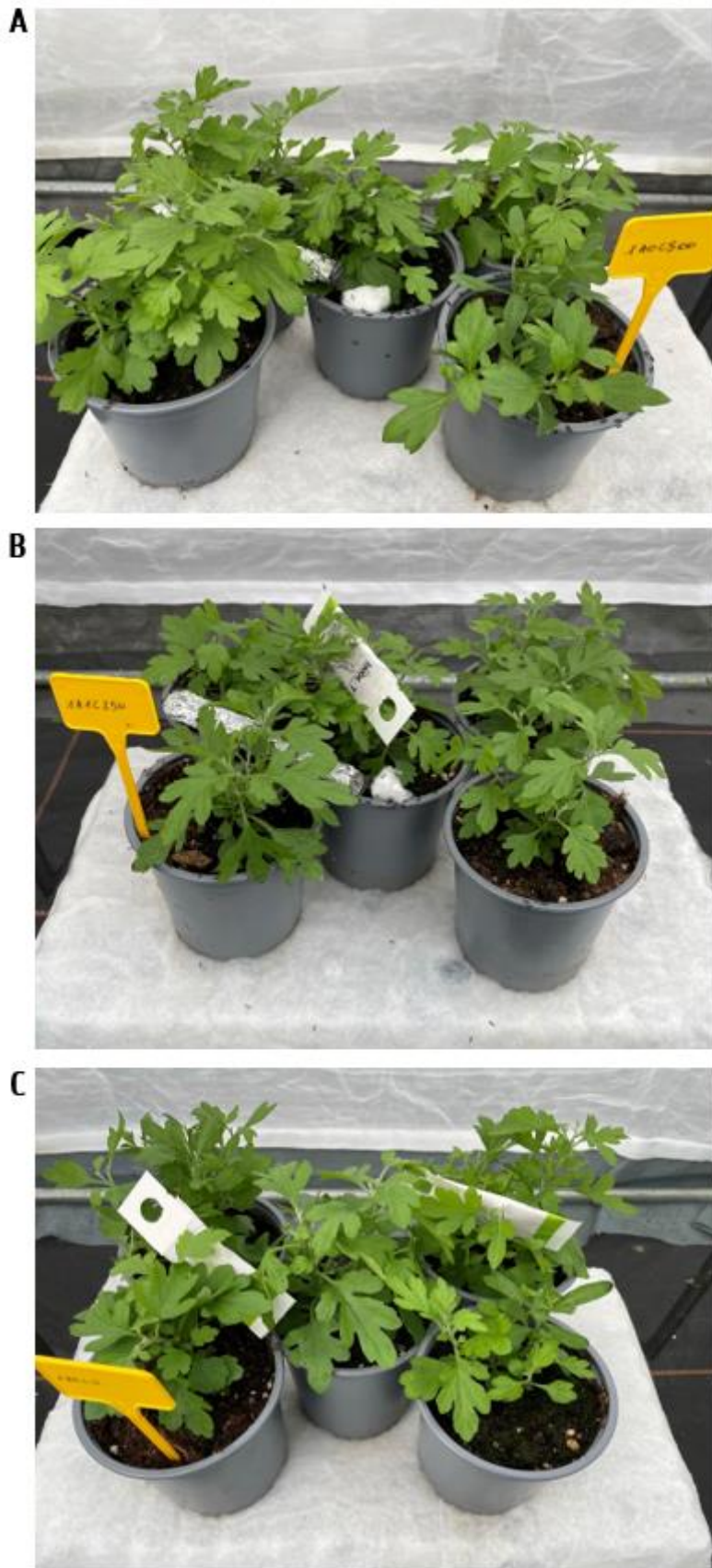


Figuur 18: A: de pipetteertips met telkens tien adulte *F. occidentalis*-wijfjes. B: het artificieel mierenest bestaande uit verschillende compartimenten gescheiden door kurkplaatjes. Van onder naar boven: water, larfjes en werksters. Bron: auteur.

Chrysanthemum indicum (Linnaeus) werd gekozen als waardplant voor *F. occidentalis*. De chrysanten werden gestekt en opgekweekt tot planten van 10 cm hoog en 10 cm in diameter. Irrigatie en bemesting verliep via een eb- en vloed systeem. *F. occidentalis* was reeds aanwezig in de serre waar de waardplanten werden opgekweekt. De planten werden daarom na vaststelling van infectie, vier weken voorafgaand aan de proef, afgeschermd in kooien en tot viermaal toe van tripsen ontdaan. De enkele tripsen die zich op de planten bevonden werden hiertoe telkens handmatig af de planten geschud en gedood.

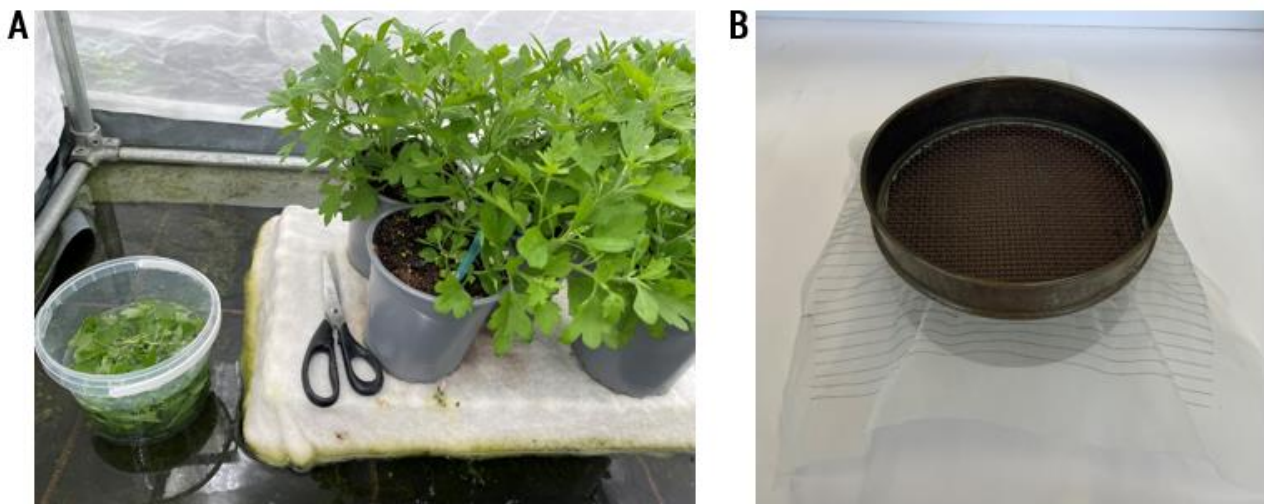
Vervolgens werden bij het opstarten van de proef eilandjes gecreëerd op de roltafels (Figuur 19). Per kooi werd één zaaitray ondersteboven geplaatst. De tray werd volledig bedekt met een laag vochtige watten en de roltafels werden permanent onder water gezet. Op deze eilandjes werden telkens gerandomiseerd vijf chrysanten geplaatst. Bloemknoppen werden voorafgaand aan de proef verwijderd.

Finaal werden de predatoren uitgezet (Figuur 19). Voor de behandeling met mieren werd het met aluminiumfolie ingepakte artificiële nest ontdaan van het wattenpropje en tussen de vijf planten geplaatst. Voor de behandelingen waarin roofmijten werden gebruikt, werden één (A1C250) of twee (A2C0) kweekzakjes tussen de planten gelegd. Hierna werden de kooien dichtgeritst. Tot slot werden per herhaling de vijf pipetteertips met tien tripsen via de mouwopening van de kooi tussen de planten gelegd en geopend.



Figuur 19: Eilandjes gevormd door een omgekeerde tray met daarop een vochtige laag watten. A: een eilandje gevormd voor de behandeling met mieren. B: een eilandje gevormd voor de behandeling met mieren en roofmijten. C: een eilandje gevormd voor de behandeling met roofmijten. Bron: auteur.

Elke behandeling werd drie weken opgevolgd waarna een destructieve telling werd uitgevoerd. De chrysanten werden verknijpt tot afzonderlijke blaadjes en in kleine emmers (volume: 1 liter) gevuld met een ethanol/water-oplossing (70%/30%) gedeponeerd (Figuur 20A). Alle planten van één eilandje (dus vijf stuks) werden in één emmer bewaard. Vervolgens werd in het labo per herhaling en per behandeling het aantal beschadigde en niet beschadigde blaadjes geteld. Door de blaadjes uit de emmer te nemen en open te leggen in een waterbad werd beoordeeld of ze beschadigd waren of niet. De inhoud van dit waterbad werd nadien over filterpapier (diameter 15 cm, S & S Innovators in Separation Science) gegoten, waarna met een stereomicroscop werd gecontroleerd of er geen organismen meekwamen met de blaadjes. In tussentijd werden de emmers bewaard in een frigo bij $\pm 7^{\circ}\text{C}$. Daarnaast werd ook het aantal juveniele tripsen en het aantal adulte tripsen geteld; indien van toepassing werd ook het aantal mieren en het aantal roofmijten geteld. Om deze tellingen uit te voeren werd gebruik gemaakt van twee zeven met daartussen een nylongaas (300 mesh) (Figuur 20B). De opstelling van de zeven van boven naar beneden was als volgt: een zeef met een opening van 3 mm en een diameter van 20 cm, gevolgd door nylongaas met een maaswijdte van 300 mesh en voorzien van horizontale strepen en ten slotte een zeef met een opening van $50\text{ }\mu\text{m}$. De blaadjes werden uit de emmer gehaald en op de zeef gedeponeerd, vervolgens werden ze gedurende vijf minuten met zacht stromend water gewassen. Hierna werden ze nogmaals gespoeld in een emmer met water. Nadien werd de inhoud van deze emmer ook over de zeven gegoten. Met een stereomicroscop werden vervolgens de organismen die op het nylongaas achterbleven, geteld. Finaal werd de ethanol/water-oplossing uit de kleine emmers over de zeven gegoten. Opnieuw werden de organismen op het nylongaas geteld met de stereomicroscop.



Figuur 20: A: de chrysanten werden verknijpt en gedeponeerd in een emmer met ethanol/water-oplossing. B: twee zeven met daartussen een nylongaas om de tripsen, mieren en roofmijten te tellen. Bron: auteur.

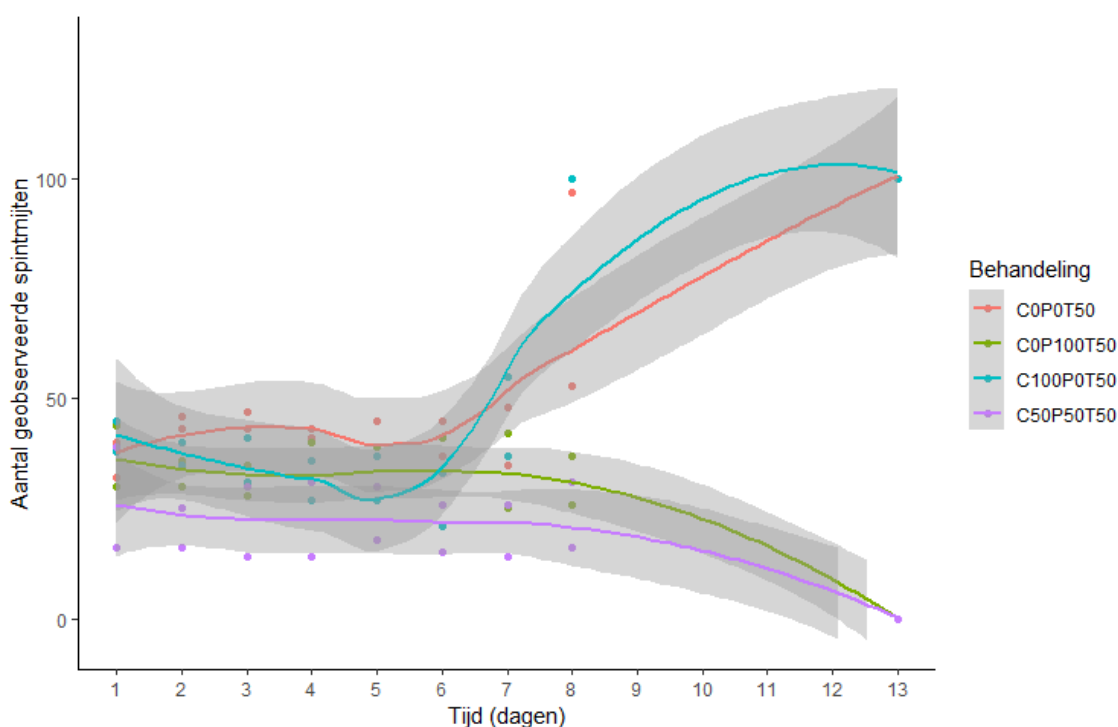
3.6 Statistische dataverwerking

De resultaten van alle proeven werden verwerkt met het statistisch programma RStudio. Zowel voor de laboproeven als voor de serreproeven werd eenzelfde schema gevolgd om zo te bepalen wat de meest correcte statistische test was voor elke dataset. Eerst werd de normaliteit van de gegevens nagegaan met een *Shapiro-Wilk Test*. Indien aan de normaliteit werd voldaan, werd de gelijkheid van varianties (homoscedasticiteit) geëvalueerd via de *Levene's Test*. In geval van normaliteit en homoscedasticiteit werd een *One-way ANOVA*-analyse uitgevoerd, gevolgd door de *Tukey's Test* als post-hoc analyse. Wanneer uit de *Shapiro-Wilk Test* bleek dat niet aan de normaliteit werd voldaan, werd overgegaan op niet-parametrische tests. De *Kruskal-Wallis Test* bepaalde of er significante verschillen tussen de groepen waren. De *(Pairwise) Wilcoxon Rank Sum Test* identificeerde vervolgens welke groepen juist significant verschilden (post-hoc analyse). Waar nodig werden de p-waarden gecorrigeerd voor het testen van meervoudige hypothesen volgens de *Bonferroni-Holm* correctie. Er werd telkens een significantieniveau van 0,05 gehanteerd voor alle statistische tests.

4 RESULTATEN

4.1 Preliminair experiment: predatie op *Tetranychus urticae*

In Figuur 21 is het verloop van de populatiedensiteit van spint weergegeven voor de controlebehandeling COPOT50 (50 spintmijten), behandeling COP100T50 (100 roofmijten plus 50 spintmijten), behandeling C100POT50 (100 mieren plus 50 spintmijten) en behandeling C50P50T50 (50 mieren plus 50 roofmijten plus 50 spintmijten). Hieruit blijkt dat *P. persimilis* in staat is om de populatiedensiteit van spintmijten te reduceren. Op dag 13 werd de populatiedensiteit zowel in de behandeling met enkel roofmijten (COP100T50), als in de behandeling met de combinatie van beide predatoren (C50P50T50), gereduceerd tot nul. De behandeling met enkel mieren kent een gelijkaardig verloop als de controlebehandeling. De sterke toename in het aantal spintmijten, synchroon met de controlebehandeling, gaf aan dat er geen negatief effect van *C. scutellaris* op de populatiegroei van *T. urticae* was. Dit werd bevestigd door de schade die zichtbaar was op de bonenplanten in beide herhalingen van de behandeling waarbij alleen mieren werden gebruikt (Figuur 22). Op basis van deze twee vaststellingen werd besloten om geen verder onderzoek meer te doen naar het bestrijdingspotentieel van de mier *C. scutellaris* op de spintmijt *T. urticae*.



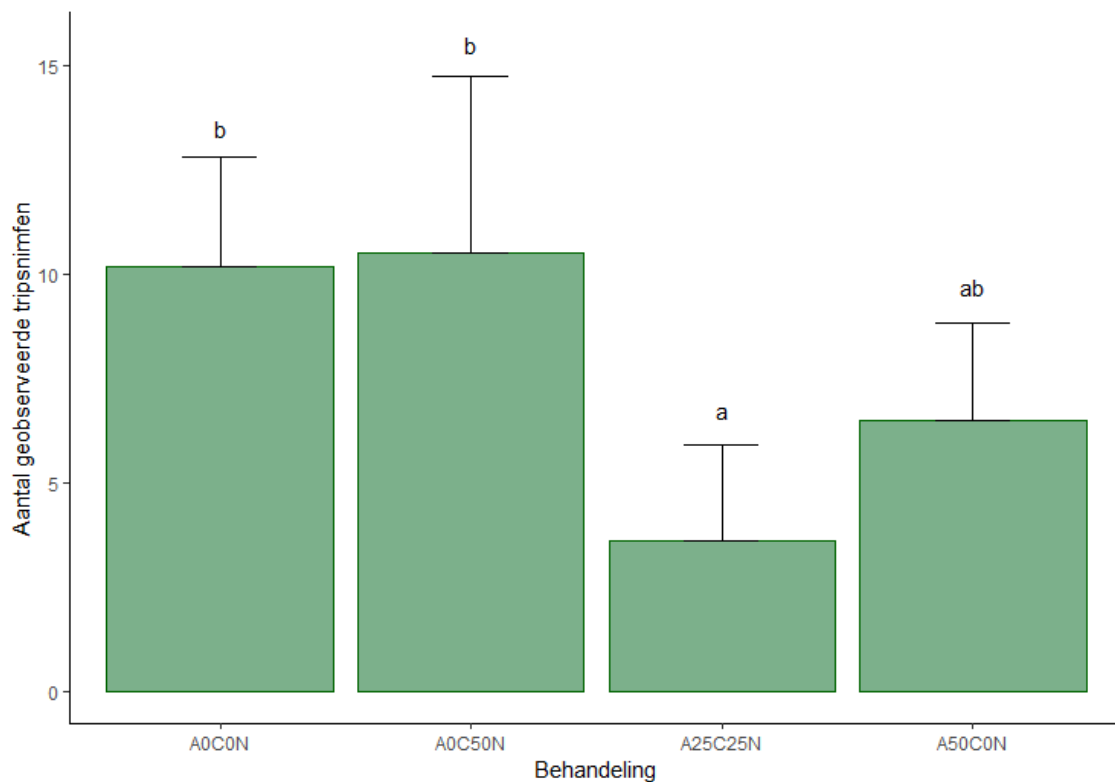
Figuur 21: Het verloop van de gemiddelde populatiedensiteit van spint voor de verschillende behandelingen. COPOT50: controlebehandeling met 50 spintmijten. COP100T50: behandeling met 100 roofmijten plus 50 spintmijten. C100POT50: behandeling met 100 mieren plus 50 spintmijten. C50P50T50: behandeling met 50 mieren plus 50 roofmijten plus 50 spintmijten. De regressiecurven werden verkregen door lokale regressie toe te passen met behulp van de LOESS-methode (Locally Estimated Scatterplot Smoothing).



Figuur 22: De bonenplanten van de behandelingen waarbij alleen mieren werden gebruikt (beide herhalingen) vertoonden zware aantasting door spintmijten. Bovendien waren er een aantal gaatjes zichtbaar in de bladeren, die veroorzaakt werden door de mieren. Bron: auteur.

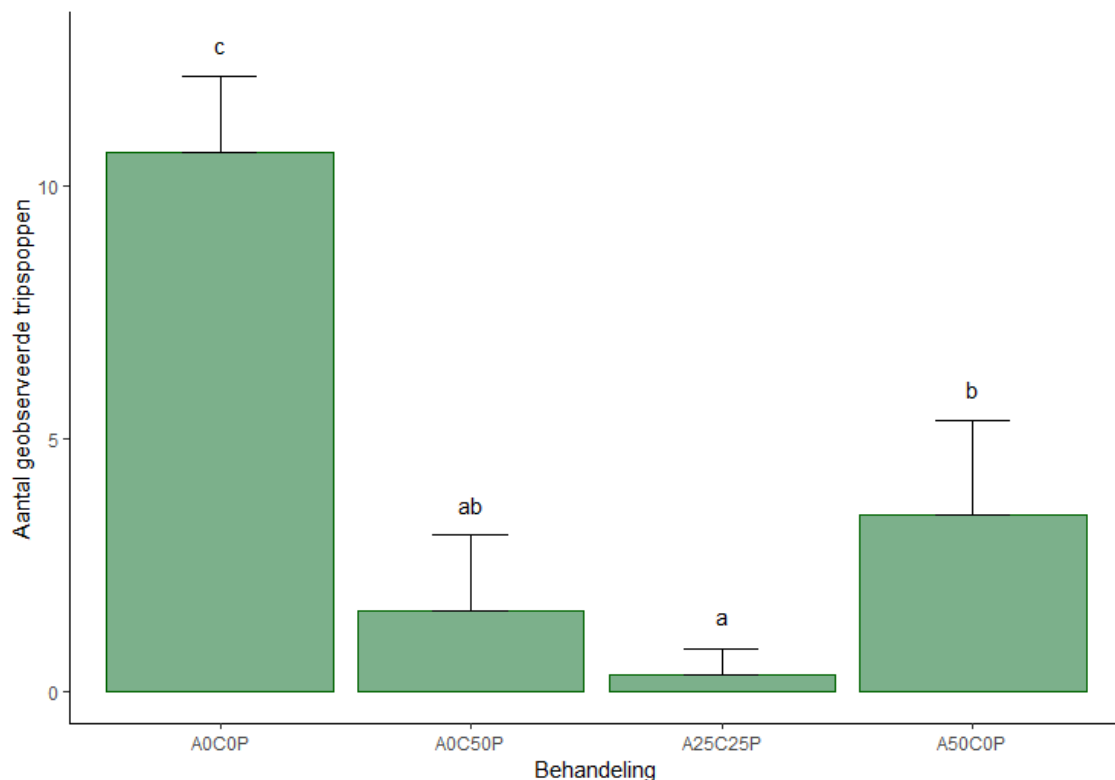
4.2 Experiment 1: predatie op de verschillende stadia van *Frankliniella occidentalis*

Figuur 23 toont de resultaten van deel 1 van experiment 1, waarin het predatiepotentieel van verschillende combinaties van predatoren op tripsnimfen werd onderzocht. Uit de *One-way ANOVA Test* bleek dat er significante verschillen waren tussen de verschillende behandelingen ($p = 0,0035$; $F(3,19) = 6,426$). De daaropvolgende post-hoc analyse toonde aan dat de behandeling met 50 mieren (AOC50N) en de behandeling met 50 roofmijten (ASOCON) niet significant verschilden (*Tukey's Test*: respectievelijk $p = 0,9974$; diff = 0,3333 en $p = 0,1874$; diff = -3,6667) van de controlebehandeling zonder predatoren (AOCN). Bij de behandeling met roofmijten werden echter wel leeggezogen tripsnimfen geobserveerd. Dit was niet het geval bij de behandeling met enkel mieren. Daarnaast konden roofmijten het aantal tripsnimfen verminderen met $36,07 \pm 23,07\%$ (gemiddelde $\pm$ standaardafwijking) over een periode van 48 uur (zie ook Figuur 27), terwijl er geen vermindering in aantal werd vastgesteld wanneer er werd behandeld met mieren. Behandelen met de combinatie van de twee predatoren (25 werksters met larven plus 25 roofmijten in behandeling A25C25N) zorgde voor de grootste vermindering in het aantal nimfen ($70,49 \pm 24,88\%$). Het aantal nimfen in deze behandeling was significant verschillend met die in de controlebehandeling (*Tukey's Test*: $p = 0,0096$; diff = -6,5667) en de behandeling met mieren (*Tukey's Test*: $p = 0,0064$; diff = -6,9000), maar niet significant verschillend (*Tukey's Test*: $p = 0,4091$; diff = 2,9000) met het aantal in de behandeling waarin uitsluitend roofmijten werden gebruikt.



