

***PRONEMATUS UBIQUITUS ALS
ROOFMIJT IN DE GEÏNTEGREERDE
BESTRIJDING VAN DE
TOMATENGALMIJT ACULOPS
LYCOPERSICI***

Nele Vandycke

Studentennummer: 01602572

Promotoren: Prof. dr. ir. P. De Clercq, Prof. dr. ir. T. Van Leeuwen

Tutor: ir. L. Vervaet

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

Academiejaar: 2020 - 2021

4 juni 2021

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.

De promotoren

De auteur

Prof. dr. ir. P. De Clercq

Nele Vandycke

Prof. dr. ir. T. Van Leeuwen

WOORD VOORAF

Al van kinds af aan was ik grote fan van alles wat met dieren en natuur te maken had. Na mijn middelbare studies koos ik dan ook met een klein hartje om mezelf voor een grootse uitdaging te zetten: studeren voor bio-ingenieur. Na een eerste jaar van hard werken en veel sukkelen werd ik er dan ook voor beloond. De jaren die volgden verliepen een pak vlotter en voor ik het wist stond ik voor de lijst met thesisonderwerpen.

Deze masterproef is het eindpunt van mijn vijf jaar durende studies en ik ben dan ook ontzettend trots dat ik dit werk kan afleveren. Gedurende het voorbije jaar heb ik veel bijgeleerd en heb ik mezelf op professioneel vlak beter leren kennen. Ik had het geluk om tijdens dit proces een goede begeleiding te hebben en wil hiervoor ook een aantal personen vermelden.

Allereerst zou ik graag mijn tutor, ir. Lore Vervaet, willen bedanken voor de geweldige ondersteuning en hulp gedurende het volledige jaar. Ik kon met al mijn vragen en problemen bij haar terecht en kon in het labo ook altijd rekenen op assistentie indien nodig. Bedankt voor alles. Wie ik uiteraard ook wil bedanken zijn mijn beide promotoren, Prof. dr. ir. Patrick De Clercq en Prof. dr. ir. Thomas Van Leeuwen. Ik kon rekenen op een goede sturing van mijn thesis en ook telkens op een snelle en kritische herziening van mijn teksten. Dhr. Joris Meys en dr. ir. Bjorn Vandekerkhove verdienen hier ook een bedanking om tijd vrij te maken en mij te helpen bij specifieke aspecten uit mijn thesis.

Verder wil ik mijn vrienden uit de bio-ingenieurswetenschappen bedanken voor de hulp en steunberichtjes en de mogelijkheid om bij hen eens wat stoom af te blazen.

Tot slot wil ik ook graag mijn familie bedanken voor de steun en het vertrouwen gedurende de afgelopen jaren. Jullie interesse in alles waarmee ik bezig was, zorgde voor een eindeloze stroom aan motivatie om er telkens opnieuw volledig voor te gaan. Als laatste wil ik graag mijn vriend Maarten bedanken voor de onvoorwaardelijke steun en het geruststellen in stresserende perioden de afgelopen vijf jaar.

Nele Vandycke

Gent, 2021

LIJST VAN AFKORTINGEN

TGM	Tomatengalmijt; <i>Aculops lycopersici</i>
RV	Relatieve vochtigheid (%)
IPM	Geïntegreerde gewasbescherming (Integrated pest management)
IGP	Intraguild predatie
L:D	Licht:Donker
IRAC	Insecticide Resistance Action Committee
GBM	Gewasbeschermingsmiddelen

SAMENVATTING

De tomatengalmijt, *Aculops lycopersici* (Eriophyidae), is de laatste jaren bezig aan een opmars in de Vlaamse tomatenteelt. De minieme lengte van 150 – 200 µm bemoeilijkt de vroege detectie van de plaag alsook mogelijke monitoringssystemen. Het schadebeeld van de mijt start met een bruinverkleuring van de stengel en bladeren en eindigt in extreme gevallen met verkurkte vruchten. De eerste symptomen kunnen makkelijk verward worden met andere plagen of ziekten en tegen de tijd dat een correcte identificatie van de plaag heeft kunnen plaatsvinden is de mijt al in zeer grote aantallen aanwezig. Een plan van geïntegreerde gewasbescherming (IPM) kan hier een uitweg bieden.

In dit werkstuk werd dieper ingegaan op bepaalde aspecten binnen die geïntegreerde gewasbescherming, meer bepaald richting de biologische en chemische bestrijding. De roofmijt *Pronematus ubiquestus* (Iolinidae) heeft zich al kunnen bewijzen als potentiële biologische bestrijder van de tomatengalmijt. Er werd gekeken welke substraten en voedingsbronnen voor positieve effecten zorgden bij de ontwikkeling van ei tot protonimf van de roofmijt. Hiervoor werd een tomatendeelblaadje vergeleken met een plastic arena bij toevoeging van geen voedingsbron of *Typha sp.* pollen. De ontwikkeling werd ook geëvalueerd op een tomatendeelblaadje met de toevoeging van tomatengalmijten of een combinatie van pollen en tomatengalmijten. *P. ubiquestus* bleek een obligaat voedende mijt te zijn in het larvenstadium die sneller ontwikkelde op een tomatendeelblaadje dan op een plastic arena. Het type voeding gaf geen significant verschil op de ontwikkelingsduur.

Vervolgens werd ook gekeken naar de interacties tussen *P. ubiquestus* en de roofwants *Macrolophus pygmaeus* (Miridae), een veelgebruikte predator in de tomatenteelt. De intraguïld predatie tussen wijfjes van de roofmijt en alle vijf de nimfenstadia van de roofwants werden één op één bekeken op een gestandaardiseerde bladarena. Het effect van de toevoeging van extraguïld voedsel werd ook geëvalueerd bij het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus*. Zowel de invloed van *Typha sp.* pollen als *Artemia* cysten werd hierbij bekeken. Er vond unidirectionele intraguïld predatie plaats van de roofwants op de roofmijt. Het nimfenstadium had geen significante invloed op de intensiteit van de predatie, net als de additie van extraguïld voedsel.

In het laatste deel van deze thesis werd gefocust op de chemische bestrijding van de tomatengalmijt. Hierbij werden vijftien verschillende gewasbeschermingsmiddelen getest op hun effectiviteit aan concentraties van telkens 20, 100 en 500 ppm. De hoogste mortaliteit werd vastgesteld na een behandeling met Sanmite, Naja, Pylon, Torque en Mitac. Een duidelijk dosis-respons effect werd bekomen na behandeling met de producten Kanemite, Floramite, Pychlorex, Fury en Kumulus en de producten Scelta, Apollo, Andalin, Cascade en Talstar vertoonden een zeer lage effectiviteit op tomatengalmijt adulten.

De neveneffecten van tien veelgebruikte gewasbeschermingsmiddelen uit de Vlaamse tomatenteelt op de roofmijt *P. ubiquestus* werden ook geëvalueerd aan de veld dosis. Er werd gekeken naar het effect op de overleving en ovipositie van de wijfjes alsook naar de ontluiking van de eitjes tot larven. Oberon werd toegepast op larven waarbij hun ontwikkeling werd opgevolgd. Vooral Bio-pyretrex, Vertimec, Affirm en Kumulus vertoonden grote effecten op zowel de overleving als de ovipositie. Floramite had een grote effectiviteit op de wijfjes, maar

een deel kon de behandeling wel overleven en verder eitjes afleggen. De ontloken larven ondervonden geen effect. Closer en Borneo vertoonden dan weer zeer lage mortaliteitspercentages bij de wijfjes, maar Borneo zorgde wel voor een volledige sterfte van de nakomelingen. Sivanto en Limocide zorgden voor een gematigde mortaliteit en daling van de ovipositie. Limocide had geen effect op de ontluiking van de eitjes terwijl Sivanto zorgde voor een daling ervan. De behandeling met Oberon zorgde dat alle larven ofwel stierven in het larvenstadium, ofwel tijdens de vervelling naar het nimfenstadium.

INHOUDSTABEL

DEEL I INLEIDING	- 1 -
DEEL II LITERATUURSTUDIE	- 3 -
1 <i>Aculops lycopersici</i>	- 3 -
1.1 Taxonomie	- 3 -
1.2 Voorkomen en verspreiding.....	- 3 -
1.3 Morfologie en biologie.....	- 4 -
1.4 Schade.....	- 6 -
1.5 Bestrijding	- 8 -
1.5.1 Biologische bestrijding	- 9 -
1.5.2 Chemische bestrijding	- 10 -
1.6 Effect van tomaat op <i>A. lycopersici</i>	- 11 -
2 <i>Pronematus ubiquitus</i>	- 12 -
2.1 Taxonomie en morfologie	- 12 -
2.2 Voorkomen en biologie	- 13 -
2.3 Gebruik in de biologische bestrijding.....	- 14 -
3 <i>Macrolophus pygmaeus</i>	- 15 -
3.1 Taxonomie en morfologie	- 15 -
3.2 Voorkomen en biologie	- 17 -
3.3 Voeding.....	- 18 -
3.4 Gebruik in de biologische bestrijding.....	- 18 -
4 Intraguild predatie (IGP)	- 19 -
DEEL III MATERIAAL EN METHODEN	- 22 -
5 Kweek	- 22 -
5.1 <i>Aculops lycopersici</i>	- 22 -
5.2 <i>Pronematus ubiquitus</i>	- 23 -
5.3 <i>Macrolophus pygmaeus</i>	- 23 -
6 Experimenten	- 24 -
6.1 Voedingsproef met <i>P. ubiquitus</i>	- 24 -
6.2 Intraguild predatie (IGP) tussen <i>M. pygmaeus</i> en <i>P. ubiquitus</i>	- 26 -
6.2.1 IGP tussen <i>M. pygmaeus</i> en <i>P. ubiquitus</i>	- 26 -
6.2.2 IGP tussen <i>M. pygmaeus</i> en <i>P. ubiquitus</i> met toevoeging van extraguild voedsel ..	- 28 -
6.3 Toxiciteitstesten op <i>A. lycopersici</i> en <i>P. ubiquitus</i>	- 28 -
6.3.1 Effectiviteit van vijftien gewasbeschermingsmiddelen (GBM) voor de controle van <i>A. lycopersici</i>	- 28 -
6.3.2 Neveneffecten van tien gewasbeschermingsmiddelen op <i>P. ubiquitus</i>	- 31 -
7 Statistische verwerking	- 33 -

DEEL IV RESULTATEN EN BESPREKING	- 34 -
8 Voedingsproef op <i>Pronematus ubiquitous</i>	- 34 -
8.1 Invloed van substraat en dieet op de ontwikkeling van ei tot protonimf	- 34 -
8.2 Conclusie	- 35 -
9 Intraguild predatie (IGP) tussen <i>Macrolophus pygmaeus</i> en <i>Pronematus ubiquitous</i>	- 37 -
9.1 IGP zonder extraguild voedsel	- 37 -
9.2 IGP met toevoeging van extraguild voedsel	- 39 -
9.3 Conclusie	- 39 -
10 Effectiviteit van vijftien gewasbeschermingsmiddelen (GBM) voor de controle van <i>Aculops lycopersici</i>	- 40 -
10.1 Effectiviteit van GBM met een inhiberende werking op de respiratie	- 40 -
10.2 Effectiviteit van GBM met een inhiberende werking op de groei en ontwikkeling	- 42 -
10.3 Effectiviteit van GBM met een werking op het zenuwstelsel	- 43 -
10.4 Effectiviteit van zwavel	- 44 -
10.5 Conclusie	- 45 -
11 Neveneffecten van tien GBM op <i>P. ubiquitous</i>	- 46 -
11.1 Effecten van GBM op <i>P. ubiquitous</i> wijfjes	- 46 -
11.2 Invloed van GBM op de ovipositie en ontluiking van eitjes	- 47 -
11.3 Effecten van Oberon (spiromesifen) op <i>P. ubiquitous</i> larven	- 47 -
11.4 Discussie	- 49 -
11.5 Conclusie	- 51 -
 ALGEMEEN BESLUIT	 - 52 -
 IDEEËN VOOR VERDER ONDERZOEK	 - 53 -
 REFERENTIES	 - 54 -

DEEL I INLEIDING

De tomatengalmijt, *Aculops lycopersici*, is een belangrijke plaag in de tomatenteelt en voedt zich ook op andere Solanaceae zoals aubergine en aardappel (Duso et al., 2010). Ze werd voor het eerst beschreven in Australië en is vandaag de dag kosmopoliet aanwezig (Aysan & Kumral, 2018). Schade door de tomatengalmijt begint als een bruinverkleuring van de stengel, waarna ook de bladeren bruin kleuren, opkrullen en uiteindelijk verdorren. Bij een zware aantasting kunnen ook de vruchten van de tomatenplant verkurken en vervolgens onverkoopbaar worden. In de Vlaamse tomatenteelt is de aanwezigheid van deze mijt de laatste jaren sterk toegenomen. Momenteel vormt ze de grootste bedreiging in de teelt met een belangrijk economisch verlies als resultaat vanwege lagere productie en hogere arbeidskosten. Door de moeilijke detectie van de tomatengalmijt in een vroeg stadium, een gebrek aan efficiënte natuurlijke vijanden die commercieel beschikbaar zijn en de beperkingen die gepaard gaan met chemische bestrijding, geven telers aan dat de plaag moeilijk te beheersen is (Agentschap Innoveren & Ondernemen, 2018).

Sinds 2009 is het verplicht voor land- en tuinbouwers om de bestrijding van plagen volgens het principe van geïntegreerde gewasbescherming of IPM uit te voeren. Deze methode is opgebouwd uit vier pijlers: preventie, monitoring, interventie en registratie waarbij de manier van interventie mede wordt bepaald op vlak van veiligheid voor de omgeving, gebruiker en consument. Hierbij wordt voorrang gegeven aan niet-chemische bestrijdingsmethoden zoals biologische bestrijding (Departement Landbouw & Visserij, g.d.). Er zijn vandaag de dag echter geen biologische bestrijders tegen de tomatengalmijt commercieel beschikbaar. De commerciële roofmijten uit de Phytoseiidae familie worden gehinderd door de klierharen op tomaat die bescherming bieden voor de tomatengalmijt (Reybroeck et al., 2018). Roofmijten uit de familie Iolinidae zijn in dit opzicht interessant aangezien ze veel kleiner zijn en kunnen bewegen tussen de trichomen (Pijnakker et al., 2020). Uit het onderzoek van Pijnakker et al. (2020) bleken de mijten *Homeopronematus anconai* en *Pronematus ubiquitus*, beiden uit laatstgenoemde familie, geschikte biologische bestrijders van de tomatengalmijt.

Naast de tomatengalmijt komen echter ook andere plagen voor in de tomatenteelt zoals de kaswittevlug (*Trialeurodes vaporariorum*), tabakswittevlug (*Bemisia tabaci*) en tomaatmineermot (*Tuta absoluta*). Hiertegen wordt de wants *Macrolophus pygmaeus* vaak ingezet als biologische bestrijder (Sanchez et al., 2018). Dankzij de grote variëteit aan plagen en bestrijders aanwezig in de tomatenteelt komen ook veel onderlinge interacties voor tussen de verschillende predatoren (Gigon et al., 2016). Eén van deze interacties, de zogenaamde intraguild predatie of IGP, komt voor wanneer een organisme een concurrent doodt en eventueel consumeert (Lucas & Maisonhaute, 2019). Deze interacties kunnen het succes van de biologische bestrijding bedreigen (Gigon et al., 2016).

Deze thesis helpt mee aan het VLAIO project BALTO (Beheersing van de tomatengalmijt *A. lycopersici* in tomaat) in de zoektocht naar een IPM bestrijding, meer bepaald richting de biologische en chemische bestrijding. Uit verscheidene eerdere experimenten vertoont *P. ubiquitus* een hoger potentieel als biologische bestrijder dan *H. anconai* waardoor deze masterproef zich focust op de eerstgenoemde mijt (Aussems et al., 2021). Er wordt onderzocht op welke combinaties van substraat en voedingsbron de mijt zich tot protonimf kan ontwikkelen. Verder wordt ook gekeken in hoeverre er sprake is van intraguild predatie tussen de roofmijt en de wants *M. pygmaeus*, beiden predatoren in de tomatenteelt. Als laatste wordt

ook de chemische bestrijding van de tomatengalmijt zelf bekeken voor een aantal pesticiden als finale stap van de IPM bestrijding. De neveneffecten van bepaalde pesticiden op de bestrijder *P. ubiquitus* worden ook onderzocht.

1 *Aculops lycopersici*

1.1 Taxonomie

A. lycopersici, de tomatengalmijt (TGM) of “tomato russet mite” (Figuur 1) is een mijt die behoort tot de familie Eriophyidae (Arthropoda: Chelicerata: Acari: Acariformes) (CABI, 2019). In 1917 is de TGM voor het eerst gerapporteerd in Queensland, Australië door H. Tryon, die de mijt de naam *Phyllocoptes lycopersici* gaf (Akyazi, 2012; Anderson, 1954; Negm & Alsharhi, 2018). Hij gaf echter geen beschrijving, waardoor de naam niet geldig werd bevonden. In 1937 werd dit probleem opgelost door A. M. Masee, die het organisme had beschreven en het opnieuw de naam *P. lycopersici* gaf. In 1940 werd de mijt herbeschreven door Keifer als een nieuwe soort, *Phyllocoptes destructor*, die in 1946 in een ander genus, *Vasates*, werd geplaatst. Later werd gezien dat *V. lycopersici* en *V. destructor* één en dezelfde soort zijn en werd *V. lycopersici* als correcte naam genomen (Akyazi, 2012; Anderson, 1954). Vandaag de dag is de officiële naam *Aculops lycopersici* (Tryon, 1917) (CABI, 2019).