Figuur 23: Het gemiddeld aantal geobserveerde tripsnimfen (+ standaardafwijking) 48 uur na de start van de predatieproef voor de verschillende behandelingen. A0C0N: controlebehandeling met 10 tripsnimfen. A0C50N: behandeling met 50 mieren plus 10 tripsnimfen. A25C25N: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 tripsnimfen. A50C0N: behandeling met 50 roofmijten plus 10 tripsnimfen. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens Tukey's Test). Outliers werden niet verwijderd. De vierde herhaling van behandeling A25C25N werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal roofmijten waren verdronken in het water op de bodem van de testarena.

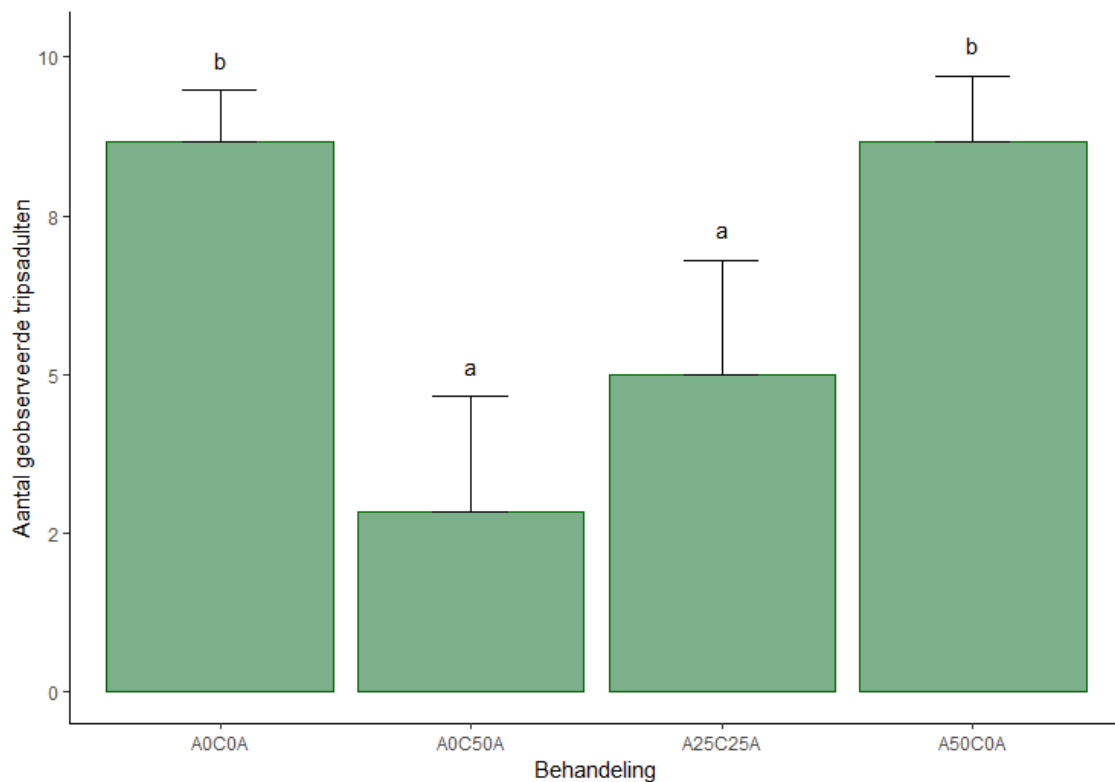
In Figuur 24 wordt het resultaat van deel 2 van experiment 1 getoond, waarbij predatie op tripspoppen werd onderzocht. De *One-way ANOVA Test* toonde aan dat er significante verschillen waren tussen de behandelingen ($p < 0,0001$; $F(3,19) = 60,69$). Uit *Tukey's Test* bleek dat zowel de behandeling met mieren (A0C50), de behandeling met roofmijten (A50C0P), als de behandeling met de combinatie van de twee predatoren (A25C25P) een significant effect hadden ten opzichte van de controlebehandeling (A0C0P) (A0C50P: $p < 0,0001$; diff = -9,0667; A50C0P: $p < 0,0001$; diff = -7,1667; A25C25P: $p < 0,0001$; diff = -10,3333). Behandelingen A0C50P, A50C0P en A25C25P zorgden na 48 uur respectievelijk voor een reductie van $87,50 \pm 14,11\%$, $67,19 \pm 17,54\%$ en $96,88 \pm 4,84\%$ van het aantal poppen ten opzichte van de controlebehandeling. Bovendien bleek dat de behandeling met roofmijten plus mieren voor een significant betere bestrijding zorgde dan de behandeling met uitsluitend roofmijten (*Tukey's Test*: $p = 0,0059$; diff = 3,1667). Er was daarentegen geen significant verschil in het aantal levende poppen tussen de behandeling met de combinatie van predatoren en de behandeling met enkel mieren (*Tukey's Test*: $p = 0,4835$; diff = -1,2667).



Figuur 24: Het gemiddeld aantal geobserveerde tripspoppen (+ standaardafwijking) 48 uur na de start van de predatieproef voor de verschillende behandelingen. A0C0P: controlebehandeling met 10 tripspoppen. A0C50P: behandeling met 50 mieren plus 10 tripspoppen. A25C25P: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 tripspoppen. A50C0P: behandeling met 50 roofmijten plus 10 tripspoppen. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens Tukey's Test). Outliers werden niet verwijderd. De vierde herhaling van behandeling A0C50P werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdronken in de proefbuis met suikerwater.

In deel 3 van experiment 1 werd tot slot de predatie op adulte tripsen onderzocht. Het resultaat van deze proef is weergegeven in Figuur 25. Ook hier waren er significante verschillen tussen de behandelingen (*One-way ANOVA Test*: $p < 0,0001$; $F(3,20) = 24,01$). Volgens *Tukey's Test* verschilde het aantal adulte tripsen zowel in de behandeling met mieren (A0C50A) ($p < 0,0001$; diff = -5,8333), als in de behandeling met de combinatie van predatoren (A25C25A) ($p = 0,0014$; diff = -3,6667) significant van het aantal in de controlebehandeling zonder predatoren (A0C0A). Het aantal adults in de behandeling met roofmijten (A50C0A) was echter niet significant met dat in de controlebehandeling (*Tukey's Test*: $P = 1,0000$; diff = 0,0000). Behandelen met uitsluitend roofmijten zorgde niet voor een reductie van het aantal adulte tripsen ten opzichte van de controle. Deze behandeling vertoonde, net als de controlebehandeling, wel significante verschillen met het aantal adulte tripsen in zowel de behandeling met mieren (*Tukey's Test*: $p = 0,0000$; diff = 5,8333), als in de behandeling waar de mieren werden gecombineerd met roofmijten (*Tukey's Test*: $p = 0,0014$; diff = 3,6667).

Behandelen met mieren zorgde voor een afname in adulte tripsen van $67,31 \pm 21,17\%$ ten opzichte van de controlebehandeling. De behandeling met mieren en roofmijten samen zorgde voor een vermindering van $42,30 \pm 20,64\%$. Wanneer uitsluitend roofmijten werden ingezet was het aantal adulte tripsen gelijk ($0 \pm 11,92\%$). In Figuur 26 worden door mieren gedode tripsadulten afgebeeld. Opmerkelijk was dat ook bij de behandeling met louter roofmijten, enkele leeggezogen tripsadulten werden teruggevonden.

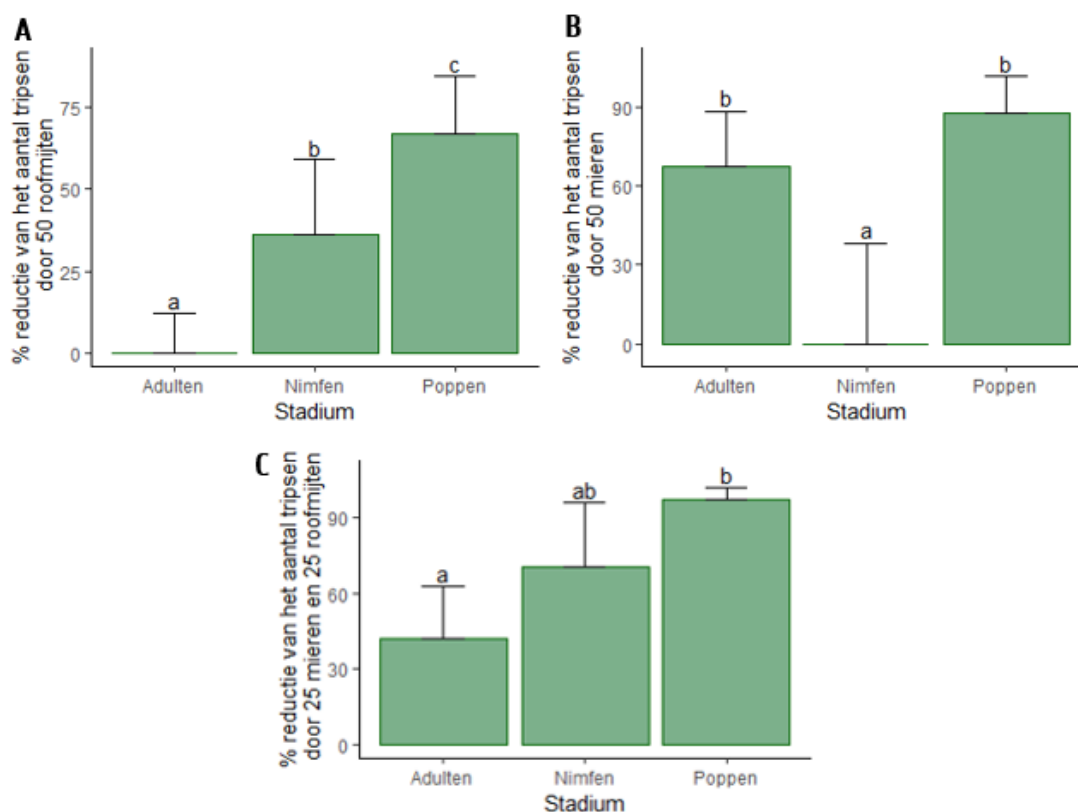


Figuur 25: Het gemiddeld aantal geobserveerde tripsadulden (+ standaardafwijking) 48 uur na de start van de predatieproef voor de verschillende behandelingen. A0C0A: controlebehandeling met 10 tripsadulden. A0C50A: behandeling met 50 mieren plus 10 tripsadulden. A25C25A: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 tripsadulden. A50C0A: behandeling met 50 roofmijten plus 10 tripsadulden. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens Tukey's Test). Outliers werden niet verwijderd.



Figuur 26: Door mieren gedode tripsadulden die 48 uur na de start van de predatieproef werden geobserveerd. Bron: auteur.

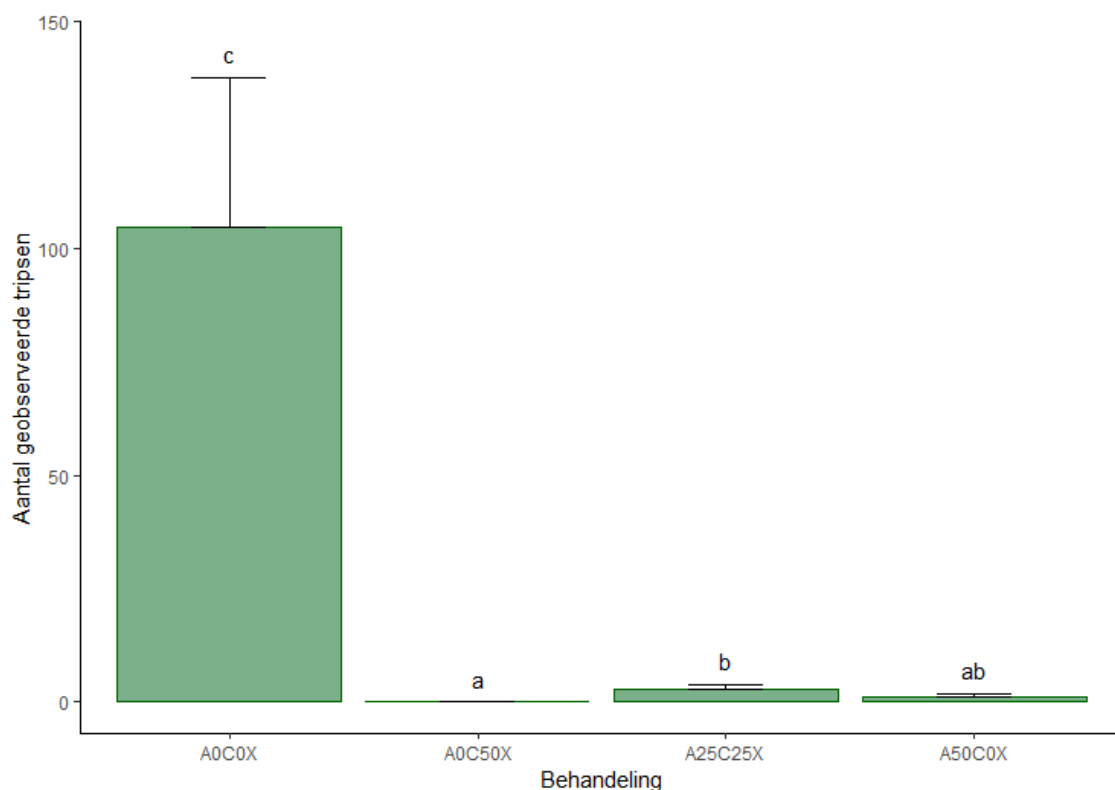
Wanneer Figuren 23, 24 en 25 onderling worden vergeleken, kan worden bepaald welk levensstadium de predatoren *C. scutellaris* en *A. swirskii* prefereren als prooi. Een dergelijke vergelijking wordt getoond in Figuur 27. Hierin wordt de procentuele reductie van het aantal tripsen per onderzocht levensstadium van *F. occidentalis* weergegeven voor de drie verschillende behandelingen met predatoren. De procentuele reductie voor elk levensstadium van *F. occidentalis* werd uitgedrukt ten opzichte van het gemiddeld aantal tripsen bij de respectievelijke controlebehandeling. In Figuur 27A worden deze cijfers voor de behandeling met 50 roofmijten weergegeven, in Figuur 27B die voor de behandeling met 50 mieren en in Figuur 27C voor de behandeling met de combinatie van 25 werksters met larven en 25 roofmijten. Een *One-way ANOVA Test* toonde aan dat er significante verschillen waren in de predatie van de verschillende tripsstadia in de behandeling met 50 roofmijten ($p < 0,0001$; $F(2,15) = 20,73$). Het aantal tripspoppen lag bij behandelen met roofmijten $67,19 \pm 17,54\%$ lager dan in de controle. Dit was significant verschillend van de vermindering in tripsnimfen ($36,07 \pm 23,07\%$) en significant verschillend van de vermindering in adulte tripsen ($0 \pm 11,92\%$) (*Tukey's Test*: respectievelijk $p = 0,0239$; diff = 31,1219 en $p < 0,0001$ diff = 67,1875). Roofmijten jaagden niet op adulte tripsen. Werkstermieren daarentegen, leken adulte tripsen wel goed te bestrijden. In de behandeling met 50 *C. scutellaris*-werksters, reduceerden zij dit tripsstadium met $67,30 \pm 21,17\%$. De mieren hadden bovendien geen voorkeur voor adulte tripsen of tripsen in het popstadium (*Tukey's Test*: $p = 0,4480$; diff = 20,1923). Tripsnimfen werden dan weer nauwelijks gedood (afname van $3,28 \pm 41,61\%$). Enkel wanneer de mieren en roofmijten werden gecombineerd (25 werksters met larven plus 25 roofmijten) werden zowel nimfen, poppen als adulte *F. occidentalis* bestreden. Ze zorgden respectievelijk voor een vermindering van $70,49 \pm 24,88\%$, $96,88 \pm 4,84\%$ en $42,31 \pm 20,64\%$. Voor deze combinatie van predatoren was de reductie van het aantal poppen significant hoger dan de reductie van het aantal adulte tripsen (*Tukey's Test*: $p = 0,0004$; diff = 54,57).



Figuur 27: De gemiddelde procentuele reductie (+ standaardafwijking) van het aantal tripsen (ten opzichte van de respectievelijke controlebehandeling) per levensstadium 48 uur na de start van de predatieproef. A: voor de behandeling met 50 roofmijten plus 10 tripsen. B: voor de behandeling met 50 mieren plus 10 tripsen. C: voor de behandeling met 25 roofmijten plus 25 mieren plus 10 tripsen. Per subfiguur zijn groepen met verschillende letters significant verschillend van elkaar (volgens Tukey's Test). De vierde herhaling van behandeling A0C50P werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdronken in de proefbuis met suikerwater. De vierde herhaling van behandeling A25C25N werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal roofmijten waren verdronken in het water op de bodem van de testarena.

4.3 Experiment 2: effect van een schuilplaats op de bestrijding van *Frankliniella occidentalis*

De resultaten van experiment 2 geven het effect weer van een schuilplaats voor tripsen op de predatie-efficiëntie op *F. occidentalis* door *C. scutellaris*, *A. swirskii* en de combinatie van beide predatoren. In Figuur 28 wordt het resultaat getoond van de predatieproef op een bonenplant in de afwezigheid van een schuilplaats. Aangezien uit de *Shapiro-Wilk Test* bleek dat de data niet normaal verdeeld waren ($p < 0,0001$; $W = 0,7064$), werd de statistische analyse uitgevoerd aan de hand van niet-parametrische tests. De *Kruskal-Wallis Test* toonde aan dat er significant verschillende behandelingen waren ($p = 0,0002$; $\chi^2 = 19,81$; $df = 3$). Uit de daaropvolgende *Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test* bleek dat zowel de behandeling met 50 werkstermieren (A0C50X, $p = 0,016$), de behandeling met 50 roofmijten (A50C0X, $p = 0,028$), als de behandeling waarin 25 mieren werden gecombineerd met 25 roofmijten (A25C25X, $p = 0,044$) een significant effect had op het aantal tripsen wanneer die zich niet konden verschuilen. In de behandeling met mieren werden geen tripsen meer waargenomen na 14 dagen, in de behandeling met roofmijten lag het aantal tripsen $98,89 \pm 0,72\%$ lager dan in de controlebehandeling zonder predatoren (A0C0X), en wanneer beide predatoren werden gecombineerd lag dat aantal $97,32 \pm 1,05\%$ lager. In de behandelingen met predatoren, was het aantal overlevende tripsen enkel significant verschillend tussen de behandelingen met uitsluitend mieren enerzijds, en de combinatie van predatoren anderzijds (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,021$). Dit laatste dient voorzichtig te worden geïnterpreteerd. Behandeling A0C50X bestaat echter uit zes identieke waarden (*tied data*), terwijl de *Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test* moeilijkheden ondervindt bij het toewijzen van rangen aan deze identieke datapunten.

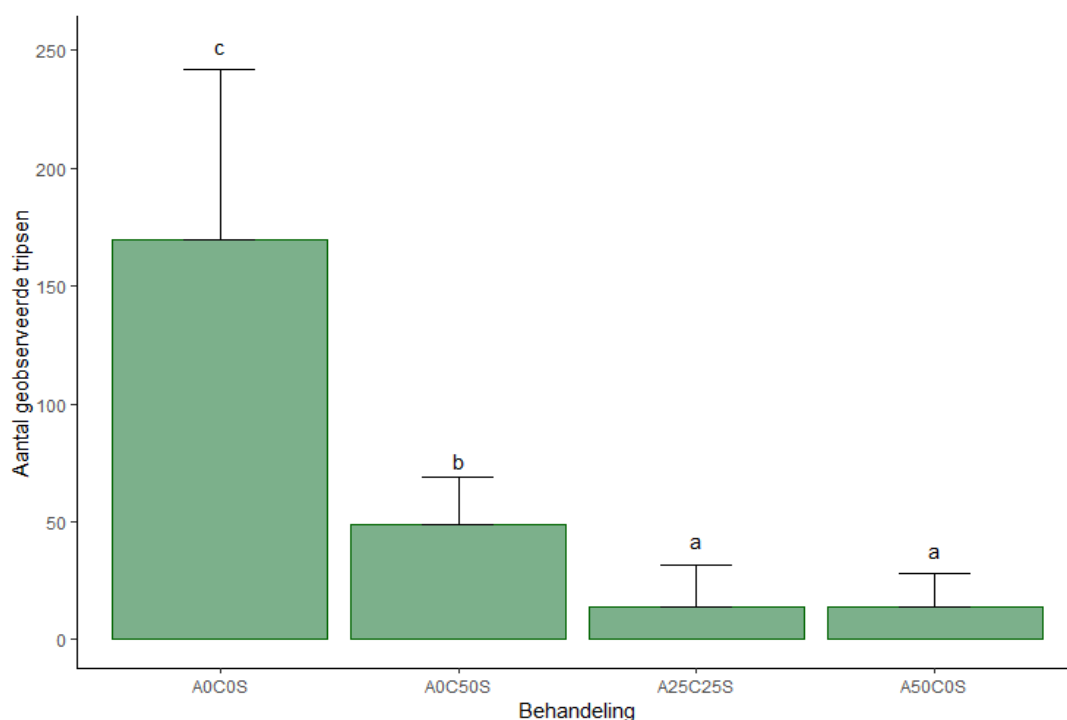


Figuur 28: Het gemiddeld aantal geobserveerde tripsen (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen 14 dagen na de start van de predatieproef, wanneer geen schuilplaats voor tripsen aanwezig was in de testarena. A0C0X: controlebehandeling met 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. A0C50X: behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. A25C25X: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. A50C0X: behandeling met 50 roofmijten plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens de *Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*). Outliers werden niet verwijderd. De zesde herhaling van behandeling A25C25X werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat er mieren waren ontsnapt uit de testarena.

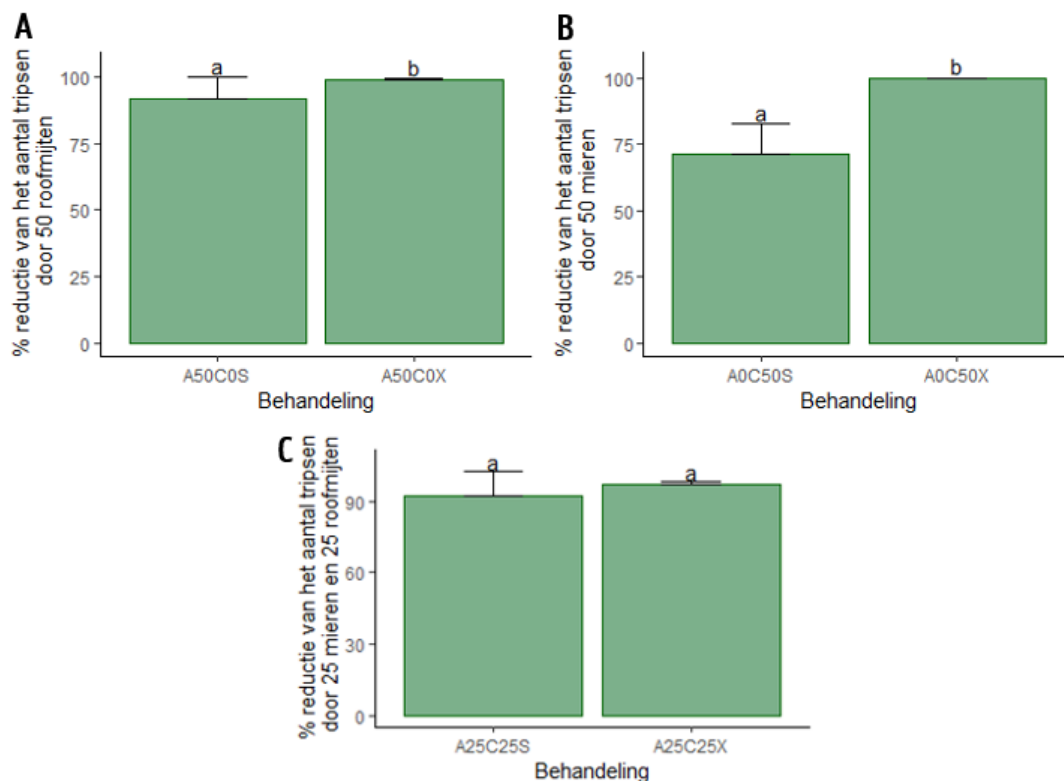
In Figuur 29 wordt vervolgens het resultaat getoond van de proef waarbij een schuilplaats werd geïntroduceerd in de testarena. Volgens de *Kruskal-Wallis Test* waren er ook hier significante verschillen tussen de behandelingen ($p = 0,0007$; $\chi^2 = 17,15$; $df = 3$). Net zoals bij de situatie zonder schuilplaats, bleek dat elke behandeling met predatoren voor een significante daling in het aantal tripsen zorgde ten opzichte van de controlebehandeling zonder predatoren (A0C0S). De grootste verschillen in aantallen ten

opzichte van de controlebehandeling werden opgemeten in de behandeling met 50 roofmijten (A50C0S) en de behandeling waarin roofmijten werden gecombineerd met mieren (A25C25S) (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,010$ voor beide behandelingen). Deze behandelingen resulteerden in een aantal tripsen dat respectievelijk $91,94 \pm 7,60\%$ en $92,04 \pm 9,68\%$ lager lag dan in de controlebehandeling. In de behandeling met 50 mieren (A0C50S) werden er $71,11 \pm 10,44\%$ minder tripsen geteld. Dit was een aantal dat significant verschilde met het aantal in de controlebehandeling (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,010$). Het aantal in deze behandeling verschilde ook significant met dat in de behandelingen A50C0S en A25C25S (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: respectievelijk $p = 0,026$ en $p = 0,027$). Hierbij slaagden 50 werkers van *C. scutellaris* er niet in om voor een even grote afname van het aantal tripsen te zorgen in vergelijking met de behandelingen waarbij ook roofmijten aanwezig waren.

Analoog met Figuur 27 voor experiment 1, worden in Figuur 30 de gegevens van Figuren 28 en 29 met elkaar vergeleken. Uit deze figuur kan worden afgeleid of de aanwezigheid van een schuilplaats de verschillende predatoren al dan niet hinderde om *F. occidentalis* te bestrijden. Omdat de data niet normaal verdeeld waren (*Shapiro-Wilk Test*: Figuur 30A: $p = 0,0003$; $W = 0,6526$; Figuur 30B: $p = 0,0205$; $W = 0,8035$; Figuur 30C: $p = 0,0006$; $W = 0,7101$), werd een niet-parametrische tegenhanger van een gewone t-test, de *Wilcoxon Rank Sum Test*, gebruikt in de statistische analyse. Deze analyse toonde aan dat in de aanwezigheid van een schuilplaats enkel de combinatie van mieren en roofmijten vergelijkbare resultaten opleverde als wanneer een schuilplaats afwezig was ($p = 0,3097$; $W = 9$). Mieren en roofmijten afzonderlijk zorgden telkens voor een minder goede bestrijding in de situatie met schuilplaats. Het grootste effect van de schuilplaats op de bestrijding van tripsen deed zich voor in de behandelingen met uitsluitend mieren: (A0C50S vs. A0C50X) (*Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,0039$; $W = 0$). Wanneer de tripsen zich niet konden verschuilen werden er geen tripsen teruggevonden in de behandeling met mieren (A0C50X). Het aantal tripsen lag dus $100,00 \pm 0,00\%$ lager in vergelijking met de controle. Wanneer er een schuilplaats aanwezig was (A0C50S), was dit $71,12 \pm 10,44\%$ lager. Het verschil tussen de behandelingen waarin enkel *A. swirskii* werd ingezet, A50C0X en A50C0S, was beperkter, maar eveneens significant (*Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,0046$; $W = 0$). Hierin waren de aantallen tripsen ten opzichte van de control respectievelijk met $98,89 \pm 0,72\%$ en $91,94 \pm 7,60\%$ gereduceerd.



Figuur 29: Het gemiddeld aantal geobserveerde tripsen (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen 14 dagen na de start van de predatieproef, waarbij een schuilplaats voor tripsen werd voorzien in de testarena. A0C0S: controlebehandeling met 10 adulte tripsen; met schuilplaats. A0C50S: behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats. A25C25S: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats. A50C0S: behandeling met 50 roofmijten plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens de *Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*). Outliers werden niet verwijderd. De derde herhaling van behandeling A0C50S werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdronken in de proefbuis met water.



Figuur 30: De gemiddelde procentuele reductie (+ standaardafwijking) van het aantal tripsen (ten opzichte van de respectievelijke controlebehandeling) voor de situatie met schuilplaats (behandelingen eindigend op S) en zonder schuilplaats (behandelingen eindigend op X) in de testarena, 14 dagen na de start van de predatieproef. A: voor de behandeling met 50 roofmijt plus 10 adulte tripsen. B: voor de behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen. C: voor de behandeling met 25 roofmijt plus 25 mieren plus 10 adulte tripsen. Per subfiguur zijn groepen met verschillende letters significant verschillend van elkaar (volgens de Wilcoxon Rank Sum Test). Outliers werden niet verwijderd. De zesde herhaling van behandeling A25C25X werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat er mieren waren ontsnapt uit de testarena. De derde herhaling van behandeling A0C50S werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdrongen in de proefbuis met water.

In Tabel 6 wordt de gemiddelde bladschade aan de bonenplanten na 14 dagen weergegeven voor de verschillende behandelingen. Deze schade werd berekend aan de hand van het softwareprogramma ImageJ. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen de bijtschade die werd veroorzaakt door de mieren (gaatjes) en de totale schade die werd veroorzaakt door de mieren en de tripsen samen. Het is belangrijk om te vermelden dat de zuigschade veroorzaakt door tripsen niet noodzakelijk gelijk is aan het verschil van de totale schade en de schade louter veroorzaakt door mieren. Er kon worden waargenomen dat mieren vaak aan het blad vraten op plaatsen waar tripsen reeds schade hadden aangericht. Bijgevolg wordt aangenomen in Tabel 6 dat de totale schade aangericht door mieren en tripsen samen, een representatieve schatting is van de schade die werd aangebracht door tripsen. Volgens de *Shapiro Wilk Test* was de totale schade niet normaal verdeeld ($p = p < 0,0001$; $W = 0,8203$), terwijl de bijtschade veroorzaakt door mieren wel normaal verdeeld was ($p = 0,0563$; $W = 0,9137$). De totale schade werd statistisch vergeleken aan de hand van niet-parametrische tests; voor schade door mieren werden parametrische tests gebruikt. Uit de cijfers in Tabel 6 blijkt dat de gemiddelde schade voor alle behandelingen hoger was bij de aanwezigheid van een schuilplaats in de testarena. De *Kruskal-Wallis Test* toonde aan dat er significante verschillen bestonden voor de totale schade in de verschillende behandelingen ($p < 0,0001$; $\chi^2 = 38,52$; $df = 7$). Opvallend hierbij is dat ook de totale schade in de behandeling zonder predatoren en zonder schuilplaats (A0C0X) significant verschilde van de totale schade in de behandeling zonder predatoren en met schuilplaats (A0C0S) (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,0223$). Bij de behandelingen zonder schuilplaats zorgden de behandelingen met predatoren (A0C50X, A50C0X en A25C25X) duidelijk voor een significant verschil in schade ten opzichte van die in de controle (A0C0X), maar werden er onderling geen significante verschillen opgemeten. In de behandeling met 50 werkstermieren (A0C50X) lag de opgemeten schade $92,42 \pm 3,40\%$ lager dan in de controle (A0C0X). In de behandeling met 50 roofmijt bedroeg dit $89,34 \pm 10,63\%$ en in het geval van de combinatie van de twee was dit $91,05 \pm 7,19\%$. Het vergelijken van de behandelingen met schuilplaats gaf een ander resultaat. Er werd geen significant verschil gemeten tussen de controlebehandeling (A0C0S) en de behandeling met 50 mieren (A0C50S) (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,1001$). Een significant verschil in schade ten opzichte van de controle was er echter wel voor de behandelingen met roofmijt (A50C0S) en de combinatie van de twee predatoren (A25C25S). In deze

twee behandelingen werd het blad respectievelijk $79,69 \pm 6,93\%$ en $65,80 \pm 15,91\%$ minder beschadigd (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: respectievelijk $p = 0,0076$ en $p = 0,0135$). Het is opvallend dat in de behandeling met mieren (AOC5OS) een significant hogere schade (meer dan een verdubbeling) werd gemeten in vergelijking met behandeling met mijten (A5OCOS) (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,0076$). Bovendien is het merkwaardig dat wanneer er geen schuilplaats aanwezig (AOC5OX) was, mieren er wel in slaagden om de schade te beperken. Het verschil in schade in de behandeling met schuilplaats (AOC5OS) was significant (*Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test*: $p = 0,0076$) ten opzichte van de behandeling zonder schuilplaats (AOC5OX). Verder blijkt uit de gegevens in Tabel 6 dat er geen significante verschillen waren in bijtschade door mieren in alle behandelingen waar zij aanwezig waren (*One-way ANOVA Test*: $p = 0,262$; $F(3,18) = 1,449$). Bovendien was de bijtschade die mieren aanrichtten beperkt.

Tabel 6: De gemiddelde schade in vierkante centimeter ($\pm$ standaardafwijking) aan het blad van de bonenplanten voor de verschillende behandelingen en met of zonder schuilplaats in de testarena, 14 dagen na de start van de predatieproef. De beschadigde bladoppervlakte werd gemeten met ImageJ-software. Groepen met verschillende letters binnen eenzelfde rij, zijn significant verschillend van elkaar (volgens de Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test en de One-way ANOVA Test). Outliers werden niet verwijderd. De zesde herhaling van behandeling A25C25X werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat er mieren waren ontsnapt uit de testarena. De derde herhaling van behandeling AOC5OS werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdronken in de proefbuis met water.

	Met schuilplaats ⁽¹⁾				Zonder schuilplaats ⁽²⁾			
	AOCOS	AOC5OS	A5OCOS	A25C25S	AOCOX	AOC5OX	A5OCOX	A25C25X
Totale bijt- en zuigschade (cm ²)	35,44 $\pm$ 12,60 (d)	17,71 $\pm$ 2,81 (cd)	7,20 $\pm$ 2,45 (b)	12,12 $\pm$ 5,64 (bc)	14,58 $\pm$ 7,63 (bc)	1,10 $\pm$ 0,50 (a)	1,55 $\pm$ 1,55 (a)	1,57 $\pm$ 0,93 (a)
Bijtschade door <i>C. scutellaris</i> (cm ²)		3,04 $\pm$ 2,65 (a)		1,84 $\pm$ 0,64 (a)		2,08 $\pm$ 2,48 (a)		0,63 $\pm$ 0,37 (a)

(1): AOCOS: controlebehandeling met 10 adulte tripsen; met schuilplaats. AOC5OS: behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats. A25C25S: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats. A5OCOS: behandeling met 50 roofmijten plus 10 adulte tripsen; met schuilplaats.

(2): AOCOX: controlebehandeling met 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. AOC5OX: behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. A25C25X: behandeling met 25 mieren plus 25 roofmijten plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats. A5OCOX: behandeling met 50 roofmijten plus 10 adulte tripsen; zonder schuilplaats.

Hierboven werden de verschillende schadeniveaus voor de verschillende behandelingen besproken. Een opmerkelijke observatie wanneer de tripsen zich konden verschuilen, was dat de spreiding van de schade op een blad bij de behandelingen met mieren, zowel afzonderlijk (AOC5OS), als in combinatie met roofmijten (A25C25S), kleiner was in vergelijking met de spreiding van de schade op een blad bij de controlebehandeling (AOCOS). In Figuur 31 is te zien hoe de schade in de behandeling met 50 werkstermieren (AOC5OS) zich hoofdzakelijk bevond in de horizontale band waar de schuilplaats werd aangebracht. In de controlebehandeling (AOCOS) was het schadepatroon meer verspreid over het hele blad. De totale schade werd gekwantificeerd door in elke rij van een rooster het aantal vakjes dat minstens 25% schade vertoonde op te tellen (zie sectie 3.4). In Figuur 32 wordt het gemiddeld aantal beschadigde vakjes weergegeven in functie van de positie (lees rij) in het rooster voor de controle (AOCOS) en de behandeling met 50 mieren (AOC5OS). Op deze dataset werd voor beide behandelingen een normaalverdeling gefit met behulp van het Levenberg-Marquardt-algoritme. De vergelijking van de gemodelleerde normaalverdeling voor de behandeling met 50 mieren wordt hieronder gegeven, samen met het gemiddelde en de standaardafwijking van deze verdeling.

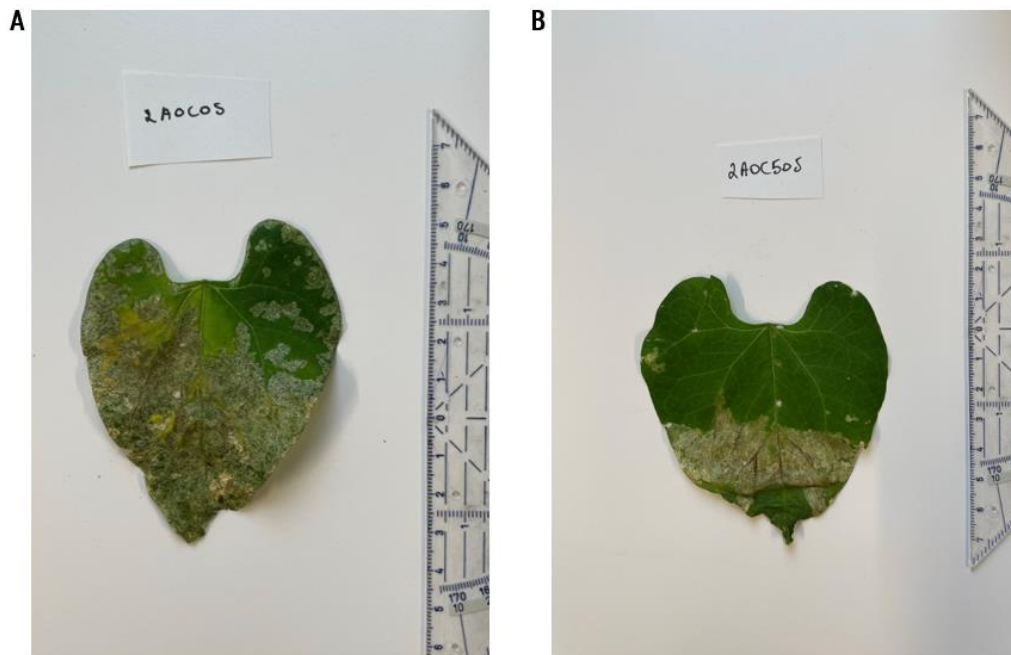
$$\varphi_1(x) = 8,6253 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-0,1652}{1,6891} \right)^2} ; \mu = 0,1652; \sigma = 1,6891$$

Voor de controlebehandeling zag de vergelijking, het gemiddelde en de standaardafwijking van de gemodelleerde normaalverdeling er als volgt uit.

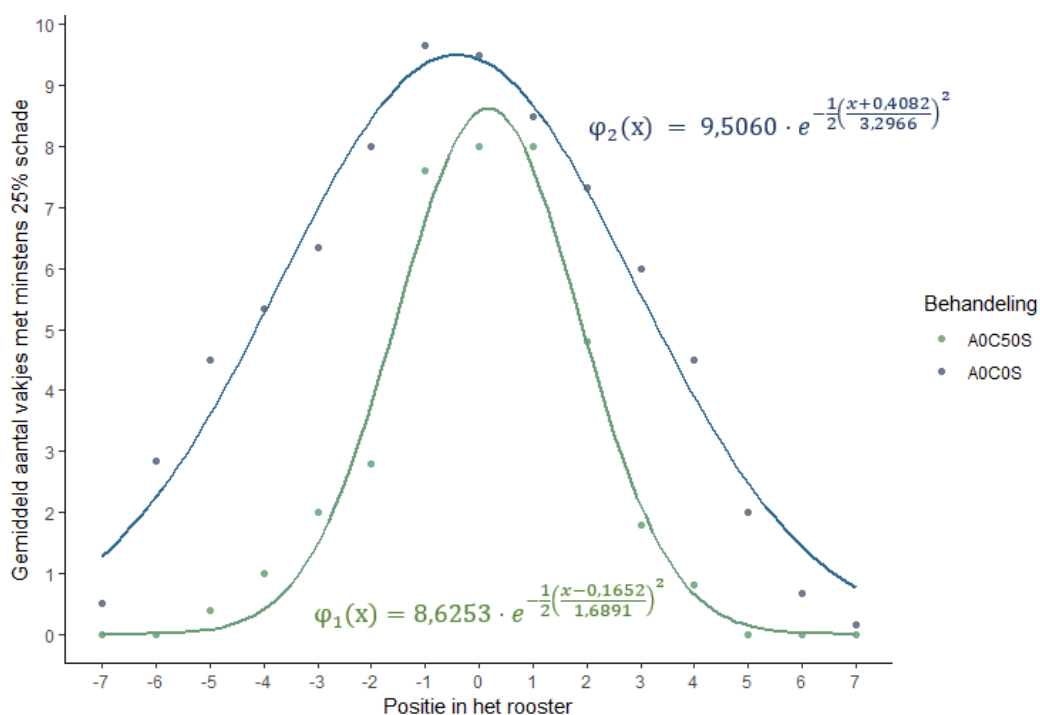
$$\varphi_2(x) = 9,5060 \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x+0,4082}{3,2966} \right)^2} ; \mu = -0,4082; \sigma = 3,2966$$

Uit bovenstaande vergelijkingen wordt op kwantitatieve wijze aangetoond dat de spreiding van de schade op een blad bij de controle ($\sigma = 3,2966$) groter was dan de spreiding bij de behandeling met mieren ($\sigma = 1,6891$). De piek van de normaalverdeling

van de controle was duidelijk scherper. Dat ook de curve voor de controlebehandeling wordt gekenmerkt door een klokvorm is te verwachten, aangezien het blad op de uiteinden minder breed is dan in het midden en er dus hoe dan ook minder beschadigde vakjes werden geteld aan de uiteinden.