Figuur 1. Twee *A. lycopersici* individuen op tomaat (Vervaet et al., 2021).

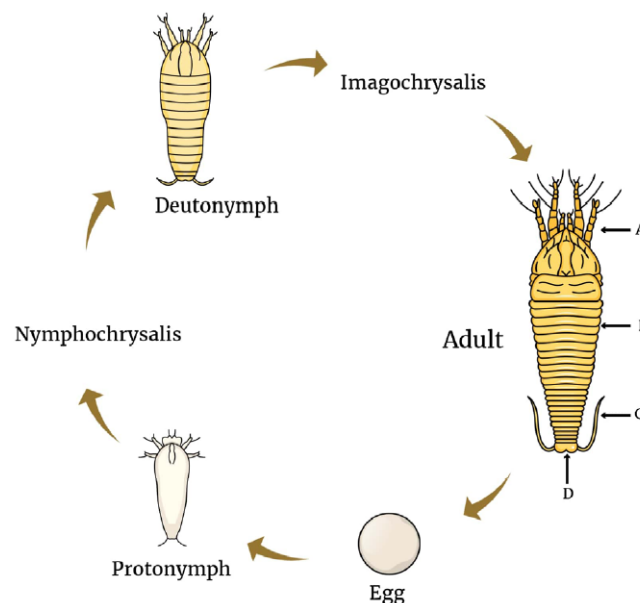
1.2 Voorkomen en verspreiding

De TGM is kosmopoliet in distributie en te vinden in bijna alle gebieden waar Solanaceae groeien tussen 60 ° Noorder- en 60 ° Zuiderbreedte (Akyazi, 2012; Pfaff et al., 2020). Ze zijn, zoals de naam ook doet vermoeden, vooral een grote plaag op tomaat, maar hebben een hele resem aan andere waardplanten zoals aardappel, aubergine, peper, goudbes... Zo zijn ze dan ook een uitzondering op de regel dat Eriophyidae mijten sterk gespecialiseerde mijten zijn. Door het grote aantal (wilde) waardplanten is er minder competitie voor voeding tussen de individuen (Duso et al., 2010).

De TGM voedt en reproduceert zich zeer snel op tomaat waardoor de planten vroegtijdig afsterven en de plaag nieuwe waardplanten moet zoeken. Volgens Royalty & Perring (1988) kan door dit fenomeen, dat “solanum stimulation” wordt genoemd, aangenomen worden dat de tomatenplant niet de originele evolutionaire waardplant is voor de TGM. Dit effect komt niet voor bij bijvoorbeeld petunia of akkerwinde, wat hen geschikte overwinteringsplaatsen maakt voor de TGM (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Royalty & Perring, 1988).

1.3 Morfologie en biologie

A. lycopersici is een zeer kleine, wit tot oranje gekleurde mijt. De levenscyclus bestaat uit vier stadia (ei, twee nimfenstadia en adult) (Figuur 2), en duurt ongeveer een week afhankelijk van de temperatuur en relatieve vochtigheid (RV) (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943). De adulten hebben een fusiform (torpedo-achtig) lichaam van 150 - 200 µm lang en 55 µm breed wanneer volgroeid. De wijfjes zijn over het algemeen groter dan de mannetjes (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Metwally et al., 2020). Op de tarsi van de twee paar cephalothoraxpoten (Figuur 2, label A) zijn er klauwachtige structuren te zien, veerklauwen, met vier paar stralen (CABI, 2019). Ze hebben een paar vasthechtingslobben (Figuur 2, label D) en een paar lange haren (Figuur 2, label C) aan het achterste deel van het lichaam. De adulten beschikken over genitalia die ventraal gesitueerd zijn net voorbij de coxae. De dorsale halfringen of tergieten op het abdomen zijn meestal breder en in mindere mate aanwezig dan de ventrale halfringen of sternieten (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Metwally et al., 2020).



Figuur 2. Levenscyclus van *A. lycopersici*. De mijten hebben slechts twee paar poten (label A) en dorsale halfringen (tergieten) (label B) welke breder maar in minder mate aanwezig zijn dan de ventrale halfringen (sternieten). Een paar lange haren (label C) en vasthechtingslobben (label D) zijn gesitueerd aan het achterste deel van het lichaam (Vervaet et al., 2021).

Bevruchting gebeurt inwendig door transfer van spermatofoeren die worden afgezet door mannetjes op het plantsubstraat en vervolgens worden opgenomen door wijfjes (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018b). Bij de TGM gebeurt de reproductie volgens het principe van arrhenotokie, wat wil zeggen dat onbevruchte eitjes ontwikkelen tot haploïde (n) mannetjes, die meestal snel

genoeg ontwikkelen om met de moeder te paren en zo bevruchte eitjes te produceren die voor diploïde ($2n$) vrouwelijke nakomelingen zorgen (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943).

De eitjes zijn rond en groot (\varnothing 55 μm) in vergelijking met de grootte van de wijfjes. Bij de eiafleg zijn ze oopaalchtig wit en later troebel geelachtig. Bij 21 °C duurt dit stadium twee dagen (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Metwally et al., 2020). De eitjes worden verspreid gelegd op het bladoppervlak (vooral dicht bij de nerven) alsook tussen de trichomen, op de stengel of zelfs op vruchten bij een hoge besmettingsgraad (Bailey & Keifer, 1943; Metwally et al., 2020). Het eerste nimfenstadium (protonimf) lijkt sterk op de adult, maar is kleiner (90 - 100 μm) en heeft geen genitale organen, enkel genitale setae. Ze zijn doorzichtig wit gekleurd, hebben twee paar poten en hun kopgedeelte is bijna even groot als dat van de adulten. De setae op het schild richten zich opwaarts en voorwaarts en er zijn geen abdominale ringen noch microtubercules aanwezig. De protonimfen ondergaan een nimfchrysalis waarna ze vervellen tot het meer actieve tweede nimfenstadium (deutonimf) dat geler is dan het eerste stadium. Ze zijn 140 - 160 μm lang en de setae op het schild zijn nu achterwaarts gericht. Ook zijn abdominale ringen en microtubercules aanwezig. De ringen zijn abundanter en staan dichter bij elkaar op de ventrale zijde van het abdomen dan op de dorsale zijde. Alvorens te vervellen tot adult ondergaan de deutonimfen een imagochrysalis (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943).

Er wordt geschat dat de TGM zich succesvol kan ontwikkelen van ei tot adult tussen 11 °C en 36 °C (bij 50 % RV), met lineair stijgende ontwikkelingsnelheden van 15 tot 27,5 °C (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018b; Haque & Kawai, 2003). Bij 8 °C ontluiken geen eitjes en bij 39 °C is er geen ontwikkeling tot adult. De optimale temperatuur voor ontwikkeling van de onvolwassen stadia ligt tussen 28 en 32 °C (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018b). Volgens Aysan & Kumral (2018) bevinden de optimale omstandigheden voor TGM zich tussen 26 en 29 °C en bij 53 - 75 % RV. De overleving daalt echter van 90 % bij 27,5 °C tot slechts 53 % bij 30 °C (Haque & Kawai, 2003). De levenscyclus kan worden vervolledigd in slechts zes tot zeven dagen bij optimale condities van 27 °C en 30 % RV. Onder deze omstandigheden duurt het voor het ei-, protonimf- en deutonimfstadium respectievelijk 2,8; 0,9 en 1,2 dagen (Vervaet et al., 2021). De totale levensduur van de mijt bedraagt zo'n 16,5 dagen voor de mannetjes en 22 dagen voor de wijfjes bij 25 °C en 70 % RV (Abou-Awad, 1979). Met een pre-ovipositie periode van gemiddeld twee dagen en een levensduur van 17 tot 30 dagen kunnen wijfjes tot 57 eitjes leggen (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018b; Bailey & Keifer, 1943; Haque & Kawai, 2003; Vervaet et al., 2021). Volgens Haque & Kawai (2003) was de fecunditeit het hoogste bij 25 °C met 51,7 eitjes per wijfje. Er kan geconcludeerd worden dat de mijt zich dus zeer snel kan ontwikkelen en dit het beste bij hoge temperatuur en lage luchtvochtigheid (Vervaet et al., 2021).

Per groeiseizoen heeft de mijt verschillende generaties en de populatie kan bij 25 °C verdubbelen in minder dan drie dagen tijd (Duso et al., 2010). Serres zijn een ideale habitat doorheen het hele jaar (Bailey & Keifer, 1943). Indien de mijten worden blootgesteld aan vriestemperaturen sterven ze binnen een paar uur tot een paar dagen; er is geen diapauze (Anderson, 1954). Ze kunnen overwinteren op waardplanten zoals petunia en akkerwinde, zoals besproken in 1.2 (Fischer & Klötzli, 2015). Ze kunnen ongeveer vier dagen overleven zonder voeding in de zomer (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943).

1.4 Schade

Zowel de nimfen als adulten van de TGM voeden zich op alle groene plantendelen en, in extreme gevallen, de vruchten van de tomatenplant (*Solanum lycopersicum*) (Bailey & Keifer, 1943; CABI, 2019; Leite et al., 1999; Pfaff et al., 2020).

Ze voeden zich door middel van een paar naaldvormige cheliceren waarmee ze de cel aanprikken en waarna ze met korte stiletten van ongeveer 10 µm lang speeksel in de cel injecteren om de inhoud vervolgens op te zuigen (Bailey & Keifer, 1943; van Houten et al., 2013). Het voeden door de mijten schaadt de onderste en bovenste epidermale cellaag. Er ontwikkelt zich een verdikte laag van callusweefsel met een hoog ligninegehalte over de parenchym regio's waar de epidermiscellen worden vernietigd (Pfaff et al., 2020; Royalty & Perring, 1988). Verder bleek ook dat de netto fotosynthese daalt bij de aanwezigheid van de mijten (Fischer & Klötzli, 2015; Royalty & Perring, 1989). Royalty & Perring (1989) suggereren dat deze daling indirect komt door de vernietiging van de sluitcellen. Hierdoor zouden de stomata sluiten waardoor de gasuitwisseling door het blad daalt en vervolgens ook de fotosynthese. De mijten voeden zich het liefst rond de middennerf en migreren naar buiten toe naargelang de epidermale cellen worden geconsumeerd (Royalty & Perring, 1988). Hierbij suggereren Royalty & Perring (1988) dat ze slechts de cellen aanprikken en zich kort voeden alvorens naar een nieuwe cel te verplaatsen. Dit zorgt voor een snelle stijging van het aantal cellen dat wordt beschadigd gedurende een bepaald tijdsinterval.

Zoals de naam al doet vermoeden zorgen de mijten voor een roestverkleuring van de bladeren en stengels (Akyazi, 2012; Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Pfaff et al., 2020). De eerste symptomen zijn slechts een zilververkleuring van de onderkant van het blad en chlorose van de onderste bladeren, waarna de trichomen op het onderste deel van de stengel neervallen, de stengel bruin verkleurt en soms kleine barsten ontwikkelt (Duso et al., 2010; Pfaff et al., 2020). De bladranden krullen om (Pfaff et al., 2020; Royalty & Perring, 1988), wat gevolgd wordt door het uitdrogen van de bladeren. Dit zorgt voor een reductie in transport van water en nutriënten naar onbeschadigde epidermale cellen. Hierdoor zijn de mijten verplicht om meer cellen te consumeren om zich te onderhouden (Royalty & Perring, 1988). Oudere geïnfesteerde bladeren kunnen afvallen (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Leite et al., 1999; Pfaff et al., 2020; Royalty & Perring, 1988) wat zorgt voor een verlies aan bladerdek. De vruchten kunnen op deze manier lijden aan zonnebrand en enkel in de meest extreme gevallen wordt het fruit zelf ook roestgekleurd (Figuur 3) (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943).

De symptomen verschijnen meestal eerst op de onderste delen van de tomatenplant en verschuiven gestaag naar boven. De grootste densiteit aan mijten is meestal te vinden vlak boven het beschadigde plantendeel (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Duso et al., 2010; Keifer et al., 1982; Pfaff et al., 2020). In tegenstelling tot andere mijten uit de familie Eriophyidae kunnen de TGM tegen direct zonlicht en hebben ze een oppervlakkige levenswijze waarbij ze geen gallen veroorzaken op het plantenweefsel (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Pfaff et al., 2020).



Figuur 3. Ernstig schadebeeld op tomaat (Vervaet et al., 2021).

Indien de mijten zich ongecontroleerd kunnen verder voeden, kan de volledige plant sterven (Aysan & Kumral, 2018; Bailey & Keifer, 1943). Afhankelijk van de graad van de besmetting kunnen opbrengstverliezen waarden aannemen tussen de 25 en 100 % (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018b) waarbij de grootste schade, uit commercieel standpunt, wordt veroorzaakt door het verlies aan bladerdek en de zonnebrand van de vruchten die er het gevolg van is (Bailey & Keifer, 1943).

De mijten verspreiden zich via de wind, regen of via een passerend object. Wanneer er geen gezond plantenweefsel meer over is, migreren ze naar de top van de plant en richten zich recht door te steunen op de achterste abdominale lobben. Ze heffen beide poten met de veerklauwen in de lucht en bewegen heen en weer, wachtend op een langskomend object, mens of dier om zich hiermee te verplaatsen. Tijdens de oogsttijd verspreiden ze zich zeer snel doordat ze mee getransporteerd worden bij de verplaatsing van dozen en met de plukkers (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943). In het tomatenveld is er vaak een onregelmatige verspreiding en het niveau van aggregatie hangt vooral af van de omgevingsfactoren (Duso et al., 2010).

Door de kleine afmetingen van de mijt wordt de besmetting vaak pas na een lange periode opgemerkt. De identificatie van de plaag gebeurt op basis van de herkenning van de symptomen, maar over de eerste symptomen, zoals chlorose op de bladeren of een bruinige tint op de stengels wordt makkelijk heen gekeken. Later is er kans dat de meer zichtbare symptomen foutief gediagnosticeerd worden, zoals de stengel- en bladverbruining die verward kan worden met ziekten als *Phytophthora infestans* (Pfaff et al., 2020). De detectie en monitoring is dan ook vaak problematisch waarbij kritische mijtniveaus niet worden gedetecteerd of worden onderschat (Duso et al., 2010). Volgens Pfaff et al. (2020) is het mogelijk om gezonde en geïnfecteerde planten te onderscheiden op basis van stengelfluorescentie tussen 660 en 780 nm met een blauwe lichtbron en een golflengtepiek van 450 nm. Het niveau van correcte diagnose hierbij is vergelijkbaar met, of beter dan, deze op basis van een beoordeling op zicht.

1.5 Bestrijding

Verschillende factoren maken van de TGM een economisch belangrijke gewasbeschadiger. De mijt is zeer klein waardoor deze pas laat wordt opgemerkt en heeft een hoge reproductiesnelheid alsook een arrhenotoke voortplanting wat samen resulteert in een hoog potentieel (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943; Fischer & Klötzli, 2015; Pfaff et al., 2020). De densiteit in tomatenserres kan zeer snel stijgen (Figuur 4) door het wijde geschikte interval van klimaatomstandigheden (Duso et al., 2010).



Figuur 4. Hoge densiteit van A. lycopersici op tomaat (Vervaeke et al., 2021).

Het doel is om een IPM-strategie te ontwikkelen die de tomatengalmijt beheersbaar maakt op bedrijfsniveau (Reybroeck et al., 2018). IPM of geïntegreerde gewasbescherming is een specifieke teeltmethode die in een duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen past en verplicht is voor land- en tuinbouwers volgens de Europese richtlijn 2009/128. Het is gebaseerd op vier opeenvolgende principes, namelijk preventie of voorkomen van ziekten en plagen, monitoren of waarnemen, interventie of bestrijding en als laatste registratie (Departement Landbouw & Visserij, g.d.). Het is dus belangrijk dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zoveel mogelijk wordt beperkt of vermeden door een aangepaste teelttechniek met behulp van waarnemingen en waarschuwingdiensten. Indien een behandeling met gewasbeschermingsmiddelen nodig is, moet er gekozen worden voor een product dat zo veilig mogelijk is voor de land- of tuinbouwer, consument en het leefmilieu waarbij de niet-chemische bestrijding voorrang krijgt. Tenslotte moet de land- of tuinbouwer ook de informatie rond de behandelingen registreren en beschrijven. Om deze principes beter te kunnen hanteren zijn er sectorspecifieke richtsnoeren opgesteld die worden gebruikt als basis voor de richtlijnen die een minimum zijn om te voldoen aan IPM (Departement Landbouw & Visserij, g.d.).

Volgens Duso et al. (2010) kan de TGM-densiteit verhogen op planten die lijden aan waterstress en kan irrigatie dus als een tool gebruikt worden om grote mijtpopulaties te verhinderen (Van Leeuwen et al., 2010). Verder spelen cultuurtechnische maatregelen maar

een kleine rol in de bestrijding (Bailey & Keifer, 1943), behalve uiteraard het starten van de teelt met een proper gewas (Vervaeke et al., 2021). De praktische implementatie van biologische controle tegen de TGM is nog zo goed als onbestaande, maar ook bij de chemische bestrijding zijn slechts een beperkte hoeveelheid bestrijdingsmiddelen geregistreerd voor gebruik tegen de mijt (Pfaff et al., 2020).

1.5.1 Biologische bestrijding

Op laboschaal hebben meerdere soorten roofmijten zich kunnen bewijzen als predatoren van de TGM, waaronder *Amblyseius andersoni*, *Amblyseius swirskii*, *Amblyseius victoriensis*, *Euseius concordis*, *Neoseiulus californicus*, *Neoseiulus cucumeris*, *Neoseiulus fallacis*, *Typhlodromips montdorensis* en *Typhlodromus athiasae* van de familie Phytoseiidae, *Agistemus exsertus* van de familie Stigmaeidae, alsook *Homeopronematus anconai* en *Pronematus ubiuitus* van de familie Iolinidae (Brodeur et al., 1977; Kawai & Haque, 2004; Osman & Zaki, 1986; Park et al., 2010). Uit preliminaire serreproeven met de commercieel beschikbare roofmijten *A. andersoni*, *N. californicus* en *N. cucumeris* is gebleken dat ze zich wel op TGM voeden, maar niet succesvol zijn in het onder controle houden van de TGM-populatie (Park et al., 2010; Van Leeuwen et al., 2010). Uit het onderzoek van Park et al. (2010) bleek dat *A. swirskii* een veelbelovende roofmijt is op laboschaal, maar er is nog geen onderzoek uitgevoerd op het effect onder praktijkomstandigheden. Verschillende soorten uit de familie Phytoseiidae accepteren TGM als voedsel, maar door hun afmetingen worden ze gehinderd door de trichomen op de plant en velen kunnen zich hierdoor ook niet vestigen of reproduceren (Pijnakker et al., 2020; Simmons & Gurr, 2005). De soorten waarbij dit wel lukt kunnen dit bovendien slechts op planten die dusdanig beschadigd zijn dat de trichomen zijn afgestorven en geen invloed meer hebben op de ontwikkeling van de roofmijten (Pijnakker et al., 2020).

Alle huidige commercieel beschikbare roofmijten zijn van een bepaalde grootte waarbij ze belemmerd worden door de klierharen op tomaat en dus in de praktijk niet succesvol zijn. Er zijn momenteel dan ook geen natuurlijke vijanden beschikbaar voor de biologische bestrijding van de TGM (Reybroeck et al., 2018).

Mijten uit de Iolinidae zijn, in vergelijking met deze uit de Phytoseiidae, wat kleiner en kunnen tussen de trichomen bewegen. Ze voeden zich op onder andere kleine prooien en kunnen hoge populatieniveaus bereiken bij toediening van pollen (Pijnakker et al., 2020; van Houten et al., 2013). Tijdens het onderzoek naar de populatiegroei van de TGM volgens Kawai & Haque (2004), zagen de onderzoekers op verschillende planten de roofmijt *H. anconai* van nature verschijnen. Waar de predator verscheen, daalde de populatie van TGM drastisch. Na verder onderzoek bleek dat *H. anconai* effectief als biologische controle kan ingezet worden. Dit werd ook besloten uit het onderzoek van Hessein & Perring (1986). Brodeur et al. (1977) kwamen echter tegenstrijdigheden tegen waarbij *H. anconai* zich niet tot adult kon ontwikkelen indien enkel gevoed op TGM. Pijnakker et al. (2020) voerden serreproeven uit met *H. anconai* en *P. ubiuitus*. Beide mijten zijn volgens deze auteurs zeer geschikt voor het onder controle houden van de TGM-populaties, vooral als er een hoge mate van kolonisatie is vóór TGM-infestatie. Ze zouden de plant kunnen beschermen of de schadesymptomen vertragen en verminderen. Uit verder onderzoek door Aussems et al. (2021) bleek dat *P. ubiuitus* zich net iets sneller ontwikkelt dan *H. anconai* en ook net iets beter de TGM bestrijdt.

Niet alleen roofmijten, maar ook de rooftrips *Leptothrips mali* kan zich voeden op de TGM. Deze ondervindt echter ook hinder door de klierharen op tomaat (Anderson, 1954; Bailey &

Keifer, 1943). Als laatste blijken ook enkele entomopathogene schimmels zoals *Metarhizium anisopliae* en *Hirsutella thompsonii* een invloed uit te oefenen op de overleving van de TGM (Pfaff et al., 2020; Vervaet et al., 2021).

1.5.2 Chemische bestrijding

Chemische bestrijding van de TGM is vaak onsuccesvol door de inaccuraten schatting van het tijdstip waarop de producten moeten worden toegepast. Een reden hiervoor is de minieme grootte van de mijt wat een correcte monitoring bemoeilijkt. Dit zorgt vaak voor een gebrekkige bestrijding van de mijtniveaus en ecologische problemen zoals het vernietigen van niet-doelorganismen en natuurlijke vijanden van de plaag. Een tweede probleem is het feit dat de mijten op alle bovengrondse plantdelen kunnen voorkomen waardoor de chemische bestrijding vaak onvoldoende effectief is aangezien ze nooit allemaal getroffen en afgedood worden (Agentschap Innoveren & Ondernemen, 2018). Een derde probleem is de kans op residu's op tomaten door het gebruik van chemische producten tijdens de afrijpingsperiode. Tijdens deze periode zijn de populatieniveaus het hoogst en zorgt een besmetting voor de meeste schade in termen van opbrengstverlies (Aysan & Kumral, 2018; Duso et al., 2010). Herhaald gebruik van pesticiden kan leiden tot resistentie en dus inefficiëntie van de chemische bestrijding (Atanasov, 1995). Het assortiment aan acariciden met een goede werking tegen de TGM slinkt doorheen de jaren door intensiever onderzoek naar hun veiligheid voor de menselijke gezondheid en het milieu alsook door economische redenen zoals het weerhouden of terugtrekken van dossiers door de industrie (Van Leeuwen et al., 2010).

In gebieden waar TGM herhaaldelijk een probleem vormt, worden preventieve pesticidetoepassingen aangeraden. In Noordwest-Europa wordt, door het klimaat, vooral gewerkt met biologisch gebaseerde IPM. Door de milde klimaatomstandigheden in Zuid-Europa gebruiken ze deze benadering minder door het bredere spectrum aan alternatieve waardplanten voor TGM, alsook het hoger aantal plagen op tomaat. Chemische controle wordt vandaag de dag vooral gebruikt om de TGM-niveaus te beperken, maar door de sterke verspreiding en bredere keuze aan alternatieve waardplanten verlaagt de efficiëntie van deze acariciden (Duso et al., 2010).

Doorheen de jaren zijn verscheidene onderzoeken uitgevoerd op verschillende insecticiden en/of acariciden tegen de TGM. Zwavel werd al snel bevonden als een werkzame stof tegen de mijt (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943), maar kan residu's achterlaten op tomaat en is soms in de praktijk ineffectief gebleken (Van Leeuwen et al., 2010). Volgens het onderzoek van Fischer & Klötzli (2015) is de curatieve werking van zwavel minstens even goed als de werking van de actieve stof abamectine. De preventieve werking van zwavel blijkt echter minder effectief te zijn bij hoge inoculatie van de mijten.

In het onderzoek van Abou-Awad & El-Banhawy (1985) werd het effect van de volgende producten op TGM getest: methamidofos, pyridafenthion, cypermethrine, dicofol en fenarimol. Aanleiding hiervoor was de tolerantie ontwikkeld tegen methamidofos, een organofosfaat. Er werd geconstateerd dat TGM die tolerant waren tegen methamidofos, wel zeer gevoelig waren voor dicofol en pyridafenthion en gevoelig voor cypermethrine. Royalty & Perring (1987) vergeleken dan de toxiciteit van vijf verschillende acariciden, namelijk abamectine, dicofol, cyhexatine, zwavel en thuringiensin (ABG-6162). ABG-6162 is een vloeibaar product dat bestaat uit het exotoxine van *Bacillus thuringiensis* (Grau, 1986). Uit het onderzoek bleek dat abamectine toxischer is dan dicofol voor de TGM en tegelijk de *H. anconai* populatie spaart. Huwa-San TR50 is een acaricide dat een goede werking uitoefent op de TGM, maar tegelijk

de roofmijt *N. cucumeris* spaart bij dezelfde concentraties. Het product kan gebruikt worden in een IPM programma als een acaricide (Al-Azzazy & Alhewairini, 2018a).

In België zijn momenteel slechts drie verschillende actieve stoffen toegelaten als bestrijding van de TGM: zwavel (Biosoon 80 WG; Kumulus WG; VSM Zwavel 80 WG), pyridaben (Carex 100 SC; Sanmite 100 SC) en spiromesifen (Oberon) (Fytoweb, 2021).

1.6 Effect van tomaat op *A. lycopersici*

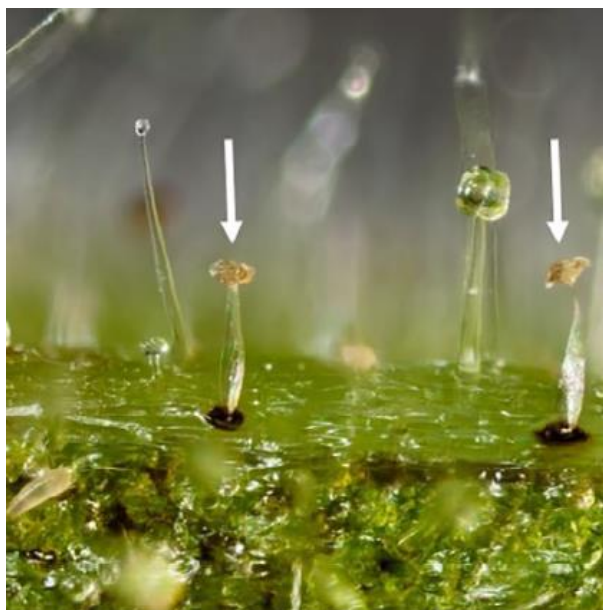
Tomatenplanten (*S. lycopersicum*) hebben epidermale uitsteeksels, trichomen genoemd, die een grote variabiliteit kunnen aannemen in grootte en vorm. De trichomen kunnen zowel uni- of multicellulair zijn, glandulair of niet-glandulair en kunnen worden onderverdeeld in zeven trichoomtypes (type I – VII) (Bergau et al., 2015). Er bestaat ook een classificatie in acht trichoomtypes (type I - VIII) waarbij type V en VI elk worden onderverdeeld in drie types: a, b en c (Channarayappa et al., 1992). De verdere tekst baseert zich op de classificatie in zeven types.

Glandulaire trichomen of klierharen hebben 'hoofdjes' die plakkerige en/of toxische exudaten bevatten die, bij contact met een plaag of een natuurlijke vijand, vrijgesteld kunnen worden en deze kunnen verstrikken, irriteren en eventueel doden. Niet-glandulaire trichomen bezitten niet over een 'hoofdje' en beïnvloeden de plaag of natuurlijke vijand op een mechanische manier door bijvoorbeeld te interfereren met de voortbeweging op het oppervlak of de toegankelijkheid van nutritioneel weefsel. Type I, IV, VI en VII zijn glandulaire types en type II, III en V zijn niet-glandulair. Op *S. lycopersicum* komen type II en IV niet voor en type VII maar in beperkte aantallen (Simmons & Gurr, 2005).

Het type en de dichtheid van de trichomen zijn de belangrijkste factoren bij de infestatie van de TGM op tomaat (Leite et al., 1999). In het onderzoek van Leite et al. (1999) werd gezien dat de populaties van TGM het grootst waren in cultivars met een verhoogde dichtheid aan type V en type VI trichomen. Een reden hiervoor is dat de mijten zodanig klein zijn dat ze kunnen schuilen en zich voeden onder de trichomen (Aysan & Kumral, 2018). De trichoombedekking zorgt zo voor een ruimte min of meer vrij van concurrenten en vijanden voor de TGM. Mijten uit de familie lolinidae kunnen zich echter wel verplaatsen tussen de trichomen, zoals besproken in 1.5.1.

Tijdens de TGM-infestatie verlaagt de defensiebarrière van de glandulaire trichoom. Eerst wordt het glandulaire hoofdje amberkleurig (Figuur 5), waarna de steel uitdroogt en al snel zullen zowel de glandulaire als niet-glandulaire trichomen aftakelen en neervallen. Het afsterven van de trichomen, vooral de glandulaire, kan voor een opening zorgen voor het vestigen van roofmijten. Desondanks verloopt de biologische bestrijding meestal niet succesvol omdat het enige tijd duurt voor de trichomen afsterven en er geen systemisch effect is in de plant. De TGM maakt van deze voordelen gebruik om een schuilplaats hoger in de plant op te zoeken waar de trichomen nog intact zijn en de beschermingsbarrière nog aanwezig is (van Houten et al., 2013). De trichomen zorgen dus tegelijk voor beschutting voor de TGM alsook belemmering voor de grotere biologische bestrijders (Aysan & Kumral, 2018).

Aan de andere kant van het spectrum zijn sommige wilde variëteiten van de tomatenplant resistent tegen de TGM door de aanwezigheid van tridecan-2-one (2-TD) en undecan-2-one (2-UD) in exudaten van klierharen op het blad die giftig zijn. De distributie van de mijten is dan ook afhankelijk van de niveaus aan 2-TD en 2-UD in de plant (Leite et al., 1999).



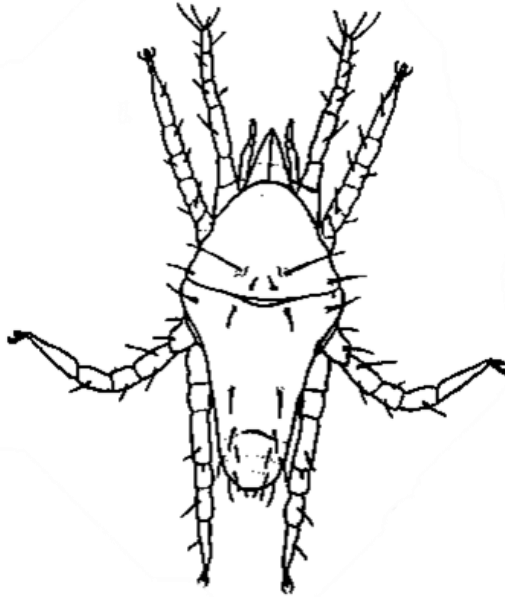
Figuur 5. Verkleuring van de glandulaire trichomen door infestatie van *A. lycopersici* op tomaat (Vervae et al., 2021).

2 *Pronematus ubiquitous*

2.1 Taxonomie en morfologie

P. ubiquitous (McGregor) werd voor het eerst beschreven door E. A. McGregor in 1932 als *Tydeus ubiquitous* en later hernoemd (Baker, 1968). Het is een kleine mijt uit de familie Iolinidae (voordien: Tydeidae) onder de subklasse Acari (André & Fain, 2000; McGregor, 1932).

Ze hebben een zacht, lichtroos gekleurd lichaam waarbij de wijfjes slechts 0,225 mm lang zijn (McGregor, 1932). De mannetjes zijn gelijkaardig aan de wijfjes, met als verschil dat ze iets kleiner zijn en een veel kleinere genitale opening hebben (Jeppson et al., 1975). Over de dorsale zijde van het lichaam van de mijt loopt een witte lijn van de voor- tot achterkant. Het abdomen versmalt naar het einde van het lichaam toe (McGregor, 1932). Hun grote mobiliteit en behendigheid zijn opvallend, waardoor ze zich onderscheiden van andere mijten (Jeppson et al., 1975; McGregor, 1932). Echter, in vergelijking met sommige mijten van het geslacht *Pronematus* is dit verschil meestal niet duidelijk en moet er gekeken worden naar enkele morfologische kenmerken. Tarsus I is hierbij even lang of langer dan tibia I en het solenidion van tarsus I, gesitueerd naar het midden van het segment, is gebogen en veel langer bij mannetjes dan bij wijfjes. De setae op de ventrale zijde van het lichaam staan ook op een longitudinale lijn (Bayan, 1986; Jeppson et al., 1975; Ueckermann & Grout, 2007). De adulten beschikken over vier paar poten, net zoals de nimfen. De larven hebben daarentegen slechts drie paar poten. Figuur 6 toont een *P. ubiquitous* mannetje.



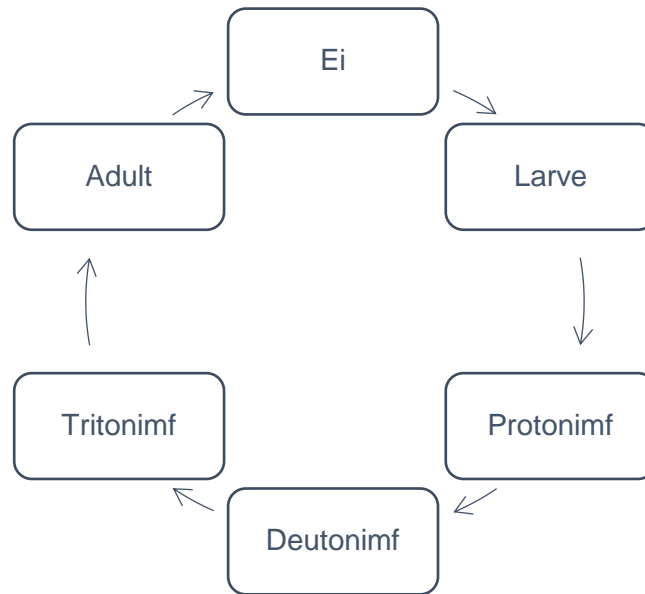
Figuur 6. Mannelijk adult *P. ubiquitus* (McGregor, 1932).

2.2 Voorkomen en biologie

P. ubiquitus komt wijdverspreid (Ueckermann & Grout, 2007) voor op onder andere citrusbomen, appelbomen, druivelaars, vijgenbomen, abrikozen, katoenplanten en verscheidene gewassen uit de Solanaceae-familie (Bayan, 1986; Çobanoğlu & Kumral, 2015; Darbemamieh et al., 2017; Jeppson et al., 1975; Kumral & Çobanoğlu, 2015; Sabbatini Peverieri et al., 2009; Vela et al., 2017).