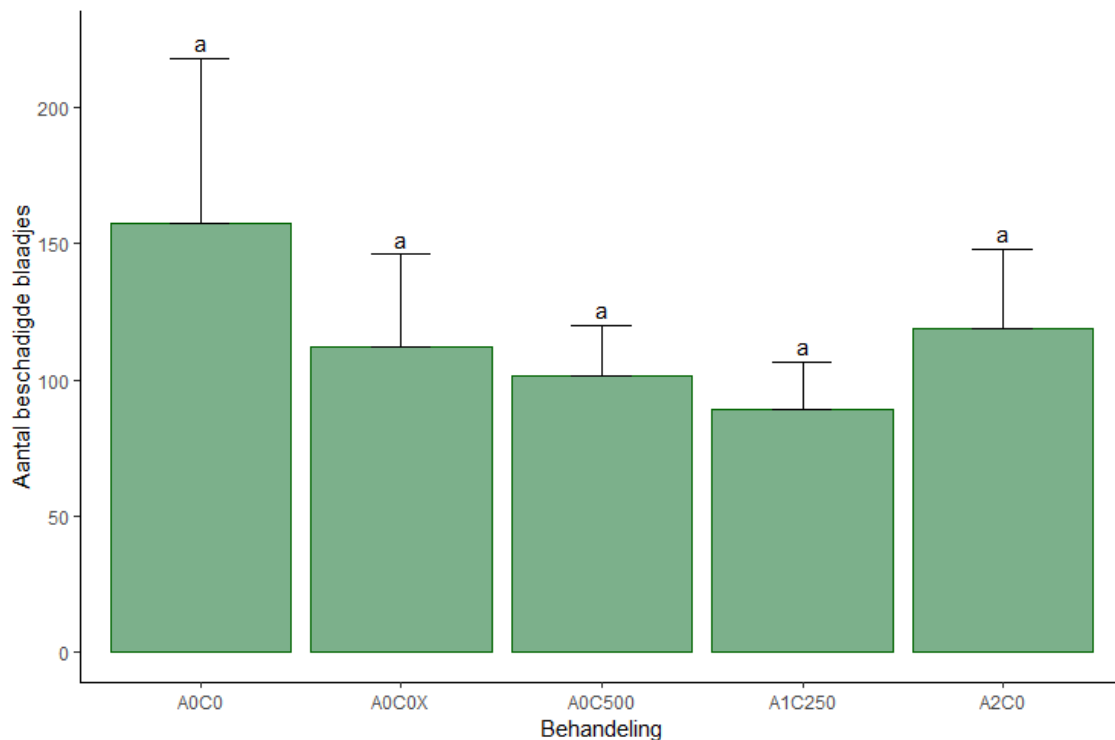
Figuur 31: A: een beschadigd bonenblad uit de controlebehandeling (AOCOS). B: een beschadigd bonenblad uit de behandeling met 50 mieren (AOC50S). De schade werd opgemeten 14 dagen na de start van de predatieproef. Het is opmerkelijk hoe de totale schade in de behandeling met 50 mieren geconcentreerd is rond de horizontale band waar de schuilplaats voor tripsen zich bevond. Bron: auteur.



Figuur 32: Het gemiddeld aantal vakjes met minstens 25% bladschade aan bonenplanten 14 dagen na de start van de predatieproef in functie van de positie (lees rij) in het rooster (vakjes 0,8 x 0,8 cm). Het gemiddelde aantal beschadigde vakjes werd per positie bepaald over de zes herhalingen heen. Het resultaat wordt weergegeven voor de controlebehandeling zonder predatoren, met schuilplaats (AOCOS) en de behandeling met 50 mieren plus 10 adulte tripsen, met schuilplaats (AOC50S). Aan de datapunten van beide behandelingen werd ook een normaalverdeling gefit aan de hand van het Levenberg-Marquardt-algoritme. Outliers werden niet verwijderd. De derde herhaling van behandeling AOC50S werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een aantal mieren waren verdronken in de proefbuis met water.

4.4 Serreproef: predatie van *Crematogaster scutellaris* en *Amblyseius swirskii* op *Frankliniella occidentalis*

In Figuur 33 is het aantal beschadigde blaadjes van de vijf chrysanten weergegeven voor de verschillende behandelingen, drie weken na de start van de proef. De data waren normaal verdeeld (*Shapiro-Wilk Test*: $p = 0,7245$; $W = 0,9723$) en de verschillende behandelingen hadden gelijke varianties (*Levene's Test*: $p = 0,252$; $F = 1,4648$; $df = 4$). Er werd een *One-way ANOVA Test* uitgevoerd om de resultaten te vergelijken. Deze test kon geen enkel significant verschil aantonen tussen de verschillende behandelingen ($p = 0,0818$; $F(4,19) = 2,445$). Bij een visuele inspectie in de serre kon geringe schade worden vastgesteld bij alle behandelingen. In Figuur 34 wordt tripsschade getoond die werd geobserveerd in de behandeling met twee kweekzakjes van *A. swirskii* (A2C0).



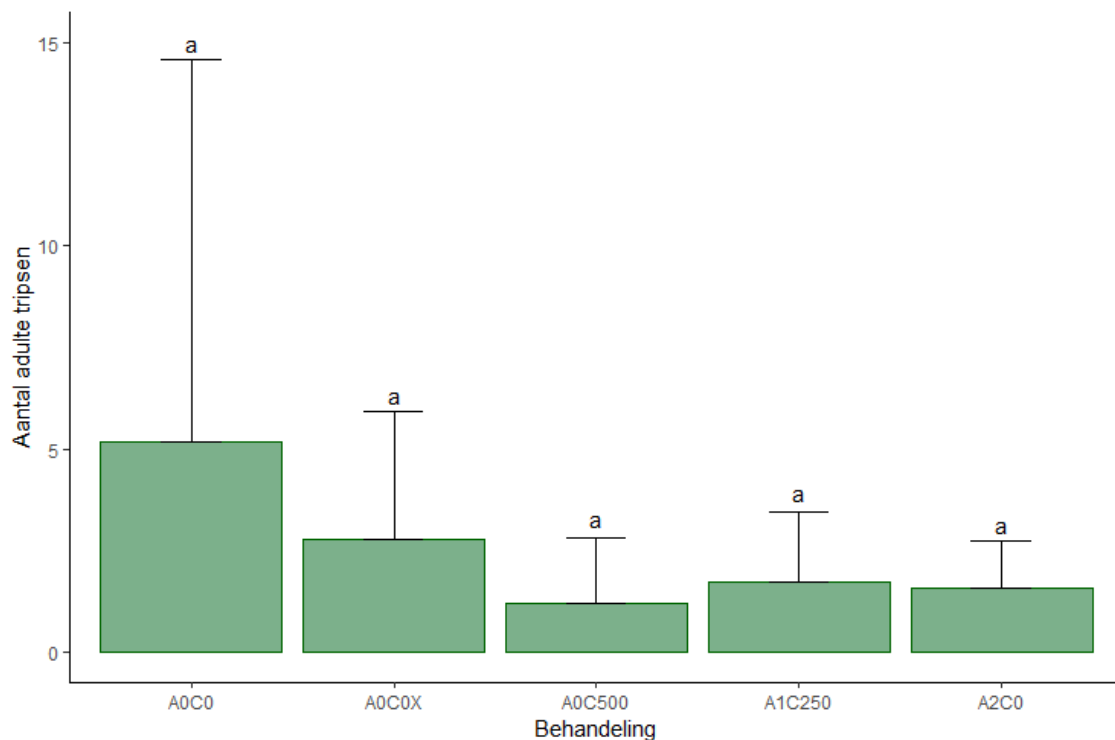
Figuur 33: Het gemiddeld aantal beschadigde blaadjes (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen, 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre. A0C0: controlebehandeling met 50 adulte tripsen. A0C0X: controlebehandeling zonder tripsen en zonder predatoren. A0C500: behandeling met 500 mieren plus 50 adulte tripsen. A1C250: behandeling met 250 mieren plus 1 kweekzakje roofmijten plus 50 adulte tripsen. A2C0: behandeling met 2 kweekzakjes roofmijten plus 50 adulte tripsen. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens de *One-way ANOVA Test*). Outliers werden niet verwijderd. De vierde herhaling van behandeling A1C250 werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een kweekzakje met roofmijten in het water terecht was gekomen.



Figuur 34: Een door tripsen beschadigd blad van een chrysant uit behandeling A2C0 (2 kweekzakjes roofmijten plus 50 adulte tripsen), 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre.

In Figuur 35 is het aantal adulte tripsen weergegeven dat 21 dagen na de start van de predatieproef werd geteld in elke behandeling. Het valt meteen op dat het aantal gevonden adulte tripsen laag is. Zelfs bij de twee controlebehandelingen, zijnde de controle met 50 uitgezette *F. occidentalis* (AOCO) en de controle zonder uitgezette tripsen (AOCOX). Hier werden respectievelijk slechts $5,2 \pm 9,4$ en $2,8 \pm 3,1$ adulte tripsen geteld. De data voor behandeling AOCOX tonen bovendien aan dat er initieel, voor de start van de proef, reeds enkele tripsen aanwezig waren op de chrysanten (zie ook Figuur 36). Het aantal tripsen in deze behandeling kan daarom aanzien worden als een maat van de achtergrondruis in elke behandeling. De data uit Figuur 35 waren volgens de *Shapiro-Wilk Test* normaal verdeeld ($p = 0,0769$; $W = 0,9109$). Uit de *One-way ANOVA Test* bleek dat er geen significante verschillen waren tussen de behandelingen ($p = 0,675$; $F(4,19) = 0,589$).

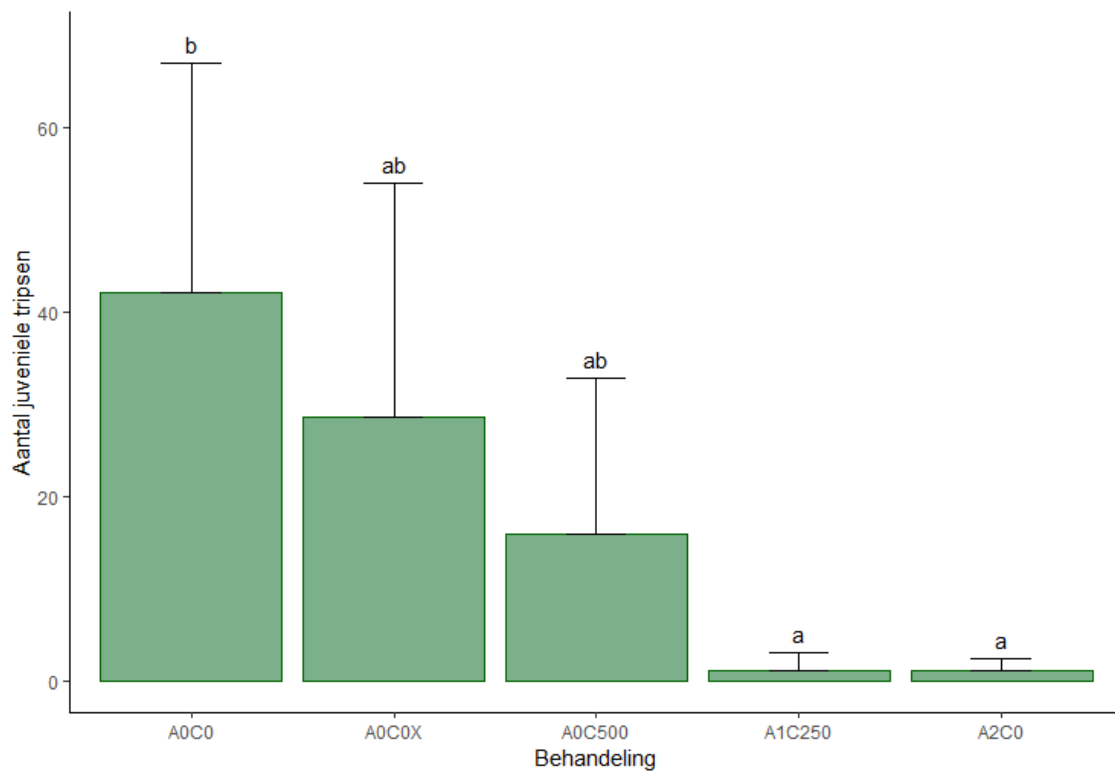
In Figuur 36 wordt het aantal juveniele tripsen 21 dagen na de start van de predatieproef weergegeven voor de verschillende behandelingen. De data waren normaal verdeeld (*Shapiro-Wilk Test*: $p = 0,4942$; $W = 0,9627$). Er werd met een *One-way ANOVA Test* aangetoond dat er significante verschillen waren tussen de behandelingen ($p = 0,0093$; $F(4,19) = 4,582$). Uit de daaropvolgende post-hoc analyse bleek dat in de behandeling met 250 werkstermieren plus 1 kweekzakje roofmijten (A1C250) en in de behandeling met 2 kweekzakjes roofmijten (A2C0) significant minder (*Tukey's Test*: respectievelijk $p = 0,0241$; diff = -40,75 en $p = 0,0155$; diff = -40,80) juveniele tripsen werden geteld dan in de controlebehandeling waarin 50 tripsen werden uitgezet (AOCO). Wanneer beide predatoren werden gecombineerd (A1C250), lag het aantal juveniele tripsen $97,61 \pm 4,12\%$ lager dan in de controlebehandeling (AOCO). In de behandeling met uitsluitend roofmijten (A2C0) was dit $97,14 \pm 3,10\%$ en in de behandeling met uitsluitend werkstermieren (AOC500) bedroeg dit $61,90 \pm 40,05\%$. Het aantal juveniele tripsen in deze laatste behandeling was niet significant verschillend met het aantal in de controle (AOCO) (*Tukey's Test*: $p = 0,1963$; diff = -26,00). Verder bleken de aantallen tripsen in de behandelingen met bestrijders (AOC500, A1C250 en A2C0) onderling niet significant verschillend te zijn van elkaar. Dit gold eveneens voor de twee controles. Het aantal juveniele tripsen in de controle met uitgezette tripsen (AOCO) en in controle zonder uitgezette tripsen (AOCOX) bleken opvallend genoeg niet significant van elkaar te verschillen (*Tukey's Test*: $p = 0,7666$; diff = -13,40).



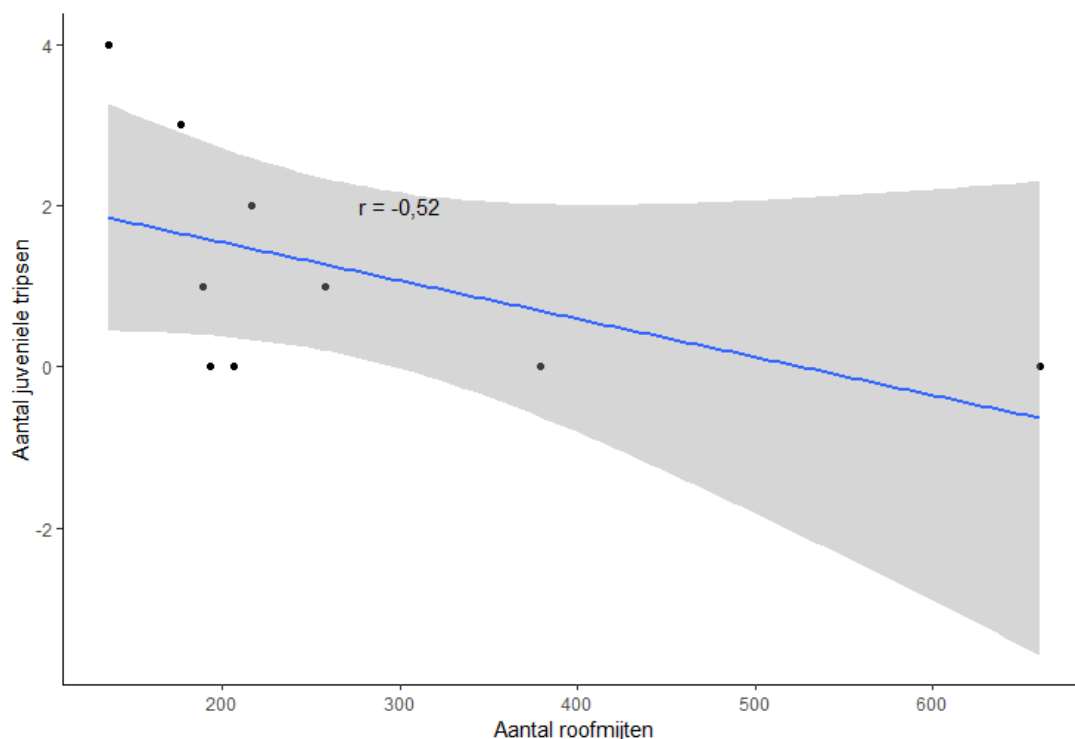
Figuur 35: Het gemiddeld aantal adulte tripsen (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre. A0C0: controlebehandeling met 50 adulte tripsen. A0C0X: controlebehandeling zonder tripsen en zonder predatoren. A0C500: behandeling met 500 mieren plus 50 adulte tripsen. A1C250: behandeling met 250 mieren plus 1 kweekzakje roofmijten plus 50 adulte tripsen. A2C0: behandeling met 2 kweekzakjes roofmijten plus 50 adulte tripsen. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens de One-way ANOVA Test). Outliers werden niet verwijderd. De vierde herhaling van behandeling A1C250 werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een kweekzakje met roofmijten in het water terecht was gekomen.

Figuur 37 geeft het verband weer tussen het aantal juveniele tripsen en het aantal roofmijten 21 dagen na de start van de predatieproef. Via lineaire regressie kon dit verband worden gevisualiseerd. De *Pearson* correlatiecoëfficiënt werd vervolgens berekend, met als resultaat een matige negatieve correlatie ($r = -0,52$). In de behandeling met één kweekzakje (A1C250) werden gemiddeld $244,75 \pm 102,5$ roofmijten teruggevonden, in de behandeling met twee kweekzakjes (A2C0) was dit gemiddeld $286,8 \pm 209,1$.

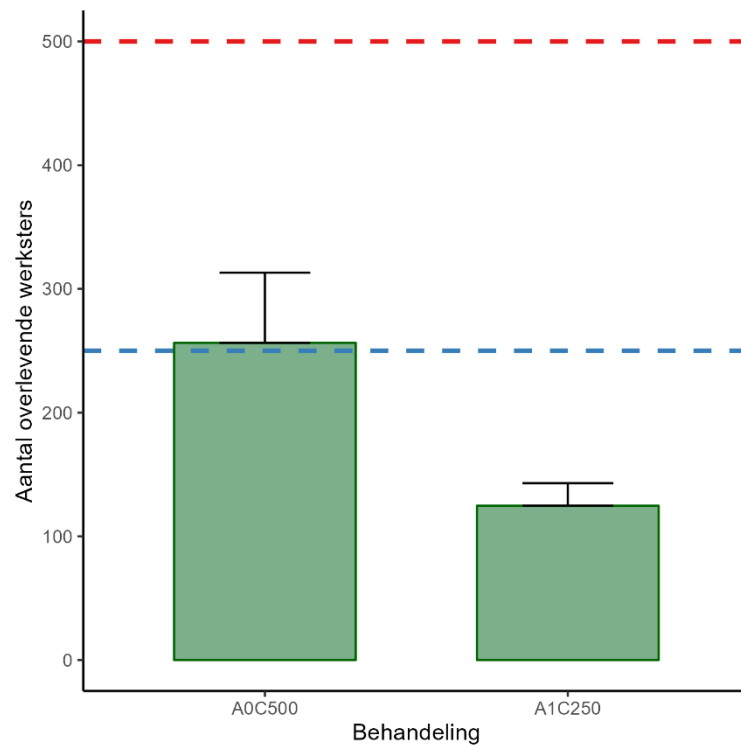
Figuur 38 geeft tot slot het gemiddeld aantal levende *C. scutellaris*-werksters weer die 21 dagen na de start van de predatieproef werden geteld in de behandeling met initieel 250 werksters (A1C250) en de behandeling met initieel 500 werksters (A0C500). Van de 250 werksters in behandeling A1C250 werden er gemiddeld $124,8 \pm 18,2$ levend teruggevonden. In de behandeling met 500 werksters (A0C500) lag dit overlevingspercentage eveneens rond de 50%. Van de 500 werksters bevonden er zich op het einde van de proef nog gemiddeld $256,4 \pm 56,8$ op het eiland met planten. Heel wat *C. scutellaris*-werksters werden dood aangetroffen in het water op de rollafels.



Figuur 36: Het gemiddeld aantal juveniele tripsen (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre. A0C0: controlebehandeling met 50 adulte tripsen. A0C0X: controlebehandeling zonder tripsen en zonder predatoren. A0C500: behandeling met 500 mieren plus 50 adulte tripsen. A1C250: behandeling met 250 mieren plus 1 kweekzakje roofmijten plus 50 adulte tripsen. A2C0: behandeling met 2 kweekzakjes roofmijten plus 50 adulte tripsen. Groepen met verschillende letters zijn significant verschillend van elkaar (volgens Tukey's Test). Outliers werden niet verwijderd. De vierde herhaling van behandeling A1C250 werd niet meegenomen in de statistische analyse, omdat een kweekzakje met roofmijten in het water terecht was gekomen.



Figuur 37: Het verband tussen het aantal juveniele tripsen en het aantal roofmijten 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre. Via lineaire regressie werd een Pearson correlatiecoëfficiënt van -0.52 bekomen. Outliers werden niet verwijderd.



*Figuur 38: Het gemiddeld aantal *C. scutellaris*-werksters (+ standaardafwijking) voor de verschillende behandelingen met mieren 21 dagen na de start van de predatieproef in de serre. A0C500: behandeling met 500 mieren plus 50 adulte tripsen. A1C250: behandeling met 250 mieren plus 1 kweekzakje roofmijten plus 50 adulte tripsen. De blauwe en rode stippellijn geven aan hoeveel werksters werden uitgezet aan de start van de predatieproef voor respectievelijk behandeling A1C250 en behandeling A0C500. Outliers werden niet verwijderd.*

5 DISCUSSIE

Bij het simultaan inzetten van meerdere biologische bestrijders in teelten, treden er interacties op tussen deze bestrijders. In voorgaand onderzoek werden tal van interacties tussen predatoren aangetoond en beschreven (Buitenhuis et al., 2010b; Ferguson & Stiling, 1996; Janssen et al., 1995; Losey & Denno, 1998; Momen & Abdel-Khalek, 2021; Wiethoff et al., 2004). Deze interacties kunnen worden ingedeeld als zijnde synergetisch, neutraal of antagonistisch. Het inzetten van mieren voor biologische bestrijding in kasteelten wordt vandaag nog niet toegepast. Dit in tegenstelling tot roofmijten die in deze teelten frequent worden gebruikt als biologische bestrijder voor veel voorkomende en moeilijk te bestrijden plaaginsecten en -mijten.