Tijdens de ontwikkeling doorloopt de mijt zes verschillende stadia (Figuur 7): ei, larve, drie nimfenstadia en adult. De doorzichtige eitjes zijn kleurloos en hangen vast aan de plant via een fijn steeltje. Deze worden afzonderlijk gelegd, veelal in de buurt van dode of levende prooien (Abou-Awad et al., 1999; Jeppson et al., 1975; McGregor, 1932). Bij 29 °C, 70 - 80 % RV en op een dieet van *Aceria ficus* komen de eitjes na ongeveer zes dagen uit tot larve. Deze zijn zeer actief en kunnen zich direct na het ontluiken voeden. Na vier dagen ontwikkelen ze tot het protonimfstadium, wat ongeveer twee dagen duurt. Vervolgens verblijven ze twee dagen in het deutonimfstadium en anderhalve dag in het tritonimfstadium alvorens ze ontwikkelen tot adult. Net zoals bij de mijt *H. anconai* (Iolinidae) eindigt het larvenstadium en alle nimfenstadia met een rustfase (chrysalis) waarna de mijt vervelt (Knop & Hoy, 1983). Het adulte stadium duurt gemiddeld zo'n vijftien dagen; de wijfjes leven iets langer dan de mannetjes (Abou-Awad et al., 1999).

De voortplanting verloopt zowel via parthenogenese als via seksuele reproductie. De paring gebeurt meestal net na de laatste vervelling (Abou-Awad et al., 1999) en er is sterke competitie tussen de mannetjes voor een enkel wijfje (McGregor, 1932). Gemiddeld leggen de adulte wijfjes, na een pre-ovipositie periode van één dag, zo'n 25 eitjes met een dagelijkse eiafleg van ongeveer twee (Abou-Awad et al., 1999).



Figuur 7. Levenscyclus van *P. ubiquitus*.

P. ubiquitus kan zich voeden op prooien, planten, schimmels, dode insecten en mijtrestanten (Aysan & Kumral, 2018; Jeppson et al., 1975). Alle mobiele stadia kunnen zich voeden (Abou-Awad et al., 1999).

2.3 Gebruik in de biologische bestrijding

Als biologische bestrijder heeft *P. ubiquitus* een groot potentieel in de tomatenteelt als predator van *A. lycopersici*. Door het variabel voedingsgedrag kan de roofmijt ook bij lage aanwezigheid van de prooi overleven door zich te voeden op andere bronnen zoals pollen en schimmels (Aysan & Kumral, 2018). Volgens Aysan & Kumral (2018) heeft dit gedrag wel het gevolg dat ze de aantallen Eriophyidae mijten niet onder de economische schadedrempel kunnen houden, maar dit werd weerlegd door Pijnakker et al. (2020). Bij toevoeging van pollen kon aangetoond worden dat *P. ubiquitus* de plaag en schade onder controle kan houden, maar niet verwijderen (Pijnakker et al., 2020). In Turkije werd de soort ook vaak gevonden op twee andere planten van de Solanaceae-familie, namelijk *Solanum nigrum* en *Solanum dulcamara*, waarbij haar aanwezigheid duidelijk gelinkt was aan de populatie van spintmijten (Kumral & Çobanoğlu, 2015).

De roofmijten voeden zich ook op andere Eriophyidae mijten en kunnen hiertegen gebruikt worden als biologische controle. Zo worden ze succesvol geacht als predatoren van *A. ficus* en *Rhyncaphytoptus ficifoliae*, beiden een plaag op vijgenbomen. In het laboratorium is aangetoond dat ze op een dieet van enkel deze prooien kunnen ontwikkelen van ei tot adult (Abou-Awad et al., 1999).

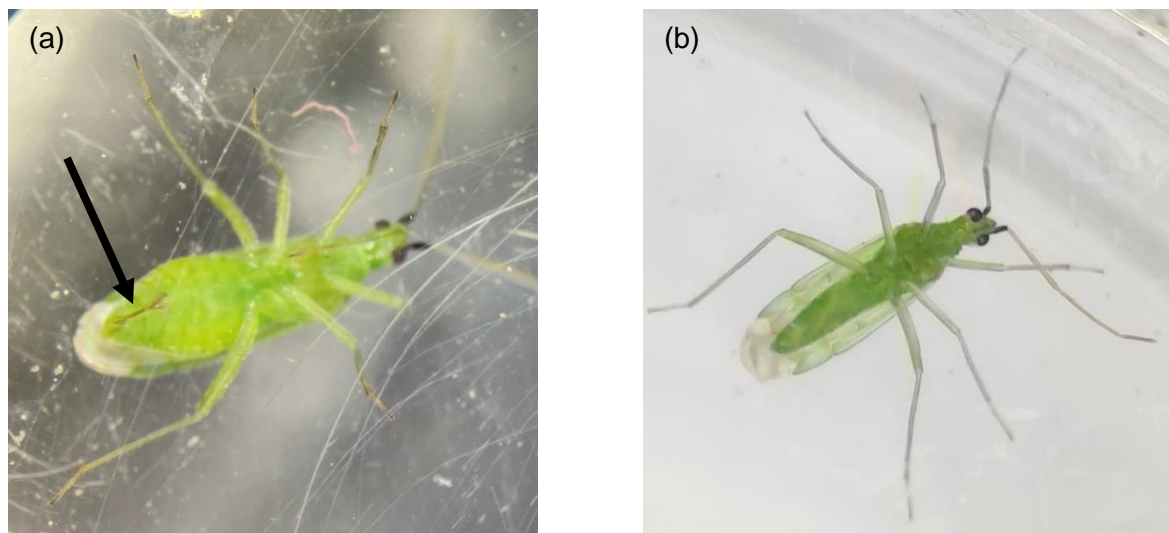
Bij het onderzoek van McGregor (1932) werd de roofmijt gevonden op citrusbomen, waar ze zich te goed deed aan dode schildluizen en eitjes. In Zuid-Afrika bleek de mijt ook de dominante soort te zijn in citrusplantages (Ueckermann & Grout, 2007), terwijl de aantallen er zeer schaars waren in Spanje (Vela et al., 2017). *P. ubiquitus* werd ook in alle appelboomgaarden gevonden in Libanon, waarbij de densiteit hoger was op bomen die sterk geïnfesteerd waren met de appelroestmijt, *Aculus schlechtendali* (Bayan, 1986).

3 *Macrolophus pygmaeus*

3.1 Taxonomie en morfologie

M. pygmaeus is een wants uit de familie Miridae of de blindwantsen (Arthropoda: Insecta: Hemiptera: Heteroptera) (CABI, 2018).

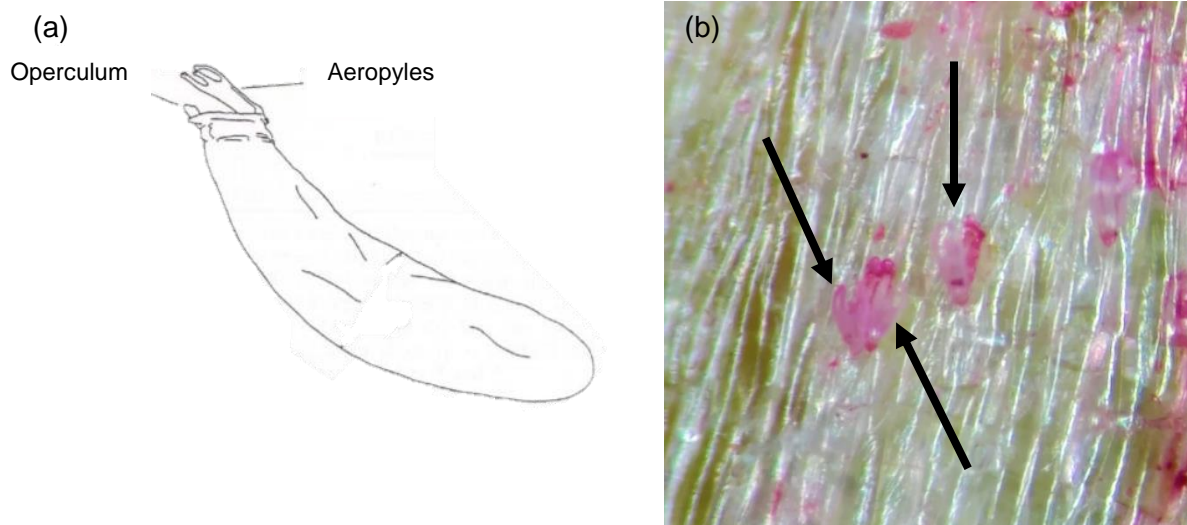
De adulten (Figuur 8) zijn gemiddeld zo'n 3 - 3,5 mm lang en hebben een felgroen gekleurd lichaam met een kleine zwarte stip in het midden aan de dorsale zijde (Biobest Group NV, 2019). Ze hebben lange groengekleurde poten, waarmee ze zich gemakkelijk kunnen verplaatsen over harige oppervlakken zoals bij de tomatenplant. De groengekleurde antennes hebben een zwartgekleurd eerste segment (De Backer, 2012). Ze hebben roodgekleurde ogen en achter elk oog is een zwarte streep te vinden (Biobest Group NV, 2019; De Backer, 2012). De wijfjes zijn groter dan de mannetjes en hebben een ovipositor op het abdomen waardoor ze makkelijk te onderscheiden zijn (Figuur 8a) (De Backer, 2012).



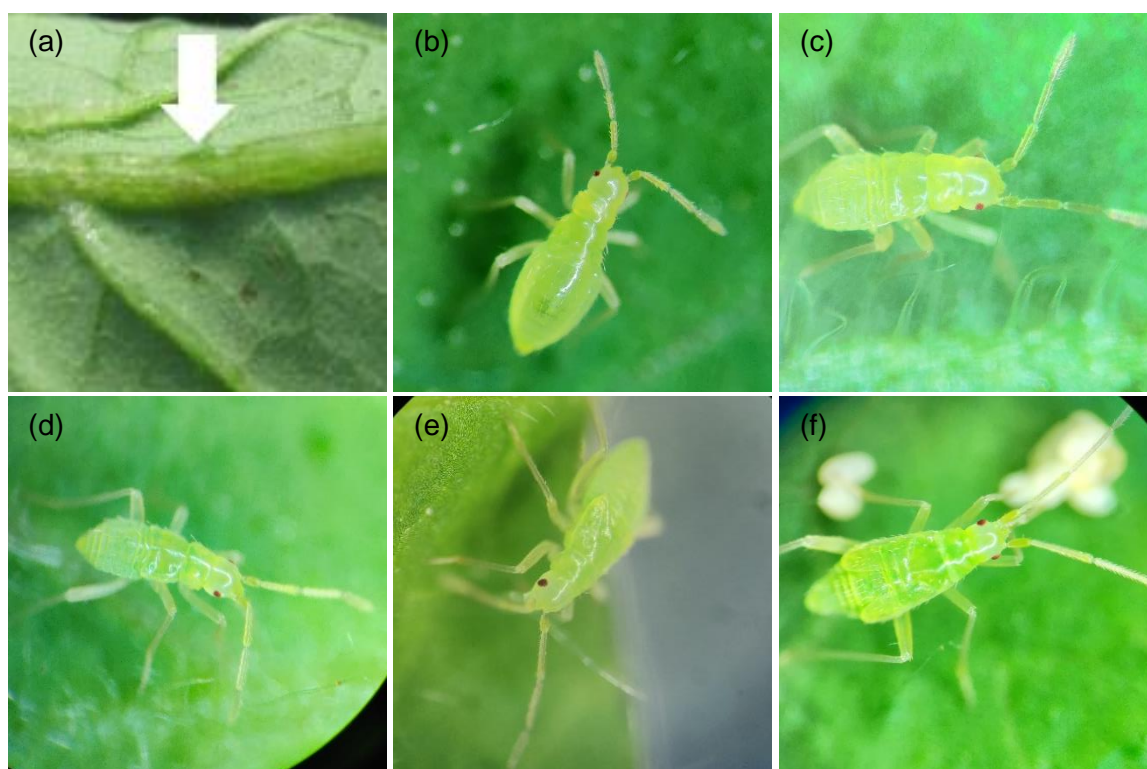
Figuur 8. Adult *Macrolophus pygmaeus*. (a) Wijfje. Ovipositor aangeduid met zwarte pijl. (b) Mannetje. (Foto's: auteur).

De eitjes zijn banaanvormig en bleek gekleurd met een klein operculum en twee aeropyles die gasuitwisseling mogelijk maken. Ze worden diep in het stengel- en bladweefsel gelegd, waarbij enkel het operculum en de aeropyles zichtbaar zijn (Figuur 9) (Vandekerkhove, 2010).

In totaal zijn er vijf nimfenstadia te onderscheiden (Figuur 10). Het eerste stadium heeft een geelgroene kleur en hoe ouder de nimfen worden, hoe groener ze worden (De Backer, 2012). Ze zijn gemiddeld 1124 μm lang en het derde antennale segment is 0,64 keer de lengte van het vierde antennale segment. Het tweede nimfenstadium is te herkennen aan het derde antennale segment dat 0,85 keer de lengte is van het vierde antennale segment. Ze zijn gemiddeld ook iets groter, namelijk zo'n 1427 μm . Vanaf het derde nimfenstadium zijn de vleugelprimordia te herkennen als kleine gebogen projecties. Hier zijn de derde antennale segmenten even lang als de vierde. Het lichaam is ondertussen al 1700 μm lang. Bij het vierde nimfenstadium raken de vleugelprimordia bijna het midden van het tweede abdominale notum, terwijl ze bij het vijfde stadium tot het vierde of vijfde notum komen. Ze zijn respectievelijk gemiddeld 2253 μm en 2715 μm lang (Perdikis & Lykouressis, 2001).



Figuur 9. (a) Morfologie van het ei van *M. pygmaeus* (Vandekerkhove, 2010). (b) Eitjes van *M. pygmaeus* ingebed in de nerf van tomaat na kleuring met safranine (7g safranine in 1L 100% ethanol) (Foto: auteur).



Figuur 10. Ontwikkelingsstadia *Macrolophus pygmaeus*. (a) Eistadium (Biobest Group NV, 2019). (b) Eerste nimfenstadium. (c) Tweede nimfenstadium. (d) Derde nimfenstadium. (e) Vierde nimfenstadium. (f) Vijfde nimfenstadium. (Foto's (b), (c), (d), (e) en (f): auteur).

3.2 Voorkomen en biologie

M. pygmaeus komt van nature voor in het Palearctisch gebied en wordt daar gezien als een belangrijke natuurlijke vijand van verschillende plagen in onder andere de tomatenteelt. Ze worden dan ook vaak doorheen heel Europa gebruikt om fytofage insecten te onderdrukken in een aantal gewassen (De Backer et al., 2014).

M. pygmaeus is monogaam en een wijfje zal pas na meerdere contacten een mannetje accepteren als partner. De mannetjes proberen het wijfje hiervoor te overhalen door haar actief te volgen. De paring gebeurt meestal zo'n drie dagen na de laatste vervelling en het eerste eitje wordt drie dagen na het paren gelegd. Deze periode wordt ook de pre-ovipositie periode genoemd en beslaat dus zo'n zestal dagen (De Backer, 2012; Margaritopoulos et al., 2003). De copulatie duurt gemiddeld zo'n 4,1 minuten. Hierna worden de wijfjes onwillig om opnieuw te paren en lopen weg van de mannetjes of weigeren hen door hun abdomen heen en weer te bewegen. Door deze ene paring ontvangen ze genoeg sperma om bevruchte eitjes te kunnen leggen gedurende de volledige ovipositie periode. De fecunditeit hangt af van de temperatuur, de waardplant en het dieet (De Backer, 2012). Uit het onderzoek van Margaritopoulos et al. (2003) werd een fecunditeit bekomen van 104 indien de wantsen op een dieet van *Myzus persicae* en bij een temperatuur van 23 °C en een lichtregime van 16 uur licht : 8 uur donker (L:D) op tabaksbladeren werden geplaatst. Hierbij werden telkens twee eitjes per dag gelegd.

De eitjes worden met behulp van de ovipositor diep begraven in het weefsel van het blad, de nerf of stengel en worden individueel afgelegd (De Backer, 2012; Perdikis & Lykouressis, 2001). De aflegplaats is licht bruin gekleurd (Figuur 10a). In vier weken worden zo'n 100 - 250 eitjes gelegd die gemiddeld na vijftien dagen uitkomen bij 25 °C (Biobest Group NV, 2019). Volgens De Backer et al. (2014) komen de nimfen bij 25 °C al na elf dagen uit en duurt het vervolgens negentien dagen vooraleer de nimfen adulten worden. De adulten leven 30 tot 40 dagen, waarbij de mannetjes wat langer leven dan de wijfjes (Biobest Group NV, 2019; De Backer, 2012). Uit het onderzoek van Margaritopoulos et al. (2003) bleek dat bij 23 °C, 16:8 uur L:D en op een dieet van *M. persicae*, de mannetjes een gemiddelde levensduur hebben van 79 dagen en de wijfjes slechts 50 dagen. De totale ontwikkelingsduur is afhankelijk van de temperatuur en daalt van een temperatuur van 15 °C (68,48 dagen) naar een minimum bij 30 °C (18,69 dagen) waarbij de optimale overleving en hoogste ontwikkelingssnelheid zich bevinden in de range van 27 - 30 °C (Martínez-García et al., 2017; Perdikis & Lykouressis, 2000). Volgens De Backer (2012) overleeft *M. pygmaeus* langer bij 15 °C, maar is de vruchtbaarheid het grootste bij 20 °C. Tabel 1 toont de ontwikkelingsduur in aantal dagen van de verschillende stadia bij een dieet van eitjes van de grauwe meelmot (*Ephestia kuehniella*) en gewone bonenpeulen (*Phaseolus vulgaris*).

Tabel 1. Ontwikkelingsduur van de verschillende stadia van *M. pygmaeus* bij 24 ± 1 °C, 60 ± 5 % RV en een 16:8 uur L:D fotoperiode (Martínez-García et al., 2017).

Stadia	Ei	N1	N2	N3	N4	N5	Totaal
Duur (dagen)	8,76	3,17	2,36	2,26	2,38	3,87	22,83

3.3 Voeding

M. pygmaeus is een zoofytofage predator en wordt vaak als biologische bestrijder ingezet tegen een grote variëteit aan fytofage insecten (De Backer et al., 2014; Vandekerkhove & De Clercq, 2010). Zowel de nimfen als de adulten hebben stekend-zuigende monddelen en voeden zich op verscheidene plagen met een zacht lichaam (De Backer, 2012; De Backer et al., 2014). Wanneer er een aantal soorten plagen aanwezig zijn zullen ze verkiezen om een gevarieerd dieet aan te houden en zich te voeden op verschillende prooien. Tijdens de voeding injecteert *M. pygmaeus* zijn stilet in het lichaam van de prooi en zuigt zo het lichaam leeg (De Backer, 2012).

3.4 Gebruik in de biologische bestrijding

M. pygmaeus kan ingezet worden in de biologische bestrijding tegen volgende beschadigers: kaswittevlieg (*T. vaporariorum*), tabakswittevlieg (*B. tabaci*), tomaatmineermot (*T. absoluta*), spintmijten, bladluizen, mineervliegen en trips (Biobest Group NV, 2019; Eyles et al., 2008; Martínez-García et al., 2017; Sylla et al., 2016; Vandekerkhove et al., 2011), en dat in verschillende groentegewassen in gematigd en mediterraan Europa (Perdikis, 2002; Vandekerkhove & De Clercq, 2010). Zowel de nimfale ontwikkeling als de fertiliteit (aantal eerste stadium nimfen) van de adulten wordt significant beïnvloed door het type prooi, maar dit geldt niet voor de overleving van de individuen. Een dieet op bijvoorbeeld *T. absoluta* zorgt, door de lage nutritionele kwaliteit, voor een verlenging van de nimfenstadia in vergelijking met een dieet op *B. tabaci*. De lage nutritionele kwaliteit zorgt ook voor een lage efficiëntie van bestrijding indien er geen andere voedingsbron aanwezig is (Sylla et al., 2016).

Het voordeel van deze predatoren is dat ze bij een tekort aan of afwezigheid van prooien kunnen overleven door zich direct te voeden op plantenweefsel van gewassen zoals tomaat, aubergine, komkommer of peper, meestal zonder de plant te beschadigen (De Backer, 2012; Martínez-García et al., 2017; Perdikis & Lykouressis, 2000; Vandekerkhove & De Clercq, 2010). Zo kunnen ze hun ontwikkeling volbrengen en in beperkte mate reproduceren. Ze ontwikkelen echter wel beter bij de aanwezigheid van een prooi. Een toevoeging van (bijen)pollen aan het dieet draagt bij tot de ontwikkeling en overleving van de nimfen en kan in de praktijk steun bieden in perioden van prooi schaarste (Perdikis & Lykouressis, 2000; Vandekerkhove & De Clercq, 2010). Er kan wel sprake zijn van schade op een gewas indien de wantsen in te grote aantallen aanwezig zijn (De Backer, 2012). Volgens Biobest Group NV (2019) zijn 100 individuen over de gehele plant of 50 in de top een te grote populatie. Sommige gewassen zijn hier uiteraard meer gevoelig voor, zoals de kerstomaat, dan andere (Biobest Group NV, 2019). In tomaat is een significante daling van het vruchtgewicht en een stijging in abortie van bloemen en vruchten vastgesteld bij grote aantallen *M. pygmaeus* (Sanchez et al., 2018).

Ze kunnen zich dus vestigen, ontwikkelen en voortplanten zonder prooien en dat ook bij relatief lage temperaturen. Zo kunnen ze vroeg in het seizoen ingezet worden voor een snelle en meer efficiënte bestrijding tegen verschillende plagen (Perdikis & Lykouressis, 2002). Bij een vroege introductie is er wel kans op schaarste of afwezigheid van prooien waardoor problemen kunnen ontstaan met kannibalisme (Hamdi et al., 2013), wat op zijn beurt dan weer de kans vermindert op schade aan het gewas bij te grote populaties (Dumont et al., 2020). *M. pygmaeus* kan ook zorgen voor indirecte bestrijding van bepaalde plagen door het activeren van de plantverdediging (Pérez-Hedo et al., 2021), zoals is gebleken uit het onderzoek van Pappas

et al. (2015) waarbij een verlaagde prestatie van spintmijten werd vastgesteld na een eerdere blootstelling van de waardplant aan deze predator.

Het opkweken van *M. pygmaeus* populaties is relatief duur door de hoge prijs van eitjes van de grauwe meelmot (*E. kuehniella*) die vaak als voeding worden toegediend alsook door het gebruik van planten in de productiecycclus (Vandekerkhove et al., 2011). Volgens Vandekerkhove & De Clercq (2010) heeft een gedeeltelijke vervanging van de eitjes door pollen geen significant negatief effect op de fitness van *M. pygmaeus* en kan dit voor een beperking van de kosten zorgen. Verder onderzoek is echter nodig op grotere schaal. Er wordt ook gesuggereerd dat pollen gebruikt kunnen worden als alternatieve voedingsbron voor de wants in tijden van voedselschaarste zoals eerder vermeld. *Artemia* cysten (pekelkreeftcysten) kunnen ook gebruikt worden als alternatieve voedingsbron voor *M. pygmaeus* om de kosten bij het opkweken wat te drukken (Vandekerkhove et al., 2009).

4 Intraguild predatie (IGP)

In een aantal gevallen van biologische bestrijding wordt één natuurlijke vijand geïntroduceerd om één herbivoor te bestrijden. Maar veel gewassen bevatten verschillende plagen waardoor vaak meerdere natuurlijke vijanden ingezet moeten worden om deze te bestrijden (Brodeur & Rosenheim, 2000; Gigon et al., 2016). Positieve of competitieve interacties tussen de biologische bestrijders kunnen de impact op plaagpopulaties vergroten of verkleinen. Wanneer concurrenten moeten strijden om een gemeenschappelijke prooi, bedreigen negatieve interacties tussen de natuurlijke vijanden het succes van de biologische bestrijding. Het is ook mogelijk dat geen interactie plaatsvindt tussen de nuttigen (Gigon et al., 2016).

Een “guild” omvat alle soorten die dezelfde middelen gebruiken op vlak van voedsel of ruimte. Een organisme kan dus tot 1 of meerdere guilds behoren en kan tevens uitgebuit worden door zijn eigen guild van natuurlijke vijanden. Intraguild predatie of IGP komt voor wanneer een organisme een concurrent doodt en eventueel consumeert. Het is een complexe interactie tussen 3 verschillende actoren. De predator wordt gedefinieerd als de intraguild predator, de concurrent als de intraguild prooi en hun gemeenschappelijke bron de extraguild prooi. Het is ook mogelijk dat beide concurrenten elkaar doden en eventueel consumeren, waarbij de definiëring afhangt van de te bespreken invalshoek. IGP is zowel een competitie als predatie verschijnsel. Bij de competitie verschijnselen kan een onderscheid gemaakt worden tussen een intra- of interspecifieke vorm afhankelijk van de protagonisten en wordt een onderverdeling gemaakt in twee soorten (Lucas & Maisonhaute, 2019):

- 1) Indirect uitbuitende competitie ontstaat wanneer de impact op de concurrent enkel afkomstig is van uitputting van de voedingsbronnen zonder fysisch contact tussen beide rivalen.
- 2) Directe interferentie competitie komt voor wanneer de impact op de concurrent een gevolg is van een directe fysieke barrière naar de bron.

IGP is een extreme vorm van interspecifieke interferentie competitie. Het begrip “predatie” kan onderverdeeld worden in drie functionele vormen, waarvan IGP er één is (Lucas & Maisonhaute, 2019):

- 1) Klassieke predatie komt voor wanneer de prooi en predator niet tot dezelfde soort of dezelfde guild behoren (noch hetzelfde trofisch niveau).

- 2) Kannibalisme refereert naar intraspecifieke predatie wanneer prooi en predator tot dezelfde soort behoren (wordt hier niet als IGP beschouwd). Prooi en predator hoeven niet tot dezelfde guild te behoren wat bijvoorbeeld voorkomt bij soorten waarbij jonge en adulte individuen een ander dieet volgen.
- 3) Intraguild predatie is dus een geval van predatie tussen concurrenten van verschillende soorten, maar van eenzelfde guild.

IGP is meestal gekarakteriseerd door intensiteit, richting en symmetrie. De intensiteit refereert naar de mate van voorkomen van de interactie. De richting refereert dan naar de identiteit van de predator en prooi in hun interactie. IGP kan unidirectioneel zijn wanneer één van de leden van de guild altijd de prooi is en de ander altijd de predator, of gemeenschappelijk wanneer de interactie in beide richtingen verloopt. In het geval van gemeenschappelijke IGP kan de symmetrie worden geëvalueerd door de symmetrie-index te berekenen. Hierbij wordt het aantal herhalingen waarbij een gegeven predator als prooi dient geteld en gedeeld door het totaal aantal herhalingen waarbij IGP wordt vastgesteld. Dit wordt dan vergeleken met een theoretische index van 50% wat correspondeert met een symmetrische interactie. Indien een significant verschil wordt gedetecteerd, is er sprake van een asymmetrische interactie (Lucas, 2005; Lucas & Maisonhaute, 2019).

Bij IGP kan de interactie drie verschillende scenario's aannemen:

- 1) De prooi wordt gedood en opgegeten (IGP *sensu stricto*).
- 2) De prooi wordt gedood, maar niet geconsumeerd (interspecifiek doden).
- 3) De prooi wordt niet gedood noch geconsumeerd, maar wordt verwond.

IGP komt vaak voor in landbouwsystemen, vooral als gemeenschappelijke IGP of wanneer een top intraguild predator een andere predator consumeert als intraguild prooi (Gigon et al., 2016). Bij invertebraten in het algemeen is de belangrijkste factor die de IGP beïnvloedt gekoppeld aan de hoge kwetsbaarheid van de intraguild prooi en het lage risico voor de intraguild predator. Deze kwetsbaarheid is een resultaat van de relatieve grootte van de predator tegenover de prooi en de lage mobiliteit of immobiliteit van de prooi (Lucas & Maisonhaute, 2019)

In de theorie wordt er voorspeld dat IGP tussen predatoren de effectiviteit van de biologische bestrijding kan limiteren. Toch is hier niet veel bewijs van in de literatuur. De gevolgen van IGP op de plaagbestrijding kunnen echter beïnvloed worden door een aantal factoren, zoals de effectiviteit van de predator in het bestrijden van de plaag of gedragswijzigingen van zowel plaag als predatoren. De structurele complexiteit van de habitat kan de impact van de intraguild predator verzwakken door schuilplaatsen te voorzien voor de intraguild prooien en ook de temporele dynamieken zijn van belang. De meeste onderzoeken over het bestaan van IGP in een bepaald systeem worden uitgevoerd in labocondities, op individuele planten of plantendelen en gedurende een beperkt tijdsinterval. Hier kunnen dus geen voorspellingen uit voortkomen voor serrecondities en gedurende de volledige productiecycclus van het gewas. Bij de aanwezigheid van twee predatoren is het moeilijk om de uitkomst van de interacties in te schatten en meer bepaald de gevolgen op de plaagbestrijding (Gigon et al., 2016).

In de tomatenteelt is de spintmijt *Tetranychus urticae* een grote plaag waarbij onder meer *Phytoseiulus macropilis* werd geselecteerd als mogelijke bestrijder. De tomatenteelt kampt echter ook met andere plagen zoals de wittevlieg, waarvoor de biologische bestrijder *M. pygmaeus* wordt ingezet. Het onderzoek van Gigon et al. (2016) bekeek de potentiële

intraguild predatie van *M. pygmaeus* op *P. macropilis* onder serrecondities bij de bestrijding van de spintmijt. Het aantal spintmijten per tomatenplant doorheen de tijd wees aan dat *P. macropilis* de populatie van *T. urticae* goed onder controle hield, terwijl de impact van *M. pygmaeus* maar beperkt was. Er was dus geen bewijs van IGP tussen de 2 predatoren, maar in de aanwezigheid van *M. pygmaeus* neigde *P. macropilis* naar een meer geaggregeerde ruimtelijke distributie.

In het onderzoek van Perdikis et al. (2009) werd de intraguild predatie tussen *M. pygmaeus* en *Nesidiocoris tenuis* bekeken waarbij wittevlieg als extraguild prooi werd toegediend. Bij de resultaten bleek dat *N. tenuis* vooral werd gevonden in de top en de bovenste vier bladeren van de plant terwijl *M. pygmaeus* zich vooral op het tweede tot zesde blad van de top bevond. De aanwezigheid van *M. pygmaeus* zorgde ervoor dat de *N. tenuis* populatie zich geaggregeerde in de bovenste delen van de plant. De mobiliteit van de predatoren, vooral *N. tenuis*, verhoogde als ze samen werden geplaatst in een petrischaal. Het tweede en derde nimfenstadium van *M. pygmaeus* bleek zich niet te kunnen ontwikkelen tot adult zonder extraguild prooien bij de aanwezigheid van *N. tenuis*. Een hoog percentage van de *M. pygmaeus* nimfen werd volledig leeggezogen teruggevonden, een indicatie van IGP door *N. tenuis*. Bij de aanwezigheid van extraguild prooien werd geen indicatie van IGP waargenomen wat een relatief lage intensiteit suggereert. Wanneer ze samen voorkwamen op een petrischaal in het laboratorium was er een negatief effect zichtbaar op de onderdrukking van de wittevliegpopulaties. Dit negatieve effect verminderde in meer complexe omgevingen. Er zijn dus geen belangrijke IGP interacties tussen beide wantsen aanwezig, maar het is mogelijk dat schadelijke effecten geassocieerd met IGP voorkomen (Perdikis et al., 2009). De intraguild predatie tussen *M. pygmaeus* en *N. tenuis* werd ook door Dumont et al. (2020) onderzocht. Opnieuw werd tot de vaststelling gekomen dat de aanwezigheid van *M. pygmaeus* zorgt voor een aggregatie van *N. tenuis* in de bovenste delen van de plant. Uit opvolging van de ovipositie bleek dat *M. pygmaeus* wijfjes minder eitjes legden in de bovenste bladeren, wat aantoont dat ze competitie met *N. tenuis* zouden willen vermijden.

DEEL III MATERIAAL EN METHODEN

De kweken en experimenten in het laboratorium aan de vakgroep Plant en Gewas van de Universiteit Gent werden gehouden in incubatoren van het merk PHCbi (model MLR-352-PE). Tomatenplanten of -bladeren (*Solanum lycopersicum*) waren van het ras Moneymaker en bonenbladeren en -peulen waren afkomstig van de gewone boon (*Phaseolus vulgaris*). Vers stuifmeel van de lisdodde (*Typha sp.* pollen, Nutrimite™) werd geleverd door Biobest NV en opgeslagen bij -18 °C. Mijten werden steeds overgezet met een fijn penseel en wantsen werden overgezet aan de hand van een pipetpunt, verbonden aan een zuiger met een flexibele buis. Tussen de pipetpunt en buis werd een stuk keukenpapier geplaatst om de wantsen tegen te houden. Alle experimenten werden gehouden bij een temperatuur van 25 ± 1 °C, een relatieve luchtvochtigheid (RV) van 60 ± 5 % en een fotoperiode van 16 uur licht : 8 uur donker (L:D).

5 Kweek

5.1 *Aculops lycopersici*

Er werden twee stammen aangehouden van *A. lycopersici*. Eén stam was afkomstig van een natuurlijke aantasting in de tomatenteelt op het Proefcentrum Hoogstraten en de andere was een laboratoriumstam verkregen via de Universiteit van Amsterdam. Beide stammen werden gekweekt op volledige tomatenplanten in een incubator (Figuur 11) bij een temperatuur van 25 ± 1 °C, een RV van 50 ± 5 % en een fotoperiode van 16:8 uur (L:D). De planten kregen wekelijks water en wanneer aangetaste planten afstierven, werden deze vervangen door gezonde planten die geïnoculeerd werden met aangetaste bladeren of stengels. Tijdens de proeven waarbij TGM als prooi werd toegediend, werd steeds gebruik gemaakt van de kweek die op het moment van uitvoeren het meest uitgebreid was.



Figuur 11. Kweek van *A. lycopersici* (Foto: auteur).