Om de interactie tussen beide types predatoren te onderzoeken werd in eerste instantie een preliminair predatie-experiment uitgevoerd op *Tetranychus urticae* met de mier *Crematogaster scutellaris*, al dan niet in combinatie met de roofmijt *Phytoseiulus persimilis*. De keuze voor *P. persimilis* en *T. urticae* is evident. Reeds heel wat studies toonden aan dat *P. persimilis* een efficiënte predator is van *T. urticae* (French et al., 1976; Opit et al., 2004; Saemi et al., 2017). In de praktijk wordt deze roofmijt dan ook veelvuldig gebruikt ter bestrijding van spintmijten (EPPO/IIBC, 2021). Wat de interactie tussen roofmijten en mieren betreft, onderzochten Otsuki en Yano (2014) reeds het effect tussen de twee op de bestrijding van spintmijten. Zij toonden aan dat de combinatie van de mier *Pristomyrmex punctatus* met de roofmijt *Neoseiulus womersleyi* voor een betere bestrijding van *Tetranychus kanzawai* zorgde in vergelijking met de afzonderlijke behandelingen. Ze verklaarden dit synergetisch effect aan de hand van conflicterende verdedigingsmechanismen die *T. kanzawai* vertoonde om te ontkomen aan predatie. Om te ontsnappen aan predatiedruk door *N. womersleyi* verliet *T. kanzawai* het web, terwijl de spintmijt juist in het web ging schuilen om *P. punctatus* te mijden.

Tijdens de preliminaire proef met *C. scutellaris*, *P. persimilis* en *T. urticae* werden geen resultaten bekomen die vergelijkbaar waren met die uit het onderzoek van Otsuki en Yano (2014). De hoge aantallen *T. urticae* wanneer *C. scutellaris* werd ingezet als bestrijder, gaven het vermoeden dat er geen predatie door *C. crematogaster* op *T. urticae* plaatsvond tijdens de duur van de proef. Deze bevinding dient met voorzichtigheid te worden aangehaald, aangezien dit niet met een performante statistische analyse kon worden onderbouwd. Dat *C. scutellaris* geen predatie vertoonde op de spintmijt, zou enerzijds te maken kunnen hebben met de relatieve grootte van de spintmijt, of anderzijds met het spinsel dat deze mijten aanleggen op het plantenoppervlak. De kleine afmetingen van de spintmijten zouden het lokaliseren en het vangen van deze plaagorganismen kunnen hebben bemoeilijkt voor de werkstermieren. Verder zou het door *T. urticae* geproduceerde web er dan weer voor kunnen gezorgd hebben dat *C. scutellaris* de spintmijten niet kon benaderen. Dit werd bovendien ook waargenomen tijdens de preliminaire proef. Werkstermieren leken over het web heen te lopen, terwijl spintmijten zich veilig in het web bevonden.

Op basis van deze resultaten, die niet in lijn lagen met de resultaten van het onderzoek door Otsuki en Yano (2014), werd besloten niet verder te werken met *T. urticae* en *P. persimilis* om onderzoek te doen naar de interactie tussen mieren en roofmijten. In plaats daarvan werden er predatieproeven uitgevoerd met *C. scutellaris* als mier, *Amblyseius swirskii* als roofmijt en *Frankliniella occidentalis* als prooi. Eeckhout (2022) stelde vast dat een synergetisch effect op de bestrijding van deze trips werd bekomen wanneer beide predatoren simultaan werden ingezet.

Als eerste werd tijdens de predatieproeven onderzocht welk stadium van *F. occidentalis* de twee predatoren prefereerden. Uit deel 1 van experiment 1 met *C. scutellaris*, *A. swirskii* en *F. occidentalis*, bleek dat de werkstermieren niet jaagden op tripsnimfen. Het is mogelijk dat *C. scutellaris*-werksters het moeilijk hebben om deze kleine prooien te detecteren waardoor, zoals eerder aangehaald, ook *T. urticae* niet ten prooi viel aan de werkstermieren. Dit bleek ook uit observaties, waarbij te zien was hoe mieren telkens over de kleine nimfen heen liepen zonder er aandacht aan te geven. Er werden geen studies gevonden die onderzochten of *C. scutellaris* specifiek tripsnimfen aanvalt of gebruikt als prooi. Er werden daarentegen wel studies uitgevoerd met andere mieren waaruit bleek dat zij wel nimfen van tripsen aanvielen. Vooral kleinere mierensoorten werden gerapporteerd als predator van tripsen (Sabelis & Van Rijn, 1997). Reimer (1988) suggereerde dat een andere mierensoort uit de onderfamilie van de Myrmicinae, *Pheidole megacephala* (Fabricius) een invloed had op de mortaliteit van de trips *Liothrips urichi* (Karny), nadat hij *P. megacephala* de nimfen

van *L. urichi* zag meenemen. Ook de mier *Wasmannia auropunctata* (Roger) werd gespot tijdens het transporteren van juveniele *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Callan, 1943). Wanneer de tripsnimfen enkel werden behandeld met roofmijten (behandeling A50CON in onze proef) konden zij het aantal tripsnimfen niet significant reduceren ten opzichte van de controlebehandeling (AOCON). Dit is opmerkelijk aangezien *A. swirskii* commercieel ook wordt gebruikt voor de bestrijding van de nimfen van *F. occidentalis* (Biobest, z.d.). Ook andere studies toonden aan dat *A. swirskii* tripsnimfen eet (Buitenhuis et al., 2010b; Dalir et al., 2021; Ghasemzadeh et al., 2017; Wimmer et al., 2008; Xu & Enkegaard, 2010). Wimmer et al. (2008) vermeldten wel dat voornamelijk het eerste nimfstadium (N1) van *F. occidentalis* wordt belaagd door *A. swirskii* en nauwelijks deze van het tweede stadium (N2). Hetzelfde werd ook vastgesteld voor de roofmijten *N. barkeri* en *A. cucumeris* (Bakker & Sabelis, 1989). N1-nimfen zouden gevoeliger zijn aan predatie door Phytoseiidae-mijten, omdat ze kleiner zijn en zich dus minder goed kunnen verdedigen door te bewegen met hun abdomen (Sabelis & Van Rijn, 1997). Xu en Enkegaard (2010) toonden wel aan dat *A. swirskii*, weliswaar in mindere mate, ook predeert op N2-nimfen van *F. occidentalis*. Het is mogelijk dat de nimfen gebruikt in experiment 1 zich voornamelijk in het N2-nimfstadium bevonden, waardoor er een beperkter effect werd waargenomen in dit experiment. Figuur 27 toont daarnaast aan dat de behandeling met uitsluitend roofmijten (A50CON) wel voor een geringe reductie (36% afname ten opzichte van de controlebehandeling (AOCON)) van het aantal tripsnimfen kon zorgen. Een andere verklaring voor het niet-significant effect ten opzichte van de controlebehandeling kan de korte duur van de proef zijn. De roofmijten kregen slechts twee dagen tijd om de tripsnimfen te bestrijden. Deze periode was mogelijk te kort voor de roofmijten om te wennen aan de testomgeving en om een effectieve bestrijding te kunnen leveren. Echter toonden Wimmer et al. (2008) wel aan dat wanneer *A. swirskii* samen met N1-nimfen in een acrylkooi werden geplaatst, deze al na ongeveer vijftien minuten werden aangevallen. De roofmijten werden in die proef wel gedurende 24 uur uitgehongerd. Verder was het aantal tripsen op het einde van de proef in de behandeling met 25 mieren en 25 roofmijten (A25C25N) niet significant verschillend van het aantal in de behandeling met 50 roofmijten (A50CON). Aangezien aangetoond werd dat mieren de tripsnimfen niet aanvielen, kan voorzichtig worden gesteld dat het aantal ingezette roofmijten (25 of 50) geen invloed had op de effectiviteit van bestrijding van tripsnimfen door *A. swirskii*. Dit veronderstelt dan wel de afwezigheid van een synergetische interactie tussen mieren en roofmijten bij predatie op dit levensstadium. Dit zal enkel zo zijn als de aanwezigheid van werkstermieren de predatiesnelheid van *A. swirskii* op *F. occidentalis* niet beïnvloedt.

In deel 2 waarbij predatie op tripspoppen werd onderzocht, werd aangetoond dat zowel *C. scutellaris* als *A. swirskii* jaagden op poppen. Bovendien bleek dat er in de behandeling met 25 werksters plus 25 roofmijten (A25C25P) significant minder tripspoppen werden aangetroffen in vergelijking met de behandeling met 50 roofmijten (A50COP). Dit suggereert dat 25 mieren de tripspoppen effectiever konden bestrijden in de testarena dan 25 roofmijten. Het vervangen van 25 roofmijten door 25 mieren resulteerde immers in een betere bestrijding van tripspoppen. Dit wordt dan weer tegensproken door het gebrek aan significantie tussen de behandeling met 50 werksters (A0C50P) en de behandeling met 50 roofmijten (A50COP). Het is moeilijk te zeggen waarom mieren niet op tripsnimfen jagen, maar wel op tripspoppen (die in feite de weinig mobiele laatstestadiumnimfen zijn). In tegenstelling tot jonge tripsnimfen (zeker N1-nimfen) zijn tripspoppen wat groter, waardoor mieren deze mogelijk wel efficiënt kunnen lokaliseren en vangen. Bovendien zijn poppen vrijwel immobiel waardoor ze moeilijk kunnen ontsnappen aan predatoren (zie sectie 2.4.1). Er kon geen onderzoek worden teruggevonden dat naging of *C. scutellaris* en *A. swirskii* jagen op poppen van *F. occidentalis*. Ghasemzadeh et al. (2017) toonden wel aan dat *A. swirskii* jaagde op poppen van de trips *Echinothrips americanus* (Morgan). De predatiesnelheid op deze poppen was echter aanzienlijk lager dan die op de N2-nimfen en zeker dan die op de N1-nimfen. Het is echter belangrijk om op te merken dat in praktijksituaties zowel *C. scutellaris* als *A. swirskii* poppen van *F. occidentalis* veel minder frequent zullen tegenkomen omdat deze zich vaak ophouden in de strooisellaag of het substraat (zie sectie 2.4.1).

De resultaten uit deel 3 van experiment 1 tonen aan dat roofmijten niet jaagden op adulte tripsen. Roofmijten zijn relatief klein en hebben daardoor vaak moeilijkheden om grotere prooien zoals adulte tripsen te belagen. Daarnaast vertonen tripsen ook vluchtgedrag door weg te vliegen en te springen wanneer ze worden verstoord door predatoren (Gillespie, 1989; Kajita, 1986). *Crematogaster scutellaris* daarentegen lijkt wel te jagen op adulte tripsen, ook wanneer deze generalist wordt gecombineerd met roofmijten. *Crematogaster scutellaris* werd dus niet gehinderd of afgeleid door *A. swirskii* bij predatie op adulte tripsen. Doordat er geen significant verschil in aantal levende adulte tripsen werd opgemeten tussen de behandeling met 50 werkstermieren

(AOC50A) en de combinatie van 25 werkstermieren met 25 roofmijten (A25C25A), zou kunnen worden gesteld dat 50 mieren even effectief waren als 25 mieren bij het bestrijden van dit tripsstadium in de testarena. Everaert (2021) toonde aan dat *C. scutellaris* ook enkel jaagde op adulte kaswittevlies (*T. vaporariorum*), terwijl nimfen amper werden bestreden. Hij suggereerde dat *C. scutellaris* moeilijkheden had om nimfen van *T. vaporariorum* te detecteren op de waardplant. In de literatuur werd nog niet onderzocht of bepaalde mierensoorten specifiek adulte tripsen bejagen. Er wordt doorgaans algemeen gesproken van predatie op tripsen. Zo werd in eerdere masterproeven reeds aangetoond dat de populatiedensiteit van *F. occidentalis* werd gereduceerd door *C. scutellaris* (Eeckhout, 2022; Everaert, 2021; Van Butsele, 2020). Voor de wevermier *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) werd aangetoond dat ze jaagden op de trips *S. rubrocinctus* in mangoplantages (Peng & Christian, 2004). Er werden ook minder *Thrips parvispinus* (Karny) en *Thrips palmi* (Karny) geteld op watermeloen- en chiliplanten, wanneer er meer vuurmieren van het genus *Solenopsis* aanwezig waren (Nurariaty et al., 2020).

Aan de hand van experiment 1 kan dus worden verondersteld dat *C. scutellaris* voornamelijk het volwassen en het popstadium van *F. occidentalis* aanvalt, terwijl *A. swirskii* eerder jaagt op de poppen en (jonge) nimfen (hoewel minder duidelijk aangetoond in dit experiment, zie ook serreproef). Het combineren van beide predatoren zorgde er dus voor dat predatiedruk ontstaat op zowel de nimfen, de poppen, als de adulten van *F. occidentalis*. Deze bevindingen zouden hypothese 1 kunnen ondersteunen, namelijk dat door het combineren van *C. scutellaris* met *A. swirskii* de bestrijding van *F. occidentalis* effectiever verloopt omdat de predatoren de voorkeur geven aan verschillende levensstadia van *F. occidentalis*. Uit Figuur 27C blijkt wel dat bij een combinatie van 25 *C. scutellaris*-werksters en 25 *A. swirskii*-roofmijten niet elk stadium van *F. occidentalis* even effectief wordt bestreden. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen bij welke samenstelling de combinatie van *C. scutellaris* en *A. swirskii* het meest succesvol is. Bovendien stelt zich ook de vraag of het noodzakelijk is dat deze combinatie van predatoren elk tripsstadium even goed bestrijdt. Tot slot, werd tijdens experiment 1 geen onderzoek uitgevoerd naar het predatiepotentieel van deze twee predatoren op het eistadium van *F. occidentalis*.

Eeckhout (2022) toonde in een identieke testarena zoals gebruikt in deel 1 van experiment 2 aan dat de combinatie van 25 *C. scutellaris* en 25 *A. swirskii* het aantal *F. occidentalis* verder kon doen afnemen dan een behandeling met enkel 25 of 50 *A. swirskii*. In het huidig onderzoek kon echter geen significant verschil worden aangetoond tussen de behandelingen (met of zonder schuilplaats) met 25 werksters plus 25 roofmijten (A25C25X en A25C25S) en de behandeling met 50 roofmijten (A50C0X en A50C0S). In de proefopzet van het onderzoek door Eeckhout (2022) en het huidig onderzoek waren een aantal verschillen die hiervoor een verklaring kunnen zijn. Zo verliep haar proef over een periode van 21 dagen in plaats van 14 dagen in onze proef. Uit de populatiecurve van *F. occidentalis* die door Eeckhout (2022) werd opgesteld, kan worden afgeleid dat de periode tussen dag 14 en dag 21 gekenmerkt wordt door een hogere aanwezigheid van het popstadium in vergelijking met het nimfstadium en het volwassen stadium. Uit de resultaten van ons onderzoek bleek dat het popstadium net het stadium is dat het best werd bestreden door de combinatie van de twee predatoren (Figuur 27). Daarnaast werd bij Eeckhout (2022) als waardplant gebruik gemaakt van een bonenplant met twee bladeren in plaats van één blad. Een groter oppervlak zorgt voor een lagere densiteit aan predatoren per oppervlakte-eenheid waardoor de contactfrequentie waarschijnlijk lager lag. Bovendien werd er in haar proef geen rekening gehouden met het feit of *F. occidentalis* zich al dan niet kon verschuilen. Wanneer een bonenblad zich tegen de wand van de testarena aandrukt, ontstaat er een nauwe ruimte waarin *F. occidentalis* zich verschuilt en die niet toegankelijk is voor *C. scutellaris*. In het onderzoek van Eeckhout (2022) werd de aanwezigheid van een schuilplaats niet opgenomen als variabele tijdens de analyse van de data. Huidig onderzoek toonde aan dat er een significant effect was van de schuilplaats op de bestrijding van *F. occidentalis* bij het behandelen met zowel *C. scutellaris* als met *A. swirskii* (Figuur 30). In haar proef toonde ze ook aan dat 50 werksters even effectief waren als de combinatie van 25 werksters met 25 roofmijten. In het huidig onderzoek waren de resultaten verschillend. Ook hier zou enerzijds het kleiner bladoppervlak, als anderzijds, het niet opmeten van de variabele 'schuilplaats' een verklaring kunnen zijn. Wanneer de tripsen zich niet konden verschuilen was in ons onderzoek de behandeling met 50 mieren (AOC50X) meer efficiënt dan de behandeling waarin ze werden gecombineerd met roofmijten (A25C25X). Tijdens observaties werd waargenomen dat mieren vrijwel meteen de geïntroduceerde adulte tripsen aanvielen. Zij konden zich nergens verschuilen en kregen wellicht geen opportuniteit om ovipositie te initiëren. In tegenstelling tot de proef zonder schuilplaats bleek bij de proef met schuilplaats dat 50 werksters (AOC50S) minder goed presteerden dan de twee andere predatorbehandelingen (A25C25S en

A50C0S). Waarschijnlijk zorgt de schuilplaats ervoor dat mieren niet langer in staat zijn de tripsen, die zich schuilhouden in de artificiële schuilplaats, te belagen. Dit in tegenstelling tot de andere twee behandelingen waarbij telkens ook roofmijten aanwezig waren met afmetingen die hen toelieten om ook in de schuilplaats te jagen. Sabelis en Van Rijn (1997) stelden dat Phytoseiidae-mijten vaak kleiner zijn dan tripsen, waardoor deze roofmijten ook kunnen jagen op tripsen op plaatsen die onbereikbaar zijn voor andere predatoren. Dergelijk synergetisch effect, waarbij één predatorsoort jaagt op een plaats die door een andere predatorsoort niet wordt bejaagd, werd ook waargenomen door Losey en Denno (1998) bij roofkevers. Zij toonden aan dat bladluizen die zich laten vallen om te ontkomen aan het lieveheersbeestje *C. septempunctata*, op die manier ten prooi vallen van de bodembewonende loopkever *H. pennsylvanicus*. Wiethoff et al. (2004) probeerden de bestrijding van *F. occidentalis* te optimaliseren door combinatie van de roofmijt *N. cucumeris* met de bodembewonende roofmijt *G. aculeifer*. Deze combinatie kon echter niet voor een betere bestrijding zorgen dan een behandeling met uitsluitend *N. cucumeris* als bestrijder. Ze probeerden via het combineren van predatoren eveneens verschillende tripsstadia te viseren (cfr. experiment 1). *Neoseiulus cucumeris* valt normaal gezien de tripsnymphen aan op de plant, terwijl *G. aculeifer* de tripspoppen in de strooisellaag zou belagen. Eerder kwam ook het onderzoek van Otsuki en Yano (2014) aan bod waarin de combinatie van de mier *P. punctatus* en de roofmijt *N. womersleyi* voor een goede bestrijding van *T. kanzawai* zorgde, terwijl de predatoren afzonderlijk nauwelijks effect hadden als gevolg van een vluchtrespons van *T. kanzawai*. Algemeen kan wordt gesteld dat de vluchtrespons als gevolg van de aanwezigheid van een tweede predatorsoort, de ontmoetingskans met een andere predatorsoort kan verhogen (Losey & Denno, 1999). Er kan worden geconcludeerd dat de combinatie van 25 werksters met 25 roofmijten een betere bestrijding levert dan 50 werksters bij de aanwezigheid van een schuilplaats. De data zijn echter te beperkt om te beantwoorden of *A. swirskii* nu ook efficiënter jaagt door de aanwezigheid van *C. scutellaris* om zo de uitspraak van Losey en Denno (1999) te onderbouwen. Om het voorgaande na te gaan zou het interessant zijn om verder te onderzoeken of de combinatie van 25 werksters met 25 roofmijten effectiever zou zijn dan een behandeling met 25 roofmijten. Een mogelijke piste hierbij is het onbruikbaar maken van de mandibulae van de 25 werkstermieren zodat de kans dat ze tripsen verwonden of doden vele malen kleiner wordt. Zo kan enkel het effect van de aanwezigheid van *C. scutellaris* op de predatie-efficiëntie van *A. swirskii* worden nagegaan. Figuur 30 doet echter vermoeden dat 25 roofmijten minder effectief zullen zijn dan de combinatie van 25 werksters met 25 roofmijten, aangezien deze laatstgenoemde behandeling de enige was die even goed presteerde in de situatie met schuilplaats als zonder schuilplaats.

Het is merkwaardig dat de totale bijt- en zuigschade veroorzaakt door tripsen en mieren samen, hetgeen een relevante schatting geeft van de schade veroorzaakt door tripsen, algemeen groter is bij de proef met schuilplaats in vergelijking met de proef zonder schuilplaats. Dit was zowel het geval in de behandelingen met predatoren als bij de controles zonder predatoren. Tripsen lijken dus meer schade aan te richten wanneer ze beschikken over een schuilplaats. Een andere reden kan zijn dat bij de behandeling met schuilplaats meer gaatjes werden gebeten door mieren, om zo toegang te krijgen tot de ruimte achter het blad. De behandeling met 50 werksters kon bij de afwezigheid van een schuilplaats (A0C50X), de schade beperken (tot 1,10 cm²) en scoorde hierbij even goed als de combinatie van 25 werksters met 25 roofmijten (A25C25X) of de behandeling met 50 roofmijten (A50C0X). Dit was in tegenstelling tot de proef met schuilplaats (A050S) waar 50 werksters er niet in slaagden de schade te drukken, terwijl de andere twee behandelingen (A25C25S en A50C0S) dit wel konden. Er kan dus worden gesteld dat mieren de tripsen die zich in de schuilplaats bevonden niet konden aanvallen, waardoor ze de zuigschade aan het blad niet konden beperken.