5.2 *Pronematus ubiquitousus*

De roofmijt *P. ubiquitousus* werd in het laboratorium gekweekt op bonenbladeren waarbij tweemaal per week *Typha sp.* pollen als voedsel werd toegediend met behulp van een penseel. Het bonenblad werd, met de onderkant naar beneden gericht, geplaatst op met water verzadigde katoenen watten in een plastic container (12,4 x 17,4 x 4,2 cm). Deze bevatte vier gaten in de bodem en was bedekt met een plastic deksel (17,8 x 12,4 x 4,2 cm) waarin een opening van Ø 5 cm aanwezig was. De bladeren werden vervolgens aan de randen bedekt met strookjes keukenpapier. Zo werden de roofmijten van vocht voorzien en kon ontsnapping voorkomen worden. De container werd dan geplaatst in een tweede plastic container (22,5 x 17,8 x 4,5 cm) waarin vrij water beschikbaar was om de watten verzadigd te houden. Het deksel werd onder een kleine hoek op de kleinste container geplaatst om voldoende ventilatie te garanderen (Figuur 12). De kweek werd opgestart met mijten gevonden op engelentrompet (*Brugmansia sp.*) te Ternat, België (50.866798 N, 4.159654 E). Voor de toxiciteitstesten op *P. ubiquitousus* werd gebruik gemaakt van een kweek op basis van materiaal van Biobest NV. De *P. ubiquitousus* kweken werden in een incubator geplaatst bij een temperatuur van 25 ± 1 °C, een RV van 60 ± 5 % en een fotoperiode van 16:8 uur (L:D). Een gestandaardiseerde kweek werd verkregen door het plaatsen van katoendraadjes in de algemene kweek waardoor adulte wijfjes hun eitjes hierop legden en deze zo na 24 uur verzameld konden worden.

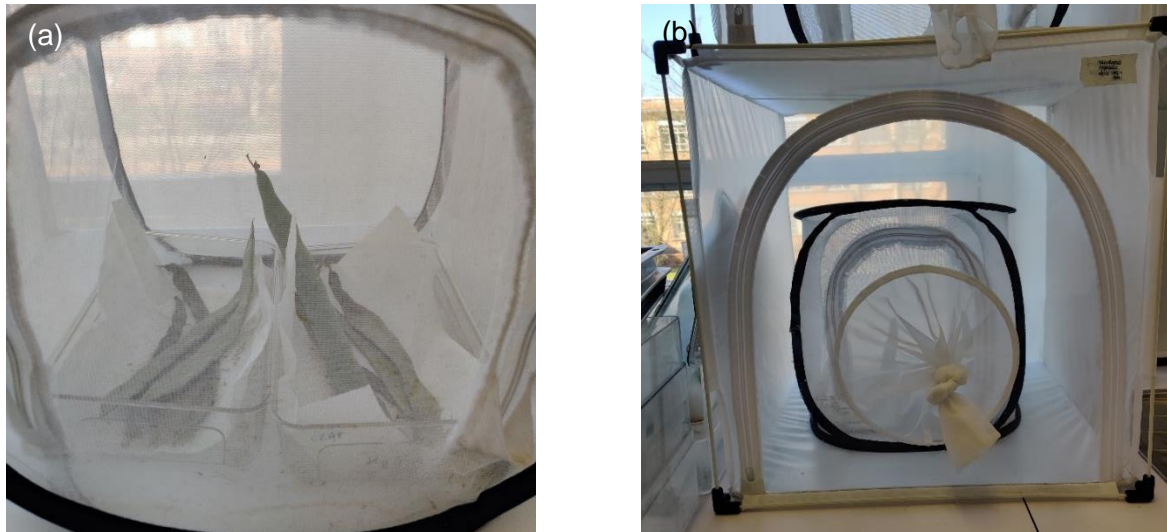


Figuur 12. Kweek van *P. ubiquitousus* (Foto: auteur).

5.3 *Macrolophus pygmaeus*

De kweek van *M. pygmaeus* werd onderhouden in het laboratorium bij kamertemperatuur in een kooi (30 x 30 x 30 cm) en werd geleverd door Biobest NV. In de kooi stonden twee plastic schaaltes (20 x 12,5 x 5,2 cm) waarin enkele vellen keukenpapier op de bodem gelegd werden (Figuur 13a). Hierop werden verse bonenpeulen voorzien als voedings- en waterbron en ook als ovipositie-substraat. Elke week werden één tot twee keer verse bonenpeulen aan de kweek toegevoegd waarbij de beschimmelde of uitgedroogde peulen werden verwijderd. Als extra voedingsbron werden er wekelijks gesteriliseerde *Ephestia kuehniella* eitjes toegevoegd. Om

de kans op ontsnapping van de adulten te verminderen werd de kooi in een tweede kooi geplaatst (43,5 x 43,5 x 43,5 cm) (Figuur 13b).



Figuur 13. Kweek van *Macrolophus pygmaeus*. (a) Twee schaaltes met bonenpeulen. (b) Kooi met kweek geplaatst in een tweede kooi. (Foto's: auteur).

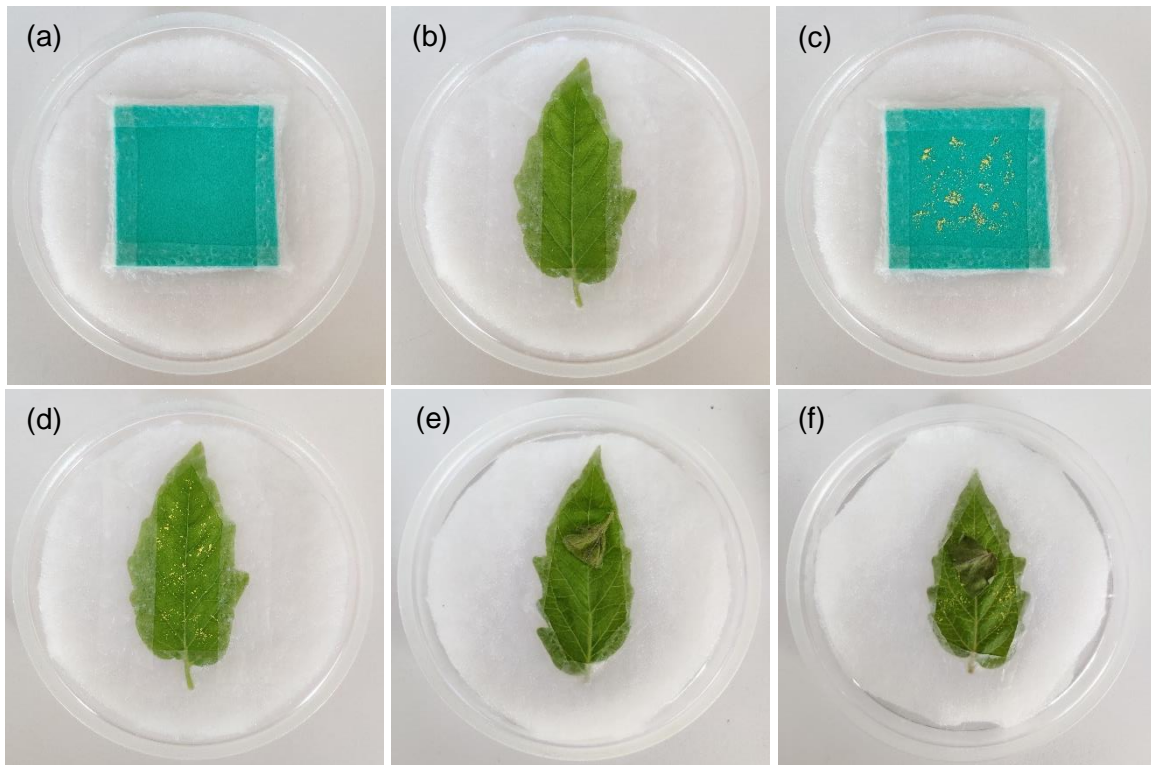
6 Experimenten

6.1 Voedingsproef met *P. ubiquitous*

Het doel van deze proef was om te bepalen of de larve van *P. ubiquitous* zich al dan niet moet voeden om zich verder te ontwikkelen tot protonimf. Hieruit kon bepaald worden tot welke groep *P. ubiquitous* behoort (niet-voedende, facultatief voedende en obliagaat voedende larven). Er werd ook gekeken of het type substraat een invloed heeft op de ontwikkeling van de mijt tot protonimf. Volgende behandelingen werden bij deze proef getest (Figuur 14):

- a. Plastic arena zonder voeding (n = 11)
- b. Tomatendeelblaadje zonder voeding (n = 18)
- c. Plastic arena met pollen (n = 8)
- d. Tomatendeelblaadje met pollen (n = 20)
- e. Tomatendeelblaadje met tomatengalmijten (TGM) (n = 14)
- f. Tomatendeelblaadje met pollen en TGM (n = 15)

Dit experiment werd uitgevoerd in petrischalen (Ø 9,6 cm, 2 cm hoog) waarin twee lagen dunne, met water verzadigde watten werden geplaatst. Ventilatie was voorzien door een met gaas overspannen opening van Ø 4 cm in het deksel. Op de watten werd vervolgens het substraat (plastic arena of tomatendeelblad) geplaatst en omrand met strookjes keukenpapier. De pollen werden toegevoegd met behulp van een penseel. De TGM werden ad libitum toegevoegd op de tomatendeelblaadjes door een stuk aangetast blad of stengel 24 uur op het bladoppervlak te plaatsen. Voorafgaand aan deze proef werden gedurende 24 uur katoendraadjes in de *P. ubiquitous* kweek geplaatst als ovipositie-substraat (Figuur 15).



Figuur 14. Proefopstelling van de voedingsproef. (a) Plastic arena zonder voeding. (b) Tomatendeelblaadje zonder voeding. (c) Plastic arena met pollen. (d) Tomatendeelblaadje met pollen. (e) Tomatendeelblaadje met TGM. (f) Tomatendeelblaadje met pollen en TGM. (Foto's: auteur).



Figuur 15. Verzameling van gestandaardiseerde eitjes uit de *P. ubiquitous* kweek (Foto: auteur).

Als laatste werd telkens één gestandaardiseerd *P. ubiquitous* eitje toegevoegd per petrischaal. Vanaf dag vier tot en met dag acht werd de proef twee keer per dag gecontroleerd op de

conditie en ontwikkeling van de mijt. Figuur 16 toont de ontwikkeling van *P. ubiquitous* van ei tot protonimf. Elf dagen na de aanvang van de proef werd nog een finale controle uitgevoerd.



Figuur 16. Ontwikkeling van *P. ubiquitous*. (a) Intact eitje. (b) Ontloken eitje. (c) Larve *P. ubiquitous*. (d) Protonimf *P. ubiquitous*. (Foto's: auteur).

6.2 Intraguild predatie (IGP) tussen *M. pygmaeus* en *P. ubiquitous*

6.2.1 IGP tussen *M. pygmaeus* en *P. ubiquitous*

In deze proef werd er onderzocht of er IGP aanwezig is tussen de vijf nimfenstadia van de wants *M. pygmaeus* en de wijfjes van de mijt *P. ubiquitous*.

- Eerste nimfenstadium *M. pygmaeus* (n = 17)
- Tweede nimfenstadium *M. pygmaeus* (n = 14)
- Derde nimfenstadium *M. pygmaeus* (n = 46)
- Vierde nimfenstadium *M. pygmaeus* (n = 19)
- Vijfde nimfenstadium *M. pygmaeus* (n = 19)

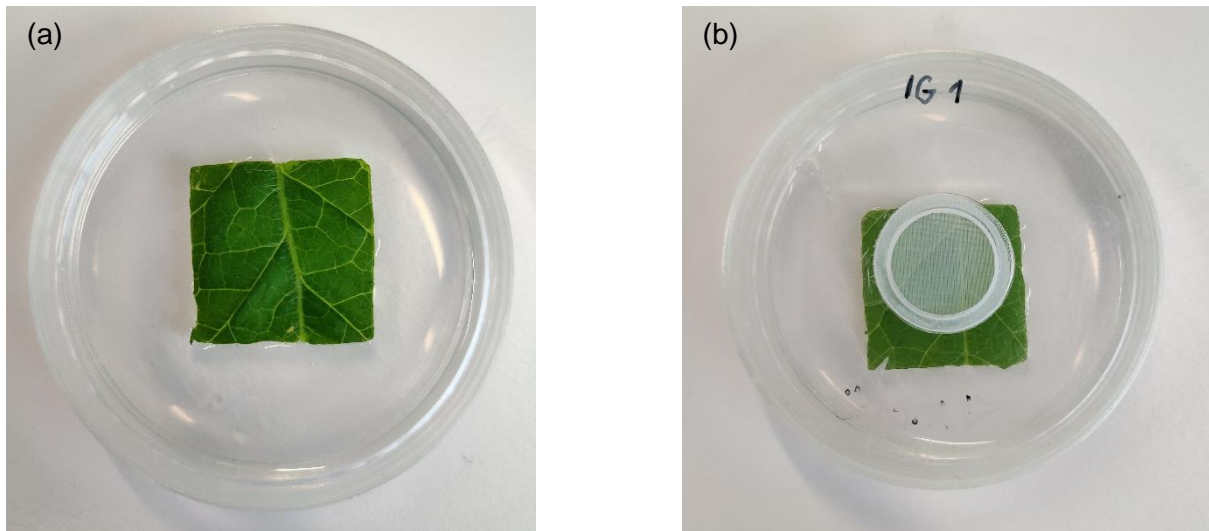
De nimfenstadia werden steeds gestandaardiseerd en deze kweek werd voorbereid door drie tot vijf bonenpeulen aan de algemene kweek toe te voegen en deze na 24 uur uit te halen en in aparte plastic kweekdozen (23,5 x 16 x 7,5 cm) te bewaren. Net zoals bij de algemene kweek werden wekelijks *E. kuehniella* eitjes toegevoegd. Deze kweekdozen werden voorzien van ventilatie door een met gaas overspannen opening in het deksel (7,5 x 12,5 cm). Voor de *P. ubiquitous* individuen werd steeds gebruik gemaakt van wijfjes van ongekende leeftijd uit de algemene kweek.

24 uur voor de start van de proef werden beide organismen uitgehongerd. De nimfen van *M. pygmaeus* werden hiervoor per vijf in een petrischaal (Ø 9,6 cm, 2 cm hoog) gehouden waarin een laagje keukenpapier en een bonenpeul (± 9 cm) als vochtbron werden toegevoegd (Figuur 17). De *P. ubiquitous* wijfjes werden individueel geplaatst op een gestandaardiseerde bladarena van tomaat (2,1 x 2,1 cm) op een bodem van 1 % agar in een petrischaal (Ø 5,1 cm, 1,3 cm hoog) (Figuur 18a). Ventilatie was voorzien door een met gaas overspannen opening van Ø 1,4 cm in het deksel van de petrischaal (Figuur 18b).



Figuur 17. Proefopstelling voor de uithongering van *M. pygmaeus* (Foto: auteur).

Na een uithongeringsperiode van 24 uur werd op elke petrischaal met een *P. ubiquitous* wijfje, een nimf van *M. pygmaeus* geplaatst. 24 uur na het samenzetten van de individuen werd er éénmalig gecontroleerd op de conditie van de organismen. Er werd ook een controle voorzien waarbij 20 petrischalen identiek werden voorbereid en waar telkens ook één *P. ubiquitous* wijfje op werd geplaatst, maar geen *M. pygmaeus* nimfen aan werden toegevoegd. Indien individuen in de agar vastraakten en overleden werden deze niet meegerekend.



Figuur 18. Proefopstelling van IGP tussen *M. pygmaeus* en *P. ubiquitus*. (a) Petrischaal met gestandaardiseerde bladarena van tomaat. (b) Petrischaal met deksel voorzien van ventilatieopening. (Foto's: auteur).

6.2.2 IGP tussen *M. pygmaeus* en *P. ubiquitus* met toevoeging van extraguild voedsel

In deze proef werd de invloed getest van extraguild voedsel op de IGP tussen het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* en wijfjes van *P. ubiquitus*. Er werd gebruik gemaakt van *Typha sp.* pollen (Nutrimite™) (n = 21) en *Artemia* cysten (Artefeed, Koppert BV (Mechelen, België)) (n = 19) als extraguild voedsel. De proef werd opgesteld zoals beschreven in 6.2.1, met als verschil het gebruik van gestandaardiseerde wijfjes van *P. ubiquitus* en de toevoeging van extraguild voedsel. Bij de aanvang van de proef hadden de *P. ubiquitus* adulten een leeftijd van veertien dagen. Net voor het samenzetten van de wantsen bij de mijten werd het extraguild voedsel toegevoegd op de bladarena's. Opnieuw werd 24 uur na het samenzetten gecontroleerd op de conditie van de organismen.

6.3 Toxiciteitstesten op *A. lycopersici* en *P. ubiquitus*

6.3.1 Effectiviteit van vijftien gewasbeschermingsmiddelen (GBM) voor de controle van *A. lycopersici*

Bij de toxiciteitstesten werd gekeken naar de overleving van de TGM na blootstelling aan verscheidene GBM (Vergelijking 1). Voor deze proef werden dekseltjes van 5 mL Eppendorf epjes gebruikt die gevuld werden met 1 % agar. Er werden ponsen (Ø 12 mm) van tomatendeelblaadjes met een deel van de hoofdnerf genomen die vervolgens op de agar werden geplaatst met de adaxiale zijde van het blad naar boven. Op iedere bladpons werden vervolgens 25 *A. lycopersici* adulten geplaatst, die uit de kweek werden gehaald. De Eppendorf dekseltjes werden daarna per twee of drie op een objectglasje geplakt met behulp van dubbelzijdige tape. Dit geheel werd vervolgens in een petrischaal (Ø 9,6 cm, 1 cm hoog) geplaatst.

Ieder GBM werd getest aan een concentratie van 20, 100 en 500 ppm (mg actieve stof/L gedemineraliseerd water) waarvoor telkens vijf herhalingen werden opgezet. Er werd per product steeds een controle uitgevoerd in vijf herhalingen waarbij eenzelfde hoeveelheid gedemineraliseerd water op de bladpons werd gespoten. Hierbij moet gesteld worden dat de

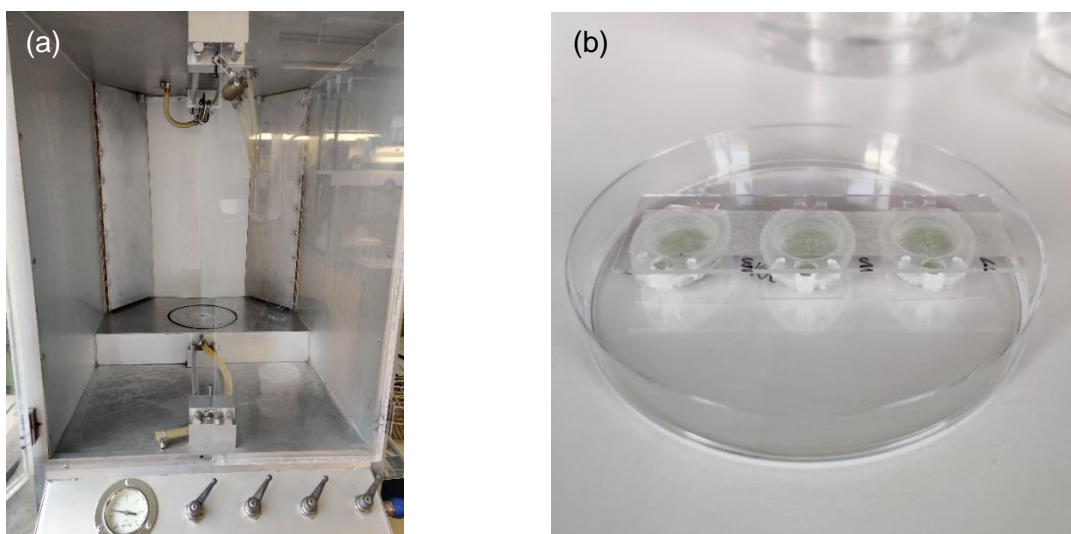
kwaliteit van enkele bladpansen te slecht werd in de loop van de proef waardoor er slechts drie of vier herhalingen waren per concentratie voor enkele producten. Tabel 2 geeft de aangepaste hoeveelheid herhalingen weer voor deze producten en concentratie.

Tabel 2. Aangepast aantal herhalingen per product en concentratie bij de toxiciteitstesten op *A. lycopersici*.

Productnaam	Concentratie (ppm)	Aantal herhalingen
Torque	20, 100 & 500	4
Kanemite	20, 100 & 500	4
Scelta	100 & 500	4
Cascade	500	3
Fury	20	4
Mitac	100	4

De vijftien geteste producten werden onderverdeeld in vier groepen aan de hand van hun werkwijze. De eerste groep heeft een remmende werking op het mitochondriale elektronentransportsysteem (de respiratie) en bestaat uit Torque, Pylon, Kanemite, Floramite, Naja, Sanmite en Scelta. Een volgende groep zijn groei- en ontwikkelingsinhibitoren en bevat Apollo, Andalin en Cascade. Pychlorex, Fury, Talstar en Mitac hebben een werking op het zenuwstelsel. Kumulus heeft een onbekende werking en wordt hierdoor apart besproken.

Via een Potter spuitoren (Figuur 19a) werd telkens 800 μL ($\pm 1,3 \text{ mg/cm}^2$) van het verdunde product of het gedemineraliseerd water op een petrischaal met één objectglasje en dekseltjes gespoten. De objectglasjes met dekseltjes werden eerst gedroogd aan de lucht waarna ze, bedekt met een draagglasje en met de opening naar beneden, in de petrischaal werden geplaatst (Figuur 19b); een deksel sloot de petrischaal af. Drie dagen na de bespuiting werden de bladpansen gecontroleerd en werden het aantal overlevende en gestorven individuen geteld. Hierbij werden alle mijten die zich minder dan hun eigen lichaamslengte konden verplaatsen, als dood beschouwd. Dit criterium werd reeds bij vorige proeven met TGM in het laboratorium aangenomen. De organismen die in de agar vasttraakten en stierven werden ook hier niet meegenomen in de verwerking van de data. De bekomen mortaliteitspercentages werden gecorrigeerd voor de controle volgens de formule van Scheider-Orelli (Vergelijking 1).



Figuur 19. Toxiciteitstesten op *A. lycopersici*. (a) Potter spuitoren. (b) Proefopstelling. (Foto's: auteur).

Vergelijking 1. Formule van Schneider-Orelli voor het corrigeren van mortaliteitspercentages voor de controle.

$$\text{Gecorrigeerd \%} = \left(\frac{\% \text{ Mortaliteit in behandeling} - \% \text{ Mortaliteit in controle}}{100 - \% \text{ Mortaliteit in controle}} \right) * 100$$

Tabel 3. Actieve stoffen, productnamen en de primaire plaats van werking (Mode of Action) volgens IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) van de producten die werden gebruikt voor de toxiciteitstesten op *A. lycopersici*.

Actieve stof	Productnaam	MoA groep: primaire plaats van werking
550 g/L Fenbutatin-oxide	Torque	12B: Inhibitor van de mitochondriale ATP synthase
240 g/L Chloorfenapyr	Pylon	13: Ontkoppelaars van oxidatieve fosforylatie door onderbreken van de protonengradiënt
164 g/L Acequinocyl	Kanemite	20B: Mitochondriaal complex III elektron transport inhibitor
240 g/L Bifenazaat	Floramite	20D: Mitochondriaal complex III elektron transport inhibitor
50 g/L Fenpyroximaat	Naja	21A: Mitochondriaal complex I electron transport inhibitor
100 g/L Pyridaben	Sanmite	21A: Mitochondriaal complex I electron transport inhibitor
200 g/L Cyflumetofen	Scelta	25A: Mitochondriaal complex II elektron transport inhibitor
500 g/L Clofentezine	Apollo	10A: Mijt groei-inhibitor met betrekking tot CHS1
25 % Flucycloxon	Andalin	15: Inhibitor van chitine biosynthese met betrekking tot CHS1
100 g/L Flufenoxuron	Cascade	15: Inhibitor van chitine biosynthese met betrekking tot CHS1
480 g/L Chloorpyrifos	Pychlorex	1B: Acetylcholine-esterase inhibitor
100 g/L Zeta-cypermethrine	Fury	3A: Natriumkanal modulator
80 g/L Bifenthrine	Talstar 80SC	3A: Natriumkanal modulator
200 g/L Amitraz	Mitac	19: Octopamine receptor agonist
80 % Zwavel	Kumulus	UN: Onbekende of onzekere MoA

6.3.2 Neveneffecten van tien gewasbeschermingsmiddelen op *P. ubiquitus*

De gewasbeschermingsmiddelen die gebruikt worden in de tomatenteelt hebben vaak, naast een werking op de plagen, ook een werking op nuttige organismen. In deze proef werden enkele veel gebruikte gewasbeschermingsmiddelen in de Vlaamse tomatenteelt gebruikt om het effect te testen op de roofmijt *P. ubiquitus* (Tabel 4). De veld dosis (aan 1000 L/ha (haag)) werd telkens gebruikt als concentratie. De proef werd uitgevoerd op petrischalen (Ø 5,1 cm, 1,3 cm hoog) waarbij een gestandaardiseerde bladarena van tomaat (2,1 x 2,1 cm) op twee lagen dunne, met water verzadigde watten werd geplaatst. De randen van het blaadje werden afgelijnd met strookjes keukenpapier (Figuur 20).



Figuur 20. Proefopstelling van de toxiciteitstest op *P. ubiquitus* (Foto: auteur).

Vervolgens werd ieder schaalje afzonderlijk in de spuitoren geplaatst (Figuur 19a) en bespoten met 1,25 mL (2 mg/cm²) van het verdunde product. Er werd ook elke dag een controle opgezet die bestaat uit eenzelfde hoeveelheid gedemineraliseerd water. Na het drogen van de bladarena's aan de lucht, werden er telkens vijf adulte *P. ubiquitus* wijfjes van ongekende leeftijd op geplaatst. Bij de bespuiting van het product Oberon werden er telkens vijf *P. ubiquitus* larven van ongekende leeftijd op de arena geplaatst. Er werd ook een controle uitgevoerd voor de larven. De *P. ubiquitus* mijten werden verkregen uit een kweek op basis van materiaal van Biobest NV. Er werd ook telkens *Typha sp.* pollen toegevoegd om kannibalisme te vermijden. Voor ieder product werden zeven herhalingen voorzien. Op één van de zeven herhalingen van Sivanto bleken later zes adulte wijfjes aanwezig in plaats van de geplande vijf. Na 24 uur werden het aantal overlevende en overleden adulten geteld alsook het aantal eitjes. Als de mijten minder dan drie keer hun eigen lichaamslengte vooruit konden bewegen werd aangenomen dat ze dood waren. Dit criterium werd gebruikt aangezien de mijten zowel vooruit, zijwaarts als achteruit kunnen voortbewegen en eenmaal de lichaamslengte voor twijfel zou zorgen. De percentages mortaliteit werden gecorrigeerd voor de controle volgens de formule van Schneider-Orelli (Vergelijking 1). Vier of vijf dagen na de aanvang van de proef werd ook gecontroleerd op de ontluiking van de eitjes en een tweede maal op de overleving van de adulten. De verspreiding over twee dagen gebeurde vanwege praktische overwegingen. Voor de behandeling met Oberon werd de staat van de larven opgevolgd op dag één en dag vier na de aanvang van de proef.

Tabel 4. Actieve stoffen, productnamen, de primaire plaats van werking (Mode of Action) volgens IRAC en de toegepaste veld dosis van de producten die werden gebruikt voor de toxiciteitstesten op *P. ubiquitus*.

Actieve stof	Productnaam	MoA groep: primaire plaats van werking	Veld dosis
255 g/L Piperonylbutoxide 20 g/L Pyrethrinen	Bio-pyretrex	3A: Natriumkanal modulator	5 L/ha
120 g/L Sulfoxaflor	Closer	4C: Nicotine-acetylcholine receptor competitieve modulator	0,16 L/ha haag
200 g/L Flupyradifurone	Sivanto	4D: Nicotine-acetylcholine receptor competitieve modulator	0,45 L/ha haag
18 g/L Abamectine	Vertimec	6: Glutamaatgevoelige chloridenkanaal allosterische modulator	0,3 L/ha haag
0,95 % Emamectine Benzoaat	Affirm	6: Glutamaatgevoelige chloridenkanaal allosterische modulator	0,6 kg/ha haag
110 g/L Etoxazool	Borneo	10B: Mijt groei-inhibitor met betrekking tot CHS1	0,2 L/ha haag
240 g/L Bifenazaat	Floramite	20D: Mitochondriaal complex III elektron transport inhibitor	0,4 L/ha haag
240 g/L Spiromesifen	Oberon	23: Inhibitor van acetyl CoA carboxylase	0,3 L/ha haag
80 % Zwavel	Kumulus	UN: Onbekende of onzekere MoA	5 kg/ha
60 g/L Sinaasappelolie	Limocide	UN: Onbekende of onzekere MoA	0,8 L/ha haag

7 Statistische verwerking

Voor de verwerking van de resultaten werd gebruik gemaakt van het statistische programma R Studio R 4.0.3. Bij alle testen werd het nominale significantieniveau vastgelegd op een waarde van 0,05. Als datasets aan elkaar gelijk waren werd aangenomen dat ze niet significant verschilden.

Categorische waarden, zoals de ontwikkeling tot protonimf en het succes van de predator in de intraguild proeven werden geanalyseerd door de groepen manueel twee aan twee te vergelijken met behulp van een chi-square test. Via bootstrapping werd het scheidingsprobleem van de data gecorrigeerd. Er werd ook een Bonferroni correctie toegepast op de p-waarden om te corrigeren voor de kanskapitalisatie.

Data zoals de mortaliteitspercentages van de toxiciteitstesten en de ovipositie tellingen werden eerst getest op normaliteit met behulp van een Q-Q plot en vervolgens de Shapiro-Wilk normaliteitstest.

Indien de gegevens normaal waren verdeeld werd de gelijkheid van varianties (homoscedasticiteit) bepaald met behulp van de Levene test. Als de data heteroscedastisch was, werd met behulp van een Welch's Anova gekeken of er significante verschillen aanwezig waren tussen de gemiddelden van de groepen. Vervolgens werden deze twee aan twee vergeleken via een unequal variance pairwise t-test. Om rekening te houden met het uitvoeren van meerdere testen werd een Benjamini-Hochberg correctie toegepast op de p-waarden.

Indien de gegevens niet normaal verdeeld waren, werd gebruik gemaakt van niet-parametrische testen. Voor het vergelijken van meerdere gemiddelden werd beroep gedaan op de Kruskal-Wallis Rank Sum test. Als uit deze test bleek dat er een effect was van de factor, werden de gemiddelden twee aan twee vergeleken met behulp van de Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test. De p-waarden werden hier opnieuw gecorrigeerd volgens de methode van Benjamini-Hochberg.

DEEL IV RESULTATEN EN BESPREKING

8 Voedingsproef op *Pronematus ubiquitous*

In deze proef werd de invloed van twee substraten en drie verschillende voedingsbronnen op de ontwikkeling van ei tot protonimf van *P. ubiquitous* nagegaan. Als substraat werd een plastic arena vergeleken met een tomatendeelblaadje. De voedingsbronnen waren *Typha sp.* pollen (Nutrimite™, Biobest NV (Westerlo, België)), tomatengalmijten (TGM) en een combinatie van pollen met TGM. Er werd ook gekeken naar de ontwikkeling wanneer er geen voedingsbron werd toegediend. Het doel van deze proef was bepalen of de mijt als larve niet-voedend, facultatief voedend of obligaat voedend is en of het substraat een invloed heeft op de ontwikkeling tot protonimf.

8.1 Invloed van substraat en dieet op de ontwikkeling van ei tot protonimf

De invloed van de verschillende behandelingen op de ontwikkeling van ei tot protonimf doorheen de tijd wordt weergegeven in Figuur 21. Uit de ontwikkelingspercentages is duidelijk op te merken dat een voedingsbron cruciaal was voor het larvenstadium van de mijt. Het waren dus obligaat voedende mijten in alle ontwikkelingsstadia. Bij beide behandelingen (substraten blad en plastic) zonder voedingsbron kon namelijk geen enkel eitje ontwikkelen tot protonimf. De eitjes konden echter wel ontluiken tot larven, maar er was geen ontwikkeling tot het volgende stadium. Als er wel een voedingsbron aanwezig was, waren de percentages protonimf veel hoger. Er was echter geen significant verschil tussen de verschillende behandelingen met een voedingsbron onderling. Zo was het percentage *P. ubiquitous* dat zich ontwikkelde tot protonimf gevoed op pollen niet significant verschillend tussen bladarena en plastic arena ($p = 1$). De behandeling van pollen op de plastic arena zorgde in absolute cijfers wel voor lagere percentages, waarbij er ook geen significant verschil was tussen deze behandeling en de behandelingen zonder voedingsbron.

Tabel 5 toont aan dat de ontwikkeling het snelst verliep indien een voedingsbron werd toegediend bij een bladarena. Figuur 21 toont vervolgens dat bij de bladarena met pollen of TGM alle eitjes na 7,5 dagen ofwel waren ontwikkeld tot protonimf, ofwel waren gestorven. Bij de combinatie van pollen en TGM echter, bleek dit pas een dag later het geval te zijn. De behandeling plastic met pollen bleek pas na 7,5 dagen voor de eerste protonimfen te zorgen. Bij de plastic arena zonder toevoeging van een voedingsbron waren alle larven reeds na acht dagen gestorven, terwijl op de bladarena nog steeds enkele larven leefden bij het einde van de proef.

In de praktijk werden slechts een beperkt aantal proeven uitgevoerd rond de ontwikkeling en kweek van *P. ubiquitous*. Flaherty & Hoy (1971) vermeldden dat het mogelijk is om grote kolonies te verkrijgen bij het gebruik van druivenbladeren als substraat en *Typha sp.* pollen als voedingsbron. Ook druivenpollen en pollen van de Australische heuvelstruik, *Melaleuca hypericifolia*, zorgden voor goede resultaten. Bijenpollen bleken dan weer geen goede voedingsbronnen. Ook het gebruik van twee schimmels (*Uncinula necator* en *Cladosporium sp.*) werd getest als voeding voor de mijten, maar ze bleken geen goede resultaten op te leveren. In recenter onderzoek van Aussems et al. (2021) werd opnieuw vermeld dat de roofmijt kan overleven op pollen, maar ook op TGM. Bij een combinatie van pollen en TGM

zouden de roofmijten minder TGM consumeren dan indien er geen pollen aanwezig zouden zijn. Een voordeel van een toevoeging van pollen zou wel zijn dat het aantal eitjes per roofmijt hoger is waardoor de populatie sneller zou groeien. Ons experiment bevestigde het feit dat de mijten kunnen ontwikkelen tot protonimf op zowel pollen, TGM als een combinatie van beiden. Om de mijten op te kweken is het echter interessanter om enkel pollen te gebruiken als voedingsbron aangezien deze gemakkelijk te verkrijgen zijn, bijvoorbeeld onder de naam Nutrimite™, en er een mogelijkheid wordt gecreëerd om de kweek te standaardiseren en automatiseren. Nutrimite™ is het stuifmeel van de lisdodde *Typha sp.* en wordt sinds 2013 commercieel aangeboden door Biobest NV om de populatieontwikkeling van roofmijten te versnellen (Messelink et al., 2014).