Daarnaast was het ook opvallend dat de zuigschade veroorzaakt door tripsen bij de aanwezigheid van 50 werkstermieren en een schuilplaats (A0C50S) zich concentreerde in deze schuilplaats, terwijl de schade op het blad bij de controlebehandeling met schuilplaats (A0C0S) meer verspreid was. Er kan worden verondersteld dat mieren door hun aanwezigheid ervoor zorgden dat tripsen naar de schuilplaats worden gedreven. Janssen et al. (1998) zouden het gedrag van deze tripsen categoriseren als anti-predator gedrag (*avoidance of predation*). Ook Hast (2022) kon vluchtgedrag observeren bij *F. occidentalis* bij de aanwezigheid van *C. scutellaris*. Verschillende mechanismen zouden kunnen verklaren hoe tripsen worden getriggerd om op de vlucht te slaan voor mieren. Tripsen kunnen onder andere worden opgeschrikt door fysiek contact met werksters. Tijdens observaties kon worden waargenomen hoe adulte tripsen chaotisch op de vlucht sloegen na contact met een werkstermier. Daarnaast laten mieren ook feromoonsporen achter op het blad. Deze sporen kunnen een afwerende werking hebben op *F. occidentalis*. Er wordt steeds vaker aangetoond dat door mieren achtergelaten feromonen op bladeren bepaalde herbivoren kunnen afweren, zelfs wanneer de mieren

niet meer aanwezig zijn (Offenberg, 2014). Smargiassi et al. (2023) toonden aan dat de boorvlieg *C. capitata* pruimen meed die eerder werden blootgesteld aan *C. scutellaris*. Wanneer deze pruimen toch werden bezocht, bleven de vliegen minder lang op de vrucht zitten, met een lagere ovipositiesnelheid en dus minder nakomelingen als gevolg. In een gelijkaardige studie werd aangetoond dat de kever *R. wallacei* terughoudend was om zich te voeden met bladeren die eerder werden blootgesteld aan de mier *O. smaragdina* (Offenberg et al., 2004a; Offenberg et al., 2004b). Uit de keuzetest van Everaert (2021) bleek echter wel dat adulten van de kaswittevlug *T. vaporariorum* planten waarop *C. scutellaris* eerder foerageerde niet meden. Hij vermeldde echter wel dat het experiment mogelijk niet optimaal verliep. Met een keuze-experiment zou kunnen worden onderzocht of *F. occidentalis* planten vermijdt die eerder door *C. scutellaris* zijn bezocht.

Experiment 2 leert dat *C. scutellaris* bij de bestrijding van *F. occidentalis* kan worden gehinderd door de aanwezigheid van een schuilplaats voor deze trips. Door de hulp van *A. swirskii* kunnen deze voor *C. scutellaris* onbereikbare plaatsen toch worden bejaagd. Hierdoor kan waarschijnlijk een synergetisch effect worden verkregen wanneer *C. scutellaris* en *A. swirskii* gecombineerd worden ingezet voor de bestrijding van *F. occidentalis*. Deze conclusie beschrijft precies wat in hypothese 2 werd verondersteld. Daarnaast stelde deze hypothese dat roofmijten efficiënter tripsen zouden bestrijden in aanwezigheid van mieren. Onze onderzoeksresultaten konden deze veronderstelling echter niet bevestigen. Sih et al. (1998) stelden wel dat als gevolg van de vluchtrespons voor de ene predatorsoort het risico kan stijgen om ten prooi te vallen van de andere predatorsoort. Ook Janssen et al. (1998) stelden dat een prooi vaak schuilt voor een eerste predatorsoort, waardoor ze kwetsbaarder wordt voor predatie door een andere predatorsoort die in de schuilplaats jaagt.

Het is belangrijk om te vermelden dat de bevindingen uit de laboproeven (experiment 1 en 2) niet zomaar mogen worden geëxtrapoleerd naar praktijkomstandigheden. In de laboproeven werd bovendien veel variatie vastgesteld. Om de bewijskracht van deze proeven te verbeteren en de variabiliteit van de resultaten te verlagen zou kunnen worden geopteerd om het aantal herhalingen op te trekken. Dit vraagt echter een grote logistieke inspanning. Een andere meer plausibele optie is om het gebruikte aantal tripsen zowel bij experiment 1 als bij experiment 2 op te drijven. Er zal dan bovendien moeten worden beoordeeld of de predatoraantallen ook moeten worden aangepast.

Tot slot werd de interactie tussen *C. scutellaris* en *A. swirskii* onderzocht in een proefopzet die dichter aanleunt bij praktijkomstandigheden. In de serreproef werden een aantal onverwachte resultaten bekomen. Bij de controlebehandeling waar initieel 50 adulte tripsen werden uitgezet per eiland (AOCO), werden 21 dagen later slechts ca. 5 adulte tripsen teruggevonden. Dit wijst erop dat weinig uitgezette adulte tripsen de 21 dagen durende serreproef overleefden of dat weinigen hiervan de levenscyclus succesvol hadden verdergezet. Het is mogelijk dat *F. occidentalis* de aangeboden chrysanten niet zag als een geschikte waardplant om zich te voeden en om hierin eitjes af te leggen. Als gevolg hiervan zouden de tripsen kunnen zijn verhongerd of na de introductie kunnen zijn verdrongen in het water op de rollafels, tijdens hun zoektocht naar een betere waardplant. Onafhankelijk van de reden voor de mislukte introductie van *F. occidentalis*, zou dit in toekomstig onderzoek kunnen worden vermeden door *F. occidentalis* voorafgaand op te kweken met chrysanten als waardplant. Bij de controlebehandeling waar geen predatoren of geen adulte tripsen werden uitgezet (AOCOX) werden 21 dagen na de start van de predatieproef ca. 3 adulte en ca. 29 juveniele tripsen geteld. Dit bewijst dat er reeds voor de start van de proef een tripspopulatie (met voornamelijk juveniele tripsen) aanwezig was op de chrysanten. Aangezien er geen significant verschil in aantal juveniele tripsen kon worden aangetoond tussen de controlebehandeling met 50 adulte tripsen (AOCO) en de controlebehandeling zonder tripsen (AOCOX), doet dit vermoeden dat in de proef voornamelijk gebruik werd gemaakt van deze reeds aanwezige tripspopulatie. Uit beide controlebehandelingen (AOCO en AOCOX) blijkt ook dat er voornamelijk tripsnimfen aanwezig waren op de chrysanten. In combinatie met de bevindingen uit experiment 1, namelijk dat *C. scutellaris*-werksters nauwelijks jagen op nimfen van *F. occidentalis*, lijkt het dus logisch dat werksters (in behandeling AOC500) er niet in slaagden het aantal juveniele tripsen te reduceren. Ook het aantal adulte tripsen werd niet significant gereduceerd door 500 werksters. Hierbij dient te worden vermeld dat significantie moeilijk kon worden aangetoond door het kleine aantal adulte tripsen in elke behandeling. Desondanks ligt dit resultaat in lijn met de bevindingen van experiment 2. De adulte tripsen die werden teruggevonden in de behandeling met 500 mieren, zouden zich mogelijk hebben verscholen in schuilplaatsen op de waardplant. De behandelingen waarin roofmijten werden

ingezet (A1C250 en A2C0) konden het aantal juveniele tripsen wel reduceren ten opzichte van de controlebehandeling met 50 tripsen (AOC0). Dit toont net als experiment 1 aan dat roofmijten juveniele tripsen goed kunnen bestrijden. Daarnaast kon door het aantal beschadigde blaadjes te tellen geen onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende behandelingen. Enerzijds, komt dit door het relatief laag aantal tripsen als gevolg van een mislukte introductie, anderzijds werd het vaststellen van tripsschade bemoeilijkt door ontkleuring na bewaring in de ethanol/water-oplossing (70%/30%). Tot slot, was het aantal levende *C. scutellaris*-werksters die op het einde van de proef werden teruggevonden in elke behandeling gehalveerd. Waarschijnlijk verdronken heel wat mieren in het water op de roltafels of raakten ze vast in de vochtige watten tijdens het foerageren.

Uit de resultaten van de serreproef kan worden besloten dat roofmijten in staat waren het aantal juveniel tripsen significant te reduceren. Ze werden hierbij niet gehinderd door de aanwezigheid van *C. scutellaris*-werksters. Ook Hast (2022) toonde in een laboproef en een serreproef aan dat de combinatie van *C. scutellaris* met de gaasvlieg *C. carnea* geen antagonistisch effect had op de bestrijding van de rups *S. littoralis*. Het voorgaande is van belang aangezien bij de combinatie van predatoren de bestrijding ook minder efficiënt zou kunnen verlopen. Zo zijn de roofmijten *A. swirskii* en *N. cucumeris intraguild* predatoren van elkaar, waardoor biologische bestrijding van *F. occidentalis* wordt bemoeilijkt (Buitenhuis et al., 2010b).

6 CONCLUSIE

In de literatuur werden reeds tal van mechanismen voorgesteld die synergetische effecten bij het combineren van predatoren kunnen verklaren. Het doel van deze masterproef was om, door middel van twee hypothesen, het mechanisme achter de interactie tussen de mier *C. scutellaris* en de roofmijt *A. swirskii* bij predatie op *F. occidentalis* verder te onderzoeken. De eerste hypothese stelde dat beide predatoren complementair zijn omdat ze op verschillende stadia van *F. occidentalis* jagen. De tweede hypothese suggereerde dat mieren tijdens de jacht op *F. occidentalis* worden gehinderd door de aanwezigheid van voor hen onbereikbare schuilplaatsen, terwijl roofmijten wel kunnen jagen in deze schuilplaatsen. Daarnaast werd verondersteld dat roofmijten efficiënter kunnen jagen op *F. occidentalis* door de aanwezigheid van mieren. Dit omdat mieren de tripsen naar schuilplaatsen drijven, waardoor roofmijten over een minder grote oppervlakte hoeven te foerageren.

De resultaten van experiment 1 ondersteunden hypothese 1. Zo predeert de mier *C. scutellaris* voornamelijk op tripspoppen en tripsadulten, waarbij het aantal poppen en adulten in onze proef respectievelijk gemiddeld 87,50% en 67,31% lager lag dan het aantal in de respectievelijke controle. *Crematogaster scutellaris* jaagt zelden op tripsnimfen, omdat deze waarschijnlijk te klein zijn. *Amblyseius swirskii* jaagt bij voorkeur op tripspoppen (gemiddelde afname van 67,19%), maar ook op tripsnimfen (gemiddelde afname van 36,07%). De roofmijt jaagt zelden op adulte tripsen, waarschijnlijk omdat ze te groot zijn en goed kunnen vluchten of zichzelf goed kunnen verdedigen. Bij combinatie van *C. scutellaris* en *A. swirskii* kan elk levensstadium van *F. occidentalis* worden bestreden. Dit verklaart de complementariteit van beide predatoren en het synergetisch bestrijdingseffect op de Californische trips *F. occidentalis*.

Met betrekking tot hypothese 2 kan worden geconcludeerd dat predatie door *C. scutellaris* wordt gehinderd door de aanwezigheid van schuilplaatsen voor *F. occidentalis*. Wanneer *C. scutellaris* in combinatie met *A. swirskii* wordt ingezet, kan dit probleem worden verholpen omdat *A. swirskii* wel kan foerageren in deze kleine schuilplaatsen. Hierdoor kan de combinatie van beide predatoren ervoor zorgen dat het aantal *F. occidentalis*, maar ook de veroorzaakte bladschade afneemt, zelfs wanneer een schuilplaats aanwezig is. Ook bleek uit de spreiding van de bladschade dat de aanwezigheid van *C. scutellaris* ervoor zorgt dat *F. occidentalis* zich gaat verschuilen. Daardoor kan *A. swirskii* mogelijk efficiënter foerageren. Verder onderzoek zal dit echter nog moeten bevestigen.

Deze masterproef vond argumenten die hypothese 1 en hypothese 2 (gedeeltelijk) ondersteunden. Deze twee hypothesen helpen om het mechanisme achter de interactie tussen de mier *C. scutellaris* en de roofmijt *A. swirskii* bij predatie op de Californische trips *F. occidentalis*, beter te begrijpen. De efficiëntie van de combinatie werd finaal ook getest in een serreproef. De uitgezette *F. occidentalis*-stam en de gebruikte waardplant bleken incompatibel te zijn. Hierdoor kon geen uitsluitsel worden bekomen of de combinatie van de predatoren al dan niet voor een synergetisch effect zorgt in meer praktijkgerichte omstandigheden. Er kon wel worden bevestigd dat voornamelijk *A. swirskii* van belang is bij predatie op tripsnimfen.

7 REFERENTIES

- Adandonon, A., Vayssières, J.-F., Sinzogan, A., & Van Mele, P. (2009). Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* affects oviposition behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera: Tephritidae). *International Journal of Pest Management*, 55(4), 285-292.
- 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. *Experimental and Applied Acarology*, 58, 341-357.
- Ando, K., Grumet, R., Terpstra, K., & Kelly, J. D. (2007). Manipulation of plant architecture to enhance crop disease control. *CABI Reviews*, 2(026), 1-8.
- Ant maniacs. (2022). *Crematogaster scutellaris*. Beschikbaar: <https://antmaniacs.com/en/crematogaster-scutellaris/#mejor-hormiguero> [Geraadpleegd op 2/11/2023].
- 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 Science and Technology*, 16(2), 141-155.
- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K., & Osborne, L. (2009). Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius scutellarius* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological control*, 49(1), 91-96.
- Baker, B. P., Green, T. A., & Loker, A. J. (2020). Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control*, 140(2020). Artikel 104095.
- Bakker, F., & Sabelis, M. (1989). How larvae of Thrips tabaci reduce the attack success of phytoseiid predators. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 50(1), 47-51.
- Bale, J. S., van Lenteren, J. C., & Bigler, F. (2007). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363(1492), 761-776.
- Bartlett, B. (1961). The influence of ants upon parasites, predators, and scale insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 54(4), 543-551.
- BASF. (2013). *Nemasys®. Advanced biocontrol for Western Flower Thrips*. Beschikbaar: https://better-turf.basf.ca/content/dam/cxm/agriculture/better-turf/canada/english/tech-sheets/BASF_Nemasys_WesterFlowerThrips_TechSheet.pdf
- Basu, S., Clark, R. E., Fu, Z., Lee, B. W., & Crowder, D. W. (2021). Insect alarm pheromones in response to predators: Ecological trade-offs and molecular mechanisms. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 128(2021). Artikel 103514.
- Belt, T. (2002). *The naturalist in Nicaragua*. University Press of the Pacific.
- Bernard, F. (1968). *Les fourmis (Hymenoptera Formicidae): d'Europe occidentale et septentrionale* (Vol. 3). Parijs: Masson.
- Biobest. (z.d.). Swirskii-System - voracious predatory mite that devours whitefly and thrips. Beschikbaar: <https://www.biobestgroup.com/products/swirskii-system> [Geraadpleegd op 9/10/2023].
- Bioline AgroSciences. (z.d.). Thripline. *Frankliniella occidentalis*. Beschikbaar: <https://www.biolineagrosciences.com/?products=thripline#tab-delivery> [Geraadpleegd op 17/12/2023].

- Blaimer, B. B. (2012). A subgeneric revision of *Crematogaster* and discussion of regional species-groups (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 3482(1), 47–67.
- Blüthgen, N., E. Stork, N., & Fiedler, K. (2004). Bottom-up control and co-occurrence in complex communities: honeydew and nectar determine a rainforest ant mosaic. *Oikos*, 106(2), 344–358.
- Boer, P. (2021). Schorpioenmieren - *Crematogaster*. Beschikbaar: <https://www.nlmieren.nl/websitepages/CREMATOGASTER.html> [Geraadpleegd op 4/10/2023].
- Boer, P., Noordijk, J., & van Loon, A. J. (2021). Schorpioenmieren *Crematogaster* in Nederland (Hymenoptera: Formicidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, 57, 19–28.
- Bolton, B. (1995). A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera, Formicidae). *Journal of Natural History*, 29(4), 1037–1056.
- Bottrell, D. G. (1979). *Integrated pest management*. Washington: Council on Environmental Quality.
- Bronstein, J. L. (1991). The nonpollinating wasp fauna of *Ficus pertusa*: exploitation of a mutualism? *Oikos*, 61(2), 175–186.
- Broughton, S., Cousins, D. A., & Rahman, T. (2015). Evaluation of semiochemicals for their potential application in mass trapping of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in roses. *Crop Protection*, 67, 130–135.
- Broughton, S., & Harrison, J. (2012). Evaluation of monitoring methods for thrips and the effect of trap colour and semiochemicals on sticky trap capture of thrips (Thysanoptera) and beneficial insects (Syrphidae, Hemerobiidae) in deciduous fruit trees in Western Australia. *Crop protection*, 42, 156–163.
- Bryan, D. E. (1956). *The Frankliniella occidentalis (Pergande) complex in California (Thysanoptera: Thripidae)* (Vol. 10): University of California Press.
- Buckland, K., Reeve, J., Alston, D., Nischwitz, C., & Drost, D. (2013). Effects of nitrogen fertility and crop rotation on onion growth and yield, thrips densities, Iris yellow spot virus and soil properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 177, 63–74.
- Buckley, R., & Gullan, P. (1991). More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). *Biotropica*, 23(3), 282–286.
- Buitenhuis, R., Murphy, G., Shipp, L., & Scott-Dupree, C. (2015). *Amblyseius swirskii* in greenhouse production systems: a floricultural perspective. *Experimental and Applied Acarology* 65, 451–464.
- Buitenhuis, R., & Shipp, J. (2005). Efficacy of entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) as influenced by *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) developmental stage and host plant stage. *Journal of Economic Entomology*, 98(5), 1480–1485.
- Buitenhuis, R., Shipp, L., & Scott-Dupree, C. (2010a). Dispersal of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on potted greenhouse chrysanthemum. *Biological Control*, 52(2), 110–114.
- Buitenhuis, R., Shipp, L., & Scott-Dupree, C. (2010b). Intra-guild vs extra-guild prey: effect on predator fitness and preference of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) and *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans)(Acari: Phytoseiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 100(2), 167–173.
- CABI. (2020). CABI compendium. *Frankliniella occidentalis* (western flower thrips). Centre for Agricultural Bioscience International. Beschikbaar: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.24426> [Geraadpleegd op 8/12/2023].

- Callan, E. M. (1943). Natural enemies of the cacao thrips. *Bulletin of Entomological Research*, 34(4), 313-321.
- Calvo, F., Bolckmans, K., & Belda, J. (2011). Control of Bemisia tabaci and Frankliniella occidentalis in cucumber by Amblyseius swirskii. *BioControl*, 56(2), 185-192.
- Calvo, F., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H., & Belda, J. E. (2015). Amblyseius swirskii: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental and Applied Acarology*, 65(4), 419-433.
- Carney, V., Diamond, J., Murphy, G., & Marshall, D. (2002). The potential of Atheta coriaria Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae), as a biological control agent for use in greenhouse crops. *IOBC/WPRS Bulletin*, 25(1), 37-40.
- Chivers, D. P., Brown, G. E., & Smith, R. J. F. (1996). The evolution of chemical alarm signals: Attracting predators benefits alarm signal senders. *American Naturalist*, 148(4), 649-659.
- Cloyd, R. A. (2009). Western flower thrips (Frankliniella occidentalis) management on ornamental crops grown in greenhouses: Have we reached an impasse. *Pest Technology*, 3(1), 1-9.
- Cluever, J. D., Smith, H. A., Funderburk, J. E., & Frantz, G. (2021). Western flower thrips (Frankliniella occidentalis [Pergande]). Beschikbaar: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN1089> [Geraadpleegd op 8/12/2023].
- Colomer, I., Aguado, P., Medina, P., Heredia, R. M., Fereres, A., Belda, J. E., & Viñuela, E. (2011). Field trial measuring the compatibility of methoxyfenozide and flonicamid with Orius laevigatus Fieber (Hemiptera: Anthoridae) and Amblyseius swirskii (Athias-Henriot)(Acari: Phytoseiidae) in a commercial pepper greenhouse. *Pest Management Science*, 67(10), 1237-1244.
- Dalir, S., Hajiqanbar, H., Fathipour, Y., & Khanamani, M. (2021). A comprehensive picture of foraging strategies of Neoseiulus cucumeris and Amblyseius swirskii on western flower thrips. *Pest Management Science*, 77(12), 5418-5429.
- Damman, H. (1987). Leaf quality and enemy avoidance by the larvae of a pyralid moth. *Ecology*, 68(1), 88-97.
- Dáttilo, W., Aguirre, A., De la Torre, P. L., Kaminski, L. A., García-Chávez, J., & Rico-Gray, V. (2016). Trait-mediated indirect interactions of ant shape on the attack of caterpillars and fruits. *Biology Letters*, 12(8). Artikel 20160401.
- Dawkins, R., & Krebs, J. R. (1979). Arms races between and within species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 205(1161), 489-511.
- De Koninck, W., De ketelaere, A., Vandenbergh, M., & Vankerhoven, F. (2022). First outdoor record of Crematogaster scutellaris (Olivier, 1792) in Belgium (Hymenoptera: Formicidae). *Bulletin de la Société Royale Belge d'Entomologie*, 158(2022), 175-182.
- De Puyssseleir, V., Höfte, M., & De Clercq, P. (2011). Ovipositing Orius laevigatus increase tomato resistance against Frankliniella occidentalis feeding by inducing the wound response. *Arthropod-Plant Interactions*, 5, 71-80.
- Dejean, A., McKey, D., Gibernau, M., & Belin-Depoux, M. (2000). The arboreal ant mosaic in a Cameroonian rainforest. *Sociobiology*, 33(2), 403-423.
- Del Bene, G., Gargani, E., & Landi, S. (1998). Heliothrips haemorrhoidalis (Bouché) and Frankliniella occidentalis (Pergande)(Thysanoptera Thripidae): life cycle, harmfulness, control. *Advances in Horticultural Science*, 12(1), 31-37.
- Demirozer, O., Tyler-Julian, K., Funderburk, J., Leppla, N., & Reitz, S. (2012). Frankliniella occidentalis (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Management Science*, 68(12), 1537-1545.
- Dicke, M., & Sabelis, M. W. (1987). How plants obtain predatory mites as bodyguards. *Netherlands Journal of Zoology*, 38(2-4), 148-165.

- Diehl, S. (1993). Relative consumer sizes and the strengths of direct and indirect interactions in omnivorous feeding relationships. *Oikos*, 68(1), 151-157.
- Doğramaci, M., Arthurs, S. P., Chen, J., McKenzie, C., Irrizary, F., & Osborne, L. (2011). Management of chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on peppers by *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biological Control*, 59(3), 340-347.
- Doğramaci, M., Kakkar, G., Kumar, V., Chen, J., & Arthurs, S. (2013). *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Arachnida: Mesostigmata: Phytoseiidae). Beschikbaar: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/BENEFICIAL/swirski_mite.htm [Geraadpleegd op 6/12/2023].
- Du Merle, P., & Mazet, R. (1983). Les facteurs de mortalité des oeufs de *Tortrix viridana* L.(Lep., Tortricidae). II. Parasitisme par un *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) et "maladies". *Agronomie*, 3(4), 359-367.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., Berndt, O., & Poehling, H.-M. (2001). Impact of entomopathogenic nematodes on different soil-dwelling stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), in the laboratory and under semi-field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 11(4), 515-525.
- Ebssa, L., Borgemeister, C., & Poehling, H.-M. (2004). Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities, and temperatures. *Biological Control*, 29(1), 145-154.
- Eeckhout, E. (2022). *Interacties tussen de mier Crematogaster scutellaris en de roofmijt Amblyseius swirskii bij de biologische bestrijding van Frankliniella occidentalis*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- Ehler, L. (1996). Structure and impact of natural enemy guilds in biological control of insect pests. In *Food Webs: Integration of Patterns & Dynamics* (pp. 337-342). Boston: Springer.
- Ehler, L. (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, 62(9), 787-789.
- Ensley, S. M. (2018). Pyrethrins and pyrethroids. In *Veterinary Toxicology* (pp. 515-520): Elsevier.
- EPP0. (2002). *Frankliniella occidentalis* (FRANOC). Beschikbaar: <https://gd.eppo.int/taxon/FRANOC> [Geraadpleegd op 21/11/2023].
- EPP0/IOBC. (2021). Safe use of biological control. PM 6/3 (5) Biological control agents safely used in the EPP0 region. *EPP0 Bulletin*, 51(3), 452-454.
- Espinoza, K., Valera, D. L., Torres, J. A., López, A., & Molina-Aiz, F. D. (2016). Combination of image processing and artificial neural networks as a novel approach for the identification of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* on sticky traps in greenhouse agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 495-505.
- Everaert, B. (2021). *Biologisch bestrijdingspotentieel van de mier Crematogaster scutellaris tegen plagen in kasteelten*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- Fasulo, T. R., & Denmark, H. A. (2009). common name: twospotted spider mite; scientific name: *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). Beschikbaar: <https://ap.lc/srJkU> [Geraadpleegd op 27/03/2024].
- Ferguson, K. I., & Stiling, P. (1996). Non-additive effects of multiple natural enemies on aphid populations. *Oecologia*, 108(2), 375-379.
- Flechtmann, C. H., & McMurtry, J. A. (1992a). Studies of cheliceral and deutosternal morphology of some Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) by scanning electron microscopy. *International Journal of Acarology*, 18(3), 163-169.

- Flechtmann, C. H., & McMurtry, J. A. (1992b). Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. *International Journal of Acarology*, 18(3), 157-162.
- Flint, M. L., & Roberts, P. A. (1988). Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture*, 3(4), 163-167.
- French, N., Parr, W., Gould, H., Williams, J., & Simmonds, S. (1976). Development of biological methods for the control of *Tetranychus urticae* on tomatoes using *Phytoseiulus persimilis*. *Annals of Applied Biology*, 83(2), 177-189.
- Frizzi, F., Masoni, A., Ottonetti, L., Tucci, L., & Santini, G. (2020). Resource-dependent mutual association with sap-feeders and a high predation rate in the ant *Crematogaster scutellaris*: help or harm in olive pest control? *Biocontrol*, 65, 601-611.
- Frizzi, F., Rispoli, A., Chelazzi, G., & Santini, G. (2016). Effect of water and resource availability on ant feeding preferences: a field experiment on the Mediterranean ant *Crematogaster scutellaris*. *Insectes Sociaux*, 63, 565-574.
- Funderburk, J., Martini, X., Adkins, S., Freeman, J., Hutton, S., Smith, H., McAvoy, G., Snodgrass, C., Paret, M., & Leppla, N. (2022). Managing thrips and tospoviruses in tomato. *EDIS Document ENY-859, University Florida, Gainesville*.
- Funderburk, J., Reitz, S., Stansly, P., Olson, S., Sui, D., McAvoy, G., Whidden, A., Demirozer, O., Nuessly, G., & Leppla, N. (2011). Managing thrips in pepper and eggplant. *EDIS Document ENY-658, University Florida, Gainesville*.
- Fytoweb. (2015). Gewasbeschermingsmiddelen en Bemestingsproducten. Beschikbaar: <https://fytoweb.be/nl/gewasbeschermingsmiddelen/toelatingen-van-gewasbeschermingsmiddelen-raadplegen> [Geraadpleegd op 17/12/2023].
- Gallardo, A., Jiménez, A., Antonietty, C., Villagrán, M., Ocete, M., & Soria, F. (2012). Forecasting infestation by *Coraebus undatus* (Coleoptera, Buprestidae) in cork oak forests. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 275-280.
- Gallura disinfezioni. (z.d.). *Crematogaster scutellaria*. Beschikbaar: <https://www.galluradisinfestazioni.com/pests/ants/crematogaster-scutellaria#:~:text=LIFECYCLE%3A%20The%20lifecycle%20of%20an,6%20weeks%20develop%20into%20larvae> [Geraadpleegd op 2/11/2023].
- Gao, Y., Lei, Z., & Reitz, S. R. (2012). Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science*, 68(8), 1111-1121.
- Gerson, U., & Weintraub, P. G. (2007). Mites for the control of pests in protected cultivation. *Pest Management Science*, 63(7), 658-676.
- Ghasemzadeh, S., Leman, A., & Messelink, G. J. (2017). Biological control of *Echinothrips americanus* by phytoseiid predatory mites and the effect of pollen as supplemental food. *Experimental and Applied Acarology* 73(2), 209-221.
- Gillespie, D. (1989). Biological control of thrips [Thysanoptera: Thripidae] on greenhouse cucumber by *Amblyseius cucumeris*. *Entomophaga*, 34, 185-192.
- Gnanvossou, D., Hanna, R., & Dicke, M. (2003). Infochemical-mediated intraguild interactions among three predatory mites on cassava plants. *Oecologia*, 135, 84-90.
- Gonzalez, F., Tkaczuk, C., Dinu, M. M., Fiedler, Z., Vidal, S., Zchori-Fein, E., & Messelink, G. J. (2016). New opportunities for the integration of microorganisms into biological pest control systems in greenhouse crops. *Journal of Pest Science*, 89, 295-311.

- Gonzalez, R., & Campos, M. (1989). Evaluation of natural enemies of the Phloeotribus scarabaeoides (Bern.)(Col: Scolytidae) in Granada olive groves. *Acta Horticulturae*, 286, 355-358.
- Hamilton, J. G., Hall, D. R., & Kirk, W. D. (2005). Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 31(6), 1369-1379.
- Hast, M. (2022). *De mier Crematogaster Scutellaris als biologische bestrijder van Spodoptera Littoralis en haar interactie met de gaasvlieg Chrysoperla Carnea*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- He, Z., Guo, J. F., Reitz, S. R., Lei, Z. R., & Wu, S. Y. (2020). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27(4), 626-645.
- Helle, W., & Sabelis, M. W. (1985). *Spider mites: their biology, natural enemies and control* (Vol. 1): Elsevier Amsterdam.
- Hillocks, R. J. (2012). Farming with fewer pesticides: EU pesticide review and resulting challenges for UK agriculture. *Crop Protection*, 33(1), 85-93.
- Hölldobler, B., & Lumsden, C. J. (1980). Territorial strategies in ants. *Science*, 210(4471), 732-739.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1978). The multiple recruitment systems of the African weaver ant *Oecophylla longinoda* (Latreille)(Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3(1978), 19-60.
- Holt, R. D., & Hochberg, M. E. (1997). When is biological control evolutionarily stable (or is it)? *Ecology*, 78(6), 1673-1683.
- Holt, R. D., & Polis, G. A. (1997). A theoretical framework for intraguild predation. *The American Naturalist*, 149(4), 745-764.
- Huang, H. T., & Yang, P. (1987). The ancient cultured citrus ant. *Bioscience*, 37(9), 665-671.
- Huffaker, C. B. (2012). *Theory and practice of biological control*. New York: Elsevier.
- IRAC. (2020). Mechanisms of Insecticide Resistance in Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Beschikbaar: <https://irac-online.org/documents/frankliniella-occidentalis-irm-poster/?ext=pdf> [Geraadpleegd op 17/12/2023].
- IRAC. (z.d.). Western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. Beschikbaar: <https://irac-online.org/pests/frankliniella-occidentalis/> [Geraadpleegd op 17/12/2023].
- Ishida, H., Murai, T., Sonoda, S., Yoshida, H., Izumi, Y., & Tsumuki, H. (2003). Effects of temperature and photoperiod on development and oviposition of *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 38(1), 65-68.
- Itioka, T., & Inoue, T. (1996). Density-dependent ant attendance and its effects on the parasitism of a honeydew-producing scale insect, *Ceroplastes rubens*. *Oecologia*, 106, 448-454.
- Jacobson, R., Chandler, D., Fenlon, J., & Russell, K. (2001). Compatibility of *beauveria bassiana* (balsamo) vuillemin with *amblyseius cucumeris* oudemans (acarina: Phytoseiidae) to control *frankliniella occidentalis* pergande (thysanoptera: Thripidae) on cucumber plants. *Biocontrol Science and Technology*, 11(3), 391-400.
- James, D. G., Stevens, M. M., O'Malley, K. J., & Faulder, R. J. (1999). Ant foraging reduces the abundance of beneficial and incidental arthropods in citrus canopies. *Biological Control*, 14(2), 121-126.
- Janssen, A., Bruin, J., Jacobs, G., Schraag, R., & Sabelis, M. W. (1997). Predators use volatiles to avoid prey patches with conspecifics. *Journal of Animal Ecology*, 66(2), 223-232.

- Janssen, A., Pallini, A., Venzon, M., & Sabelis, M. W. (1998). Review Behaviour and indirect interactions in food webs of plant-inhabiting arthropods. *Experimental and Applied Acarology* 22, 497-521.
- Janssen, A., van Alphen, J. J., Sabelis, M. W., & Bakker, K. (1995). Specificity of odour-mediated avoidance of competition in *Drosophila* parasitoids. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 36, 229-235.
- Jensen, S. E. (2000). Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Reviews*, 5(2), 131-146.
- Kajita, H. (1986). Predation by *Amblyseius* spp.(Acarina: Phytoseiidae) and *Orius* sp.(Hemiptera: Anthocoridae) on Thrips palmi Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Applied Entomology and Zoology*, 27(3), 482-484.
- Takehashi, N., Suzuki, Y., & Iwasa, Y. (1984). Niche overlap of parasitoids in host-parasitoid systems: its consequence to single versus multiple introduction controversy in biological control. *Journal of Applied Ecology*, 21(1), 115-131.
- Kerdelhué, C., & Rasplus, J.-Y. (1996). Non-pollinating Afrotropical fig wasps affect the fig-pollinator mutualism in *Ficus* within the subgenus *Sycomorus*. *Oikos*, 75(1), 3-14.
- Kirk, W. D. (2002). *The pest and vector from the West: Frankliniella occidentalis*. Paper presented at the Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th international symposium on thysanoptera.
- Kirk, W. D., & Terry, L. I. (2003). The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4), 301-310.
- Kirst, H. A., Michel, K. H., Mynderse, J. S., Chio, E. H., Yao, R. C., Nakasukasa, W. M., Boeck, L. D., Occlowitz, J. L., Paschal, J. W., & Deeter, J. B. (1992). Discovery, isolation, and structure elucidation of a family of structurally unique, fermentation-derived tetracyclic macrolides. In *Synthesis and Chemistry of Agrochemicals III* (pp. 214-225): ACS Publications.
- Knapp, M., van Houten, Y., Hoggerbrugge, H., & Bolckmans, K. (2013). *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: review and new findings. *Acarologia*, 53, 102-202.
- Knapp, M., van Houten, Y., van Baal, E., & Groot, T. (2018). Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. *Acarologia*, 58(Suppl), 72-82.
- Kumm, S., & Moritz, G. (2010). Life-cycle variation, including female production by virgin females in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 134(6), 491-497.
- Lee, H.-S., & Gillespie, D. R. (2011). Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology*, 53(1), 17-27.
- Loomans, A. J. (2006). Exploration for hymenopterous parasitoids of thrips. *Bulletin of Insectology*, 59(2), 69-83.
- López Sebastián, E., Selfa, J., & Tinaut, A. (2004). About *Crematogaster scutellaris* (Olivier, 1791)(Hymenoptera, Formicidae) as egg predator of the pine processionary moth. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas (España)*, 30(4), 699-701.
- Losey, J. E., & Denno, R. F. (1998). Positive predator–predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology*, 79(6), 2143-2152.
- Losey, J. E., & Denno, R. F. (1999). Factors facilitating synergistic predation: the central role of synchrony. *Ecological Applications*, 9(2), 378-386.

- Luna-Espino, H. M., Jiménez-Pérez, A., & Castrejón-Gómez, V. R. (2020). Assessment of *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Pergande)(Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum lycopersicum*) under glasshouse conditions. *Insects*, 11(2), 87.
- Majer, J. (1993). Comparison of the arboreal ant mosaic in Ghana, Brazil, Papua New Guinea and Australia-its structure and influence on arthropod diversity. In *Hymenoptera and Biodiversity* (Vol. 1993, pp. 115-141). Wallingford: CAB international.
- Malik, M., Nawaz, M., Ellington, J., Sanderson, R., & El-Heneidy, A. (2009). Effect of different nitrogen regimes on onion thrips, *Thrips tabaci* Lindemann, on onions, *Allium cepa* L. *Southwestern Entomologist*, 34(3), 219-225.
- Masoni, A., Frizzi, F., Turillazzi, S., & Santini, G. (2019). Making the right choice: how *Crematogaster scutellaris* queens choose to co-found in relation to nest availability. *Insectes Sociaux*, 66, 257-263.
- Matsuda, H., Abrams, P. A., & Hori, H. (1993). The effect of adaptive antipredator behavior on exploitative competition and mutualism between predators. *Oikos*, 68(3), 549-559.
- McMurtry, J., & Croft, B. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 291-321.
- Messelink, G. J., & Jansen, A. (2008). Do whiteflies help controlling thrips? *IOBC/WPRS Bulletin*, 2008(32), 131-134.
- Messelink, G. J., & van Holstein-Saj, R. (2008). Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese). *IOBC/WPRS Bulletin*, 32, 135.
- Messelink, G. J., Van Maanen, R., Van Holstein-Saj, R., Sabelis, M. W., & Janssen, A. (2010). Pest species diversity enhances control of spider mites and whiteflies by a generalist phytoseiid predator. *BioControl*, 55, 387-398.
- Messelink, G. J., van Maanen, R., van Steenpaal, S., & Janssen, A. (2008). Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: two pests are better than one. *Biological Control*, 44(3), 372-379.
- Messelink, G. J., Van Steenpaal, S. E., & Ramakers, P. M. (2006). Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl*, 51(6), 753-768.
- Migeon, A., & Dorkeld, F. (2024). Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Beschikbaar: <https://www1.montpellier.inrae.fr/CBGP/spmweb> [Geraadpleegd op 27/03/2024].
- Momen, F. M., & Abdel-Khalek, A. (2021). Intraguild predation in three generalist predatory mites of the family Phytoseiidae (Acari: Phytoseiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-7.
- Montero-Astúa, M., Ullman, D. E., & Whitfield, A. E. (2016). Salivary gland morphology, tissue tropism and the progression of tospovirus infection in *Frankliniella occidentalis*. *Virology*, 493, 39-51.
- Moran, M. D., & Hurd, L. (1997). A trophic cascade in a diverse arthropod community caused by a generalist arthropod predator. *Oecologia*, 113, 126-132.
- Morris, T., Campos, M., Jervis, M., McEwen, P., & Kidd, N. (1998). Potential effects of various ant species on green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens)(Neuropt., Chrysopidae) egg numbers. *Journal of Applied Entomology*, 122(1-5), 401-403.
- Morris, T., Symondson, W. O. C., Kidd, N. A., & Campos, M. (2002). The effect of different ant species on the olive moth, *Prays oleae* (Bern.), in Spanish olive orchard. *Journal of Applied Entomology*, 126(5), 224-230.

- Mouden, S., Sarmiento, K. F., Klinkhamer, P. G. L., & Leiss, K. A. (2017). Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. *Pest Management Science*, 73(5), 813-822.
- Mound, L. A., & Teulon, D. A. (1995). Thysanoptera as phytophagous opportunists. In *Thrips Biology and Management* (Vol. 276, pp. 3-19). Boston: Springer.
- Murphy, G., Ferguson, G., & Shipp, L. (2022). Thrips in greenhouse crops - biology, damage and management. Beschikbaar: <https://www.ontario.ca/page/thrips-greenhouse-crops-biology-damage-and-management> [Geraadpleegd op 17/12/2023].
- Nakahara, S. (1997). Annotated list of the Frankliniella species of the world (Thysanoptera: Thripidae). *Contributions on Entomology, International*, 23(4), 355-389.
- Ness, J., Mooney, K., & Lach, L. (2010). Ants as mutualists. In *Ant Ecology* (pp. 97-114). New York: Oxford University Press.
- Nguyen, D. T., Vangansbeke, D., & De Clercq, P. (2014). Artificial and factitious foods support the development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Experimental and Applied Acarology*, 62(2), 181-194.
- Nomikou, M., Janssen, A., & Sabelis, M. W. (2003). Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food sources. *Experimental and Applied Acarology*, 31, 15-26.
- Nomikou, M., Janssen, A., Schraag, R., & Sabelis, M. (2001). Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. *Experimental and Applied Acarology*, 25, 271-291.
- Nomikou, M., Janssen, A., Schraag, R., & Sabelis, M. W. (2002). Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. *Experimental and Applied Acarology*, 27, 57-68.
- Nurariaty, A., Nasruddin, A., & Gassa, A. (2020). *Association between thrips and ants on chili and watermelon plants*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Offenberg, J. (2001). Balancing between mutualism and exploitation: the symbiotic interaction between *Lasius* ants and aphids. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49, 304-310.
- Offenberg, J. (2014). Pest repelling properties of ant pheromones. *IOBC/WPRS Bulletin*, 99, 173-176.
- Offenberg, J. (2015). Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1197-1205.
- Offenberg, J., Havanon, S., Aksornkoae, S., MacIntosh, D. J., & Nielsen, M. G. (2004a). Observations on the Ecology of Weaver Ants (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) in a Thai Mangrove Ecosystem and Their Effect on Herbivory of *Rhizophora mucronata* Lam. *Biotropica*, 36(3), 344-351.
- Offenberg, J., Nielsen, M. G., MacIntosh, D. J., Havanon, S., & Aksornkoae, S. (2004b). Evidence that insect herbivores are deterred by ant pheromones. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(suppl_6), S433-S435.
- Onzo, A., Houedokoho, A. F., & Hanna, R. (2012). Potential of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* to suppress the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* on the gboma eggplant, *Solanum macrocarpon*. *Journal of Insect Science*, 12(1), 7.
- Opit, G., Nechols, J., & Margolies, D. (2004). Biological control of twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release ratios. *Biological Control*, 29(3), 445-452.
- Opit, G., Nechols, J. R., Margolies, D. C., & Williams, K. A. (2005). Survival, horizontal distribution, and economics of releasing predatory mites (Acari: Phytoseiidae) using mechanical blowers. *Biological Control*, 33(3), 344-351.

- Orr, D. (2009). Biological control and integrated pest management. In *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process* (Vol. 1, pp. 207-239). Dordrecht: Springer.
- Otsuki, H., & Yano, S. (2014). Functionally different predators break down antipredator defenses of spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 151(1), 27-33.
- Park, H.-H., Shipp, L., & Buitenhuis, R. (2010). Predation, development, and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(3), 563-569.
- Park, H.-H., Shipp, L., Buitenhuis, R., & Ahn, J. J. (2011). Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(4), 497-501.
- Peng, R. K., & Christian, K. (2004). The weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), an effective biological control agent of the red-banded thrips, *Selenothrips rubrocinctus* (Thysanoptera: Thripidae) in mango crops in the Northern Territory of Australia. *International Journal of Pest Management*, 50(2), 107-114.
- Pereira, J. A., Bento, A., Cabanas, J., Torres, L., Herz, A., & Hassan, S. A. (2004). Ants as predators of the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) applied for biological control of the olive moth, *Prays oleae* (Lepidoptera: Plutellidae) in Portugal. *Biocontrol Science and Technology*, 14(7), 653-664.
- Pijnakker, J., & Ramakers, P. (2008). Predatory mites for biocontrol of Western Flower Thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in cut rose. *IOBC/WPRS Bulletin*, 32, 171-174.
- Polis, G. A. (1991). Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory. *The American Naturalist*, 138(1), 123-155.
- Polis, G. A., Myers, C. A., & Holt, R. D. (1989). The ecology and evolution of intraguild predation - potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 297-330.
- Polis, G. A., & Strong, D. R. (1996). Food web complexity and community dynamics. *The American Naturalist*, 147(5), 813-846.
- Pozzebon, A., Boaria, A., & Duso, C. (2015). Single and combined releases of biological control agents against canopy-and soil-dwelling stages of *Frankliniella occidentalis* in cyclamen. *BioControl*, 60, 341-350.
- Price, P. W., Bouton, C. E., Gross, P., McPheron, B. A., Thompson, J. N., & Weis, A. E. (1980). Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11(1), 41-65.
- Radeghieri, P. (2004). *Cameraria ohridella* (Lepidoptera Gracillariidae) predation by *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera Formicidae) in Northern Italy (Preliminary note). *Bulletin of Insectology*, 51(1), 63-64.
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, 283(2021). Artikel 124657.
- Reimer, N. (1988). Predation on *Liothrips urichi* Karny (Thysanoptera: Phlaeothripidae): a case of biotic interference. *Environmental Entomology*, 17(1), 132-134.
- Reitz, S. R. (2009). Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): the making of a pest. *Florida Entomologist*, 92(1), 7-13.

- Reitz, S. R., Gao, Y., Kirk, W. D., Hoddle, M. S., Leiss, K. A., & Funderburk, J. E. (2020). Invasion biology, ecology, and management of western flower thrips. *Annual Review of Entomology*, 65, 17-37.
- Richard, F.-J., Fabre, A., & Dejean, A. (2001). Predatory behavior in dominant arboreal ant species: the case of *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Behavior*, 14(2), 271-282.
- Riley, D. G., Angelella, G., & McPherson, R. (2011). Pine pollen dehiscence relative to thrips population dynamics. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 138(3), 223-233.
- Riudavets, J. (1995). Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review. *Wageningen Agricultural University Papers*, 95(1), 43-87.
- Rodriguez, D., & Coy-Barrera, E. (2023). Overview of Updated Control Tactics for Western Flower Thrips. *Insects*, 14(7). Artikel 649.
- Romeih, A., El-Saidy, E., & El-Arnaouty, S. (2004). Suitability of *Ephesia kuehneilla* and *Corycera cephalonica* eggs as alternative preys for rearing predatory mites. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 14(1), 101-105.
- 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. *Biological Control*, 5(3), 303-335.
- Sabelis, M. W., & Van Rijn, P. C. (1997). Predation by insects and mites. In *Thrips As Crop Pests* (pp. 259-354). Willingford: CAB International.
- Saemi, S., Rahmani, H., Kavousi, A., & Chi, H. (2017). Group-rearing did not affect the life table and predation rate of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Tetranychus urticae*. *Systematic and Applied Acarology*, 22(10), 1698-1714.
- Sakata, H. (1995). Density-dependent predation of the ant *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) on two attended aphids *Lachnus tropicalis* and *Myzocallis kuricola* (Homoptera: Aphididae). *Researches on Population Ecology*, 37, 159-164.
- Sampson, C., & Kirk, W. D. (2013). Can mass trapping reduce thrips damage and is it economically viable? Management of the western flower thrips in strawberry. *PLoS One*, 8(11). Artikel 80787.
- Sanders, D., & Platner, C. (2007). Intraguild interactions between spiders and ants and top-down control in a grassland food web. *Oecologia*, 150, 611-624.
- Schatz, B., Proffit, M., Rakhi, B., Borges, R. M., & Hossaert-McKey, M. (2006). Complex interactions on fig trees: ants capturing parasitic wasps as possible indirect mutualists of the fig-fig wasp interaction. *Oikos*, 113(2), 344-352.
- Schifani, E., Giannetti, D., Costi, E., Franconi, G., Campostrini, A., Maistrello, L., & Grasso, D. A. (2023). Interactions between egg parasitoids and predatory ants for the biocontrol of the invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*. *Journal of Applied Entomology*, 147(9), 868-874.
- Sih, A., Englund, G., & Wooster, D. (1998). Emergent impacts of multiple predators on prey. *Trends in Ecology and Evolution*, 13(9), 350-355.
- Smargiassi, S., Masoni, A., Frizzi, F., Balzani, P., Desiato, E., Benelli, G., Canale, A., & Santini, G. (2023). Keep Your Eggs Away: Ant Presence Reduces *Ceratitis capitata* Oviposition Behaviour through Trait-Mediated Indirect Interactions. *Insects*, 14(6), 532.
- Smith, H. S. (1919). On Some Phases of Insect Control by the Biological Method. *Journal of Economic Entomology*, 12(4), 288-292.
- Stadler, B., & Dixon, A. F. (2005). Ecology and evolution of aphid-ant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 345-372.

- Stansly, P. A., & Castillo, J. A. (2009). Control of broad mites, spider mites, and whiteflies using predaceous mites in open-field pepper and eggplant. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 122(2009), 253-257.
- Stavisky, J., Funderburk, J., Brodbeck, B. V., Olson, S. M., & Andersen, P. C. (2002). Population dynamics of *Frankliniella* spp. and tomato spotted wilt incidence as influenced by cultural management tactics in tomato. *Journal of Economic Entomology*, 95(6), 1216-1221.
- Stijger, H. (2005). Trips zit in iedere kas en gaat er nooit meer weg. *Onder Glas*, 5(6), 39-41.
- Strong, D. R. (1992). Are trophic cascades all wet? Differentiation and donor-control in speciose ecosystems. *Ecology*, 73(3), 747-754.
- Stumpf, N., Zebitz, C. P., Kraus, W., Moores, G. D., & Nauen, R. (2001). Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 69(2), 131-142.
- Swanson, A. C., Schwendenmann, L., Allen, M. F., Aronson, E. L., Artavia-León, A., Dierick, D., Fernandez-Bou, A. S., Harmon, T. C., Murillo-Cruz, C., & Oberbauer, S. F. (2019). Welcome to the Atta world: A framework for understanding the effects of leaf-cutter ants on ecosystem functions. *Functional Ecology*, 33(8), 1386-1399.
- Swirski, E. (1967). Laboratory studies on the feeding, development and reproduction of the predaceous mites *Amblyseius rubini* Swirski and Amitai and *Amblyseius swirski* Athias (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Israel Journal of Agricultural Research*, 17(2), 101-119.
- Swirski, E., & Amitai, S. (1997). Annotated list (of Phytoseiid) mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) in Israel. *Israel Journal of Entomology*, 33(1997), 21-46.
- Teich, Y. (1966). Mites of the family of Phytoseiidae as predators of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius. *Israel Journal of Agricultural Research*, 16(3), 141-142.
- Teuton, D., Davidson, M., Perry, N., Nielsen, M., Van Tol, R., & de Kogel, W. (2011). Recent developments with methyl isonicotinate, a semiochemical used in thrips pest management. *New Zealand Plant Protection*, 64(2011), 287-287.
- Tillberg, C. V. (2004). Friend or foe? A behavioral and stable isotopic investigation of an ant-plant symbiosis. *Oecologia*, 140, 506-515.
- Tirello, P., Pozzebon, A., Cassanelli, S., Van Leeuwen, T., & Duso, C. (2012). Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 53-64.
- Tobin, J. E. (1995). Ecology and diversity of tropical forest canopy ants. In *Forest Canopies* (pp. 129-147). San Diego: Academic Press.
- 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. *Environmental Entomology*, 15(4), 821-825.
- Ugine, T. A., Wraight, S. P., & Sanderson, J. P. (2007). Effects of manipulating spray-application parameters on efficacy of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, infesting greenhouse impatiens crops. *Biocontrol Science and Technology*, 17(2), 193-219.
- Van Butsele, J. (2020). *Invloed van klimaat op het predatiepotentieel van de mier Crematogaster scutellaris op de Californische trips*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.

- Van Hoeyweghen, M. (2021). *Impact van de interactie tussen mieren en bladluizen op biologische plaagbeheersing*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- Van Leeuwen, T., Van Pottelberge, S., Nauen, R., & Tirry, L. (2007). Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifentazate toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science*, 63(12), 1172-1177.
- Van Leeuwen, T., Van Pottelberge, S., & Tirry, L. (2006). Biochemical analysis of a chlorfenapyr-selected resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch. *Pest Management Science*, 62(5), 425-433.
- Van Lenteren, J. (2012a). *IOBC Internet book of biological control* (Vol. 6, pp. 182).
- Van Lenteren, J. (2012b). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1-20.
- Van Maanen, R., Messelink, G. J., Van Holstein-Saj, R., Sabelis, M. W., & Janssen, A. (2012). *Prey temporarily escape from predation in the presence of a second prey species*. (Doctoraatsthesis). Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Vandermeer, J., Perfecto, I., Ibarra Nuñez, G., Phillpott, S., & Garcia Ballinas, A. (2002). Ants (*Azteca* sp.) as potential biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 56, 271-276.
- Vandicke, J. (2015). *Enriched artificial diets for the predatory bug Orius thripoborus and the parasitoid fly Exorista larvarum*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- Vangansbeke, D., Nguyen, D. T., Audenaert, J., Verhoeven, R., Gobin, B., Tirry, L., & De Clercq, P. (2016). Supplemental food for *Amblyseius swirskii* in the control of thrips: feeding friend or foe? *Pest Management Science*, 72(3), 466-473.
- Venzon, M., Pallini, A., & Janssen, A. (2001). Interactions mediated by predators in arthropod food webs. *Neotropical Entomology*, 30(1), 1-9.
- Vermeiren, J. (2023). *Predatiepotentieel van de mier Crematogaster scutellaris op rupsen en tripsen in kasteelten*. (Masterthesis). Universiteit Gent, Gent.
- Wäckers, F. L., Alberola, J. S., Garcia-Marí, F., & Pekas, A. (2017). Attract and distract: Manipulation of a food-mediated protective mutualism enhances natural pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 246, 168-174.
- Wakil, W., Gulzar, S., Wu, S., Rasool, K. G., Husain, M., Aldawood, A. S., & Toews, M. D. (2023). Development of Insecticide Resistance in Field Populations of Onion Thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae). *Insects*, 14(4), 376.
- Way, M. (1954). Studies on the association of the ant *Oecophylla longinoda* (Latr.) (Formicidae) with the scale insect *Saissetia zanzibarensis* Williams (Coccidae). *Bulletin of Entomological Research*, 45(1), 113-134.
- Way, M., Cammell, M., & Paiva, M. (1992). Studies on egg predation by ants (Hymenoptera: Formicidae) especially on the eucalyptus borer *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Bulletin of Entomological Research*, 82(3), 425-432.
- Way, M., & Khoo, K. (1992). Role of ants in pest management. *Annual review of Entomology*, 37(1), 479-503.
- Wcislo, W. T., & Schatz, B. (2003). Predator recognition and evasive behavior by sweat bees, *Lasioglossum umbripenne* (Hymenoptera: Halictidae), in response to predation by ants, *Ectatomma ruidum* (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 53, 182-189.
- Weintraub, P. G., Pivonia, S., & Steinberg, S. (2011). How many *Orius laevigatus* are needed for effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper? *Crop Protection*, 30(11), 1443-1448.

- Wiethoff, J., Poehling, H.-M., & Meyhöfer, R. (2004). Combining plant-and soil-dwelling predatory mites to optimise biological control of thrips. *Experimental and Applied Acarology*, 34, 239-261.
- Wimmer, D., Hoffmann, D., & Schausberger, P. (2008). Prey suitability of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and onion thrips, *Thrips tabaci*, for the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Biocontrol Science and Technology*, 18(6), 533-542.
- Wu, S., Gao, Y., Xu, X., Wang, E., Wang, Y., & Lei, Z. (2014). Evaluation of *Stratiolaelaps scimitus* and *Neoseiulus barkeri* for biological control of thrips on greenhouse cucumbers. *Biocontrol Science and Technology*, 24(10), 1110-1121.
- WUR. (z.d.). *Beschrijving van de Roofmijten: Phytoseiidae*. Beschikbaar: https://www.wur.nl/upload_mm/8/b/5/70eb6297-39ed-4b8e-a24b-827b900ae5e4_2%29%20Beschrijving%20van%20de%20roofmijten_NL.pdf
- Xiao, Y., Avery, P., Chen, J., McKenzie, C., & Osborne, L. (2012). Ornamental pepper as banker plants for establishment of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of multiple pests in greenhouse vegetable production. *Biological Control*, 63(3), 279-286.
- Xu, X., & Enkegaard, A. (2010). Prey preference of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* between first instar western flower thrips *Frankliniella occidentalis* and nymphs of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Science*, 10(1), 149.
- Zhang, B., Qian, W., Qiao, X., Xi, Y., & Wan, F. (2019). Invasion biology, ecology, and management of *Frankliniella occidentalis* in China. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 102(3). Artikel 21613.

8 APPENDIX

A

Tabel 7: Een lijst van alle in België toegelaten gewasbeschermingsmiddelen ter bestrijding van tripsen. Bron: Fytoweb (2015).

Productnaam	Werkzame stof
ABAROLD 18 EC	- 18,5 g/l abamectine
ACARAMIK	- 18,5 g/l abamectine
AGRIMEC	- 18 g/l abamectine
AKAPULKO 100 CS	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
ANTI-LUIS en ANTI-SPINT SPRAY/ANTI-PUCERONS et ANTI-ACARIENS SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
ANTI-LUIS en ANTI-SPINT/ANTI-PUCERONS et ANTI-ACARIENS	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
APHICAR 100 EW	- 100 g/l cypermethrin
ATTA-CAMINE PLUS 18 EC	- 18 g/l abamectine
ATTA-MECTINE	- 18,5 g/l abamectine
AVEVE INSECTICIDE PLUS	- 15 g/l deltamethrin
AZATIN EC	- 26 g/l azadirachtine A
BANDAKA	- 150 g/l spirotetramat
BATAVIA	- 100 g/l spirotetramat
BELROSE COMBI RTU	- 0,05 g/l acetamiprid - 0,15 g/l triticonazool
BENEVIA	- 100 g/l cyantraniliprole
BIO 1020 OD	- 2,0E+12 CFU/L Metarhizium brunneum stam Ma 43
BIO INSECT STOP	- 848,24 g/l koolzaadolie
BIO-PYRETREX	- 20 g/l pyrethrinen - 255 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
BIO-PYRETREX GARDEN	- 20 g/l pyrethrinen - 255 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
BIO-PYRINSECT SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
BIO-PYRINSECT ULTRA	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
BOOMERANG	- 120 g/l spinosad
BOOMERANG GARDEN	- 120 g/l spinosad
BOTANIGARD 22 WP	- 22% Beauveria bassiana stam GHA
BUDGET ABAMECBEL	- 18,5 g/l abamectine
COMPO NATURABELL BIO INSECT	- 36 g/l pyrethrinen - 144 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
CONSERVE GARDEN	- 120 g/l spinosad
CONSERVE PRO	- 120 g/l spinosad
CYANPRO	- 100 g/l cyantraniliprole
CYPELCO	- 500 g/l cypermethrin
CYPERB	- 500 g/l cypermethrin
CYPERSTAR	- 200 g/l cypermethrin
CYTHRIN MAX	- 500 g/l cypermethrin
DECIS 15 EW	- 15 g/l deltamethrin
DECIS EC 2,5	- 25 g/l deltamethrin
DELETE	- 15 g/l deltamethrin
DELTA-GLOB 25 EC	- 25 g/l deltamethrin
DELTAPHAR	- 25 g/l deltamethrin
DEMETRINA 25 EC	- 25 g/l deltamethrin
DESECT	- 15 g/l deltamethrin
DUO-STICK	- 40 g/kg acetamiprid
EVURE	- 240 g/l tau-fluvalinaat
EXALT	- 25 g/l spinetoram
FAZILO SPRAY	- 0,015 g/l abamectine - 0,2 g/l pyrethrinen
FLIPPER	- 479,8 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
FLUVELCO 240	- 240 g/l tau-fluvalinaat
FOR-INSECT	- 5 g/l acetamiprid

FOR-INSECT RTU	- 0,05 g/l acetamiprid
FUTURECO NOFLY	- 18% Paecilomyces fumosoroseus stam FE 9901
INSECTICIDE ME PLUS	- 0,75 g/l lambda-cyhalothrin
INSECTICIDE ME SPRAY	- 0,015 g/l lambda-cyhalothrin
INSECTINE	- 500 g/l cypermethrin
INTERMEC	- 18 g/l abamectine
INTRANCE	- 25 g/l spinetoram
KARATE GARDEN	- 0,75 g/l lambda-cyhalothrin
KARATE GARDEN SPRAY	- 0,015 g/l lambda-cyhalothrin
KARATE ZEON	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KARATE ZEON	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KARIS 100 CS	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KARIS 100 CS	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KENDO	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KOMANDO	- 0,75 g/l lambda-cyhalothrin
KOMANDO SPRAY	- 0,015 g/l lambda-cyhalothrin
KORADO 100 CS	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
KUSTI	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
LALGUARD M52 OD	- 2,0E+12 CFU/L Metarhizium brunneum stam Ma 43
LAMBDA 50 EC	- 50 g/l lambda-cyhalothrin
MARKATE 50 EC	- 50 g/l lambda-cyhalothrin
MAVRIK	- 240 g/l tau-fluvalinaat
MEZENE	- 25 g/l deltamethrin
MINECTO ONE	- 400 g/kg cyantraniliprole
MOVENTO	- 100 g/l spirotetramat
MOVENTO 100 SC	- 100 g/l spirotetramat
MOVENTO 100 SC	- 100 g/l spirotetramat
MULTISECT	- 5 g/l acetamiprid
MULTISECT AEROSOL	- 0,05 g/kg acetamiprid
MULTISECT GEBRUIKSKLAAR/PRET A L'EMPLOI	- 0,05 g/l acetamiprid
MYCOTAL	- 4,8% Akanthomyces muscarius stam Ve6
NATRIA ANTI-SECT BIO	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
NATURALIS-L	- 2,3E+07 CFU/ml Beauveria bassiana stam ATCC 74040
NEEMAZAL-T/S	- 10 g/l azadirachtine A
NEXIDE	- 60 g/l gamma-cyhalothrin
NINJA	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
OIKOS	- 26 g/l azadirachtine A
OMNI INSECT	- 15 g/l deltamethrin
OROCIDE PLUS	- 60 g/l sinaasappelolie
PATRIOT PROTECH	- 15 g/l deltamethrin
PYRETHRO BIO SPRUZIT	- 36 g/l pyrethrinen - 144 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
PYRETHRO PUR	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
PYRETHRO PUR SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
RAPTOL	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
RAVANE 50	- 50 g/l lambda-cyhalothrin
REQUIEM PRIME	- 152,3 g/l terpenoïdenmengsel QRD 460
ROSCLEAR	- 2,5 g/l acetamiprid - 7,5 g/l triticonazool
ROSCLEAR SPRAY	- 0,05 g/l acetamiprid - 0,15 g/l triticonazool
SAFRAN	- 18,5 g/l abamectine
SAVO-NET	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
SCATTO	- 25 g/l deltamethrin
SHERPA 100 EW	- 100 g/l cypermethrin
SHERPA 200 EC	- 200 g/l cypermethrin
SOLABIOL ANTI-SECT BIO	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten

SPANNER	- 480 g/l spinosad
SPARROW	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
SPARVIERO	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
SPARVIERO	- 100 g/l lambda-cyhalothrin
SPINOX	- 120 g/l spinosad
SPLENDOUR	- 25 g/l deltamethrin
SPLIT	- 15 g/l deltamethrin
SPRUZIT HIGH PERFORMANCE	- 45,9 g/l pyrethrinen
SPYRO	- 50 g/l pyrethrinen - 230 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
TRACER	- 480 g/l spinosad
TURBOSAD 480 SC	- 480 g/l spinosad
ULTOR 150 OD	- 150 g/l spirotetramat
VARGAS	- 18,5 g/l abamectine
VELIFER	- 8000000000 CFU/mL Beauveria bassiana stam PPRI 5339
VERTIMEC	- 18 g/l abamectine
VSM SPIROTETRAMAT	- 100 g/l spirotetramat
WECAN	- 26 g/l azadirachtine A
WINNER	- 582,5 g/kg formetanathydrochloride (500 g/kg formetanaat)
WOPRO ABAMECTINE EC	- 18 g/l abamectine
WOPRO DELTAMETHRIN 2,5 EC	- 25 g/l deltamethrin

B

Tabel 8: Een lijst van alle in België toegelaten gewasbeschermingsmiddelen ter bestrijding van tripsen in de biologische landbouw. Bron: Fytoweb (2015).

Productnaam	Werkzame stof
ANTI-LUIS en ANTI-SPINT SPRAY/ANTI-PUCERONS et ANTI-ACARIENS SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
ANTI-LUIS en ANTI-SPINT/ANTI-PUCERONS et ANTI-ACARIENS	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
AZATIN EC	- 26 g/l azadirachtine A
BIO 1020 OD	- 2,0E+12 CFU/L Metarhizium brunneum stam Ma 43
BIO INSECT STOP	- 848,24 g/l koolzaadolie
BIO-PYRETREX	- 20 g/l pyrethrinen - 255 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
BIO-PYRETREX GARDEN	- 20 g/l pyrethrinen - 255 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
BIO-PYRINSECT SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
BIO-PYRINSECT ULTRA	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
BOOMERANG	- 120 g/l spinosad
BOOMERANG GARDEN	- 120 g/l spinosad
BOTANIGARD 22 WP	- 22% Beauveria bassiana stam GHA
COMPO NATURABELL BIO INSECT	- 36 g/l pyrethrinen - 144 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
CONSERVE GARDEN	- 120 g/l spinosad
CONSERVE PRO	- 120 g/l spinosad
FLIPPER	- 479,8 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
FUTURECO NOFLY	- 18% Paecilomyces fumosoroseus stam FE 9901
LALGUARD M52 OD	- 2,0E+12 CFU/L Metarhizium brunneum stam Ma 43
MYCOTAL	- 4,8% Akanthomyces muscarius stam Ve6
NATRIA ANTI-SECT BIO	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
NATURALIS-L	- 2,3E+07 CFU/ml Beauveria bassiana stam ATCC 74040
NEEMAZAL-T/S	- 10 g/l azadirachtine A
OIKOS	- 26 g/l azadirachtine A
OROCIDE PLUS	- 60 g/l sinaasappelolie
PYRETHRO BIO SPRUZIT	- 36 g/l pyrethrinen - 144 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
PYRETHRO PUR	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
PYRETHRO PUR SPRAY	- 8,25 g/l koolzaadolie - 0,045 g/l pyrethrinen
RAPTOL	- 825,3 g/l koolzaadolie - 4,59 g/l pyrethrinen
SAVO-NET	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
SOLABIOL ANTI-SECT BIO	- 515,1 g/l vetzuren C7-C18 en C18-onverzadigd, kaliumzouten
SPANNER	- 480 g/l spinosad
SPINOX	- 120 g/l spinosad
SPRUZIT HIGH PERFORMANCE	- 45,9 g/l pyrethrinen
SPYRO	- 50 g/l pyrethrinen - 230 g/l piperonylbutoxide (Synergist)
TRACER	- 480 g/l spinosad
TURBOSAD 480 SC	- 480 g/l spinosad
WECAN	- 26 g/l azadirachtine A