Tabel 5. Gemiddeld (\pm standaardfout) aantal dagen voor de ontwikkeling van ei tot protonimf van *P. ubiquitous*. Eitjes werden gedurende 24 uur voor de proefopzet verzameld. Waarden met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test)

Behandeling	Ontwikkelingsduur tot protonimf (dagen)
Plastic	-
Plastic + Pollen	8,38 \pm 0,88 a
Blad	-
Blad + Pollen	6,50 \pm 0,12 b
Blad + TGM	6,86 \pm 0,18 b
Blad + TGM + Pollen	6,79 \pm 0,23 b

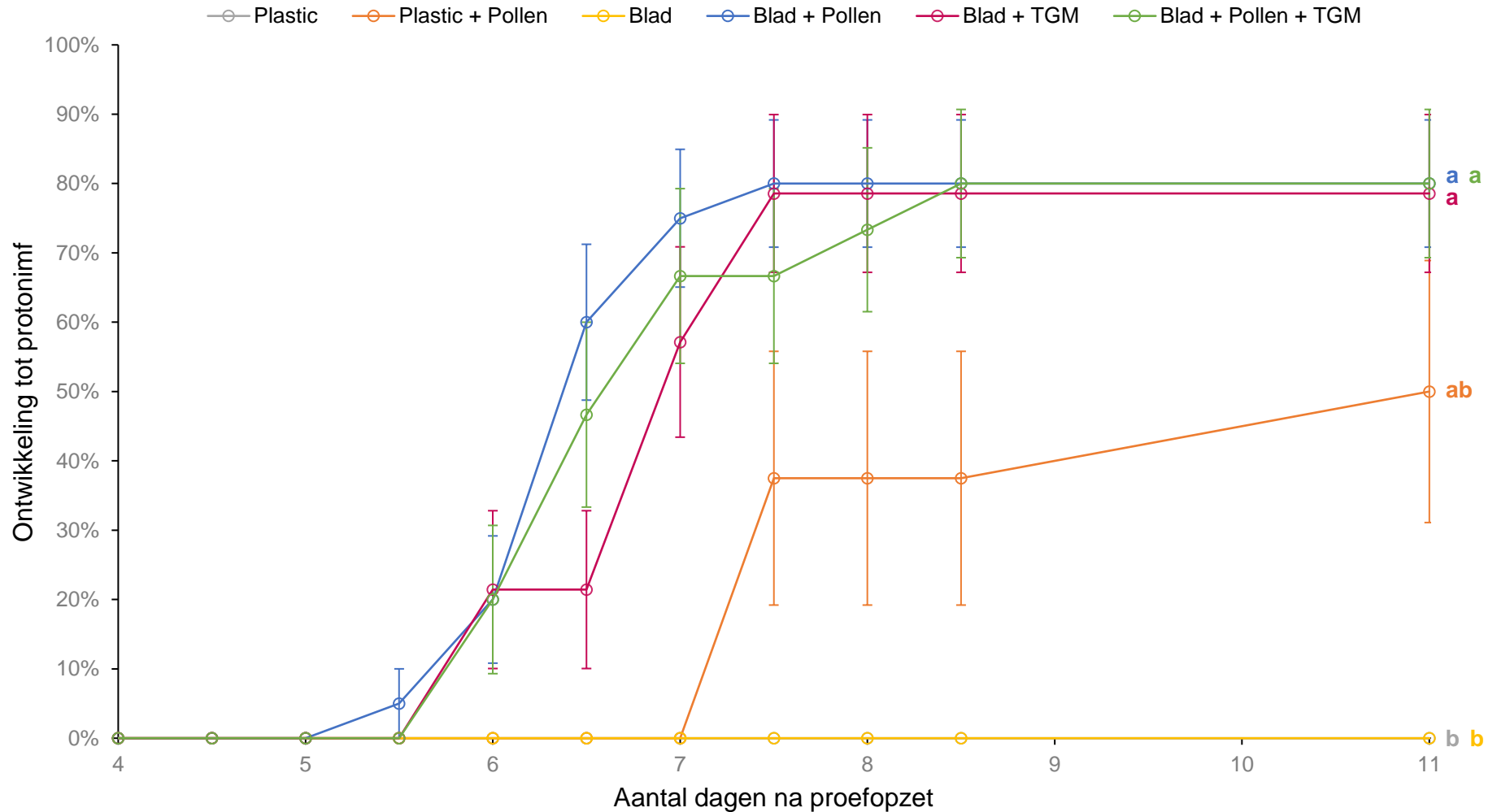
In het experiment van Flaherty & Hoy (1971) voedden de mijten uit de Iolinidae familie zich slechts zeer beperkt op het druivenbladweefsel zelf. Het is mogelijk dat deze situatie zich ook voordeed op tomaat aangezien geen enkele larve kon ontwikkelen tot protonimf op de bladarena zonder voedingsbron. Een andere reden zou kunnen zijn dat de nutritionele waarde van het blad onvoldoende was. Een extra voedingsbron was met andere woorden cruciaal bij de larvale ontwikkeling van deze mijt. De aanwezigheid van de bladarena zorgde wel voor een snellere ontwikkeling in vergelijking met de plastic arena en droeg dus bij aan de groei van de mijt.

In het onderzoek van Abou-Awad et al. (1999) werd onder andere de ontwikkeling van *P. ubiquitous* van ei tot protonimf onderzocht op een dieet van ofwel *Aceria ficus*, ofwel *Rhyncaphytoptus ficifoliae*, beiden mijten uit de familie Eriophyidae. De proef verliep op vijgenbladeren bij een temperatuur van 29 ± 2 °C en een RV van 70 - 80 %. Het duurde ongeveer tien dagen tot vers afgelegde eitjes zich hadden kunnen ontwikkelen tot protonimfen. Op Figuur 21 zou dit overeenkomen met de data op dag negen, waarbij te zien is dat reeds alle behandelingen die bestaan uit een bladarena en voedingsbron in een plateaufase zaten.

8.2 Conclusie

P. ubiquitous bleek een obligaat voedende mijt te zijn die kon ontwikkelen van ei tot protonimf op een dieet van pollen, TGM of een combinatie van beiden. Het gebruik van een bladarena zorgde voor een significant snellere ontwikkeling dan de plastic arena. Verder kon ook een groter aandeel van de mijten zich op de bladarena ontwikkelen van ei tot protonimf, maar dit was niet significant verschillend aan de plastic arena.

Effect van substraat en voeding op de ontwikkeling van *P. ubiquitous*



Figuur 21. Percentage (\pm standaardfout) *P. ubiquitous* eitjes dat ontwikkelt tot protonimf doorheen de tijd op verschillende substraten en bij eventuele toediening van verschillende voedingsbronnen. Behandelingen gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$ volgens een chi-square test).

9 Intraguild predatie (IGP) tussen *Macrolophus pygmaeus* en *Pronematus ubiquitousus*

In dit experiment werd nagegaan of er sprake was van intraguild predatie tussen de nimfenstadia van *M. pygmaeus* en de adulte wijfjes van *P. ubiquitousus*. De intraguild predatie zonder extraguild voedsel werd bij elk nimfenstadium geëvalueerd. Verder werd de predatie door het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* ook getest bij toediening van extraguild voedsel. Hiervoor werd het effect van *Typha* sp. pollen en *Artemia* cysten (Artefeed, Koppert BV (Mechelen, België)) bekeken.

9.1 IGP zonder extraguild voedsel

In de controle leefden alle adulte *P. ubiquitousus* wijfjes nog na 24 uur waardoor geen correctie werd uitgevoerd op de mortaliteit van de mijten. Er was sprake van unidirectionele intraguild predatie door de *M. pygmaeus* nimfen op de adulte *P. ubiquitousus* wijfjes. Dit werd ook verwacht als er gekeken werd naar de afmetingen van beide individuen. Aangezien de mijten werden gedood en opgegeten kon de interactie worden geclassificeerd als IGP *sensu stricto* volgens de indeling van Lucas & Maisonhaute (2019) (Figuur 22).



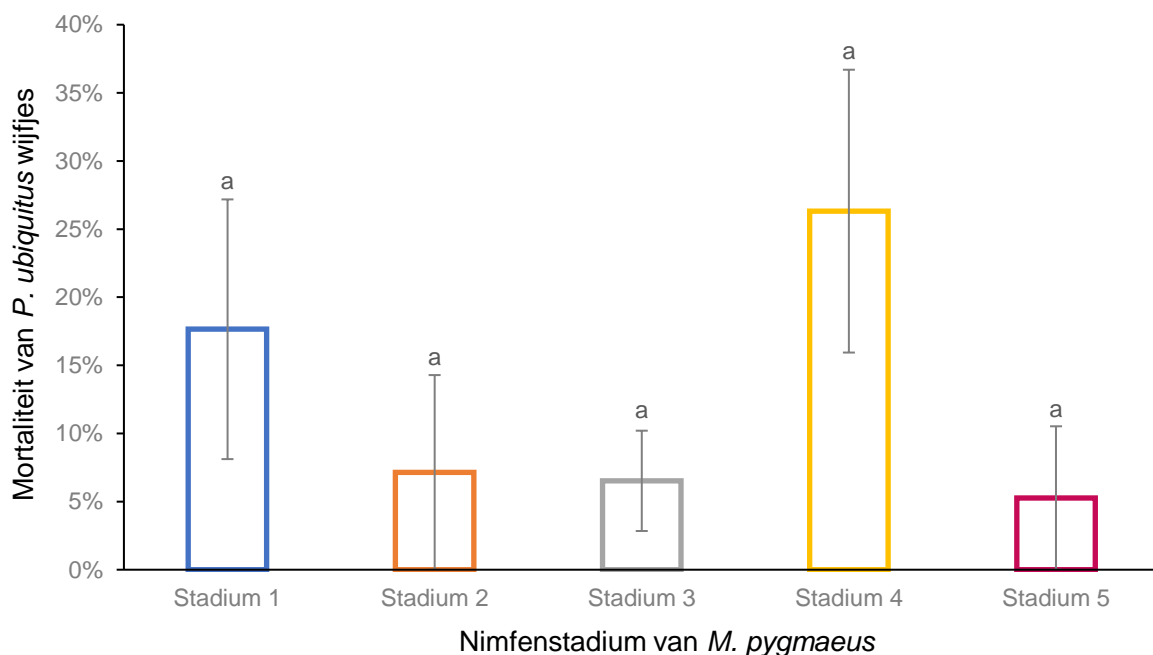
Figuur 22. Leeggezogen *P. ubiquitousus* wijfje na IGP door *M. pygmaeus* (Foto: auteur).

De IGP was het hoogst bij het vierde nimfenstadium van de roofwants ($26,32 \pm 5,26$ %, $n = 19$) en het laagst bij het vijfde nimfenstadium ($5,26 \pm 5,26$ %, $n = 19$) (Figuur 23). Het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* resulteerde in de op een na hoogste mortaliteit van de roofmijt ($17,65 \pm 9,53$ %, $n = 17$). Volgens de chi-square testen was de IGP door de verschillende nimfenstadia niet significant verschillend ($\chi^2 = 6,94$; $df = 4$; $p = 0,14$).

De intraguild predatie was dus aanwezig, maar in beperkte mate. Het is belangrijk om te benadrukken dat de proeven hier werden uitgevoerd op bladarena's in het laboratorium. De kleine oppervlakte van de bladarena's kan namelijk een effect hebben op het gedrag van en de interacties tussen de twee predatoren. Hoe kleiner en minder complex de arena's zijn, hoe

hogere de intensiteit van de IGP. Dit komt omdat de organismen elkaar sneller en meer frequent tegenkomen en omdat er een beperkte beschikbaarheid is van schuilplaatsen (Trotta et al., 2015). *P. ubiquitus* is een kleine mijt die kan genieten van de bescherming door de trichomen en dan ook vooral te vinden was rond de middennerf van de bladarena's. Hoe dikker de middennerf en hoe abundanter de trichomen zijn, hoe meer bescherming er aanwezig is voor de roofmijten en hoe kleiner het risico op IGP. Als de omgeving complexer wordt, zoals bijvoorbeeld op volledige planten in serres, is er dus een kans dat de IGP hierdoor minder intensief wordt. Een voorbeeld hiervan komt uit het onderzoek van Bouagga et al. (2018) waar er initieel unidirectionele IGP was vastgesteld van *M. pygmaeus* op *Amblyseius swirskii* in het laboratorium. Eenmaal onder serrecondities bleek deze IGP geneutraliseerd.

Intraguild predatie van *M. pygmaeus* op *P. ubiquitus*



Figuur 23. Gemiddelde (\pm standaardfout) mortaliteit van *P. ubiquitus* wijfjes na IGP door het eerste tot vijfde nimfenstadium van *M. pygmaeus*. Kolommen met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$ volgens een chi-square test).

Verder zijn *P. ubiquitus* mijten ook zeer snel en kunnen ze, net zoals *Homeopronematus anconai* even snel achteruit als vooruit lopen (Knop & Hoy, 1983). De predatie van *M. pygmaeus* op *P. ubiquitus* is dus niet evident. Als een adult wijfje een eitje aflegt op een trichoom is ze op dat moment een makkelijkere prooi doordat ze onbeschermd is en op dat moment ook stil zit. Het gebeurde dan ook dat een mijt leeggezogen terug werd gevonden hangend aan een trichoom na contact met *M. pygmaeus*.

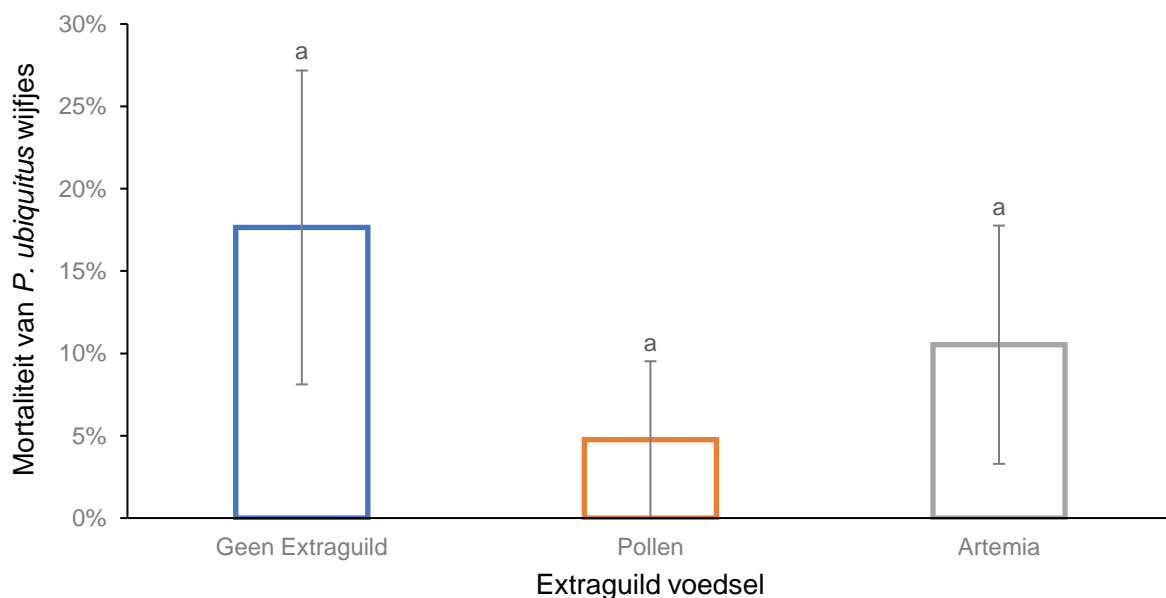
Aangezien *M. pygmaeus* een predator is voor meerdere plagen in de tomatenteelt en hier ook een belangrijke schakel in de biologische bestrijding is, is er al heel wat onderzoek uitgevoerd naar onder andere intraguild relaties met andere predatoren. Er is bijvoorbeeld reeds unidirectionele IGP vastgesteld van *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) op *M. pygmaeus*, beiden predatoren van bladluizen als *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) (Trotta et al., 2015). Ook tussen *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) en *M. pygmaeus* is

reeds IGP vastgesteld (Bouagga et al., 2018). Er is echter nog geen onderzoek uitgevoerd naar de intraguild predatie tussen *M. pygmaeus* en bepaalde roofmijten uit de Iolinidae.

9.2 IGP met toevoeging van extraguild voedsel

Figuur 24 geeft de IGP weer van het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* op *P. ubiquitous* wijfjes bij toevoeging van ofwel geen voeding, ofwel pollen, ofwel *Artemia* cysten. De mortaliteit was lager bij de toevoeging van extraguild voedsel, waarbij de waarden bij toevoeging van *Artemia* cysten ($10,53 \pm 7,23$ %, $n = 19$) dubbel zo hoog waren in vergelijking met deze bij toevoeging van pollen ($4,76 \pm 4,76$ %, $n = 21$). Er was echter geen significant verschil tussen de drie behandelingen volgens de chi-square test ($\chi^2 = 1,65$; $df = 2$; $p = 0,44$). De IGP bij toevoeging van extraguild voedsel daalde dus niet significant in vergelijking met de IGP zonder extraguild voedsel. In de experimenten van zowel Bouagga et al. (2018) als Trotta et al. (2015) bleek een stijging van de hoeveelheid extraguild voedsel te zorgen voor een daling in het voorkomen van IGP. In ons experiment werd het voedsel ad libitum toegevoegd wat betekende dat *M. pygmaeus*, ondanks de overvloed aan niet mobiel voedsel, toch nog de roofmijten consumeerde.

Intraguild predatie van het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* op *P. ubiquitous* met extraguild voedsel



Figuur 24. Gemiddelde (\pm standaardfout) mortaliteit van *P. ubiquitous* wijfjes na IGP door het eerste nimfenstadium van *M. pygmaeus* waarbij geen extraguild voedsel, *Typha* sp. pollen of *Artemia* cysten werden toegevoegd. Kolommen met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$ volgens een chi-square test).

9.3 Conclusie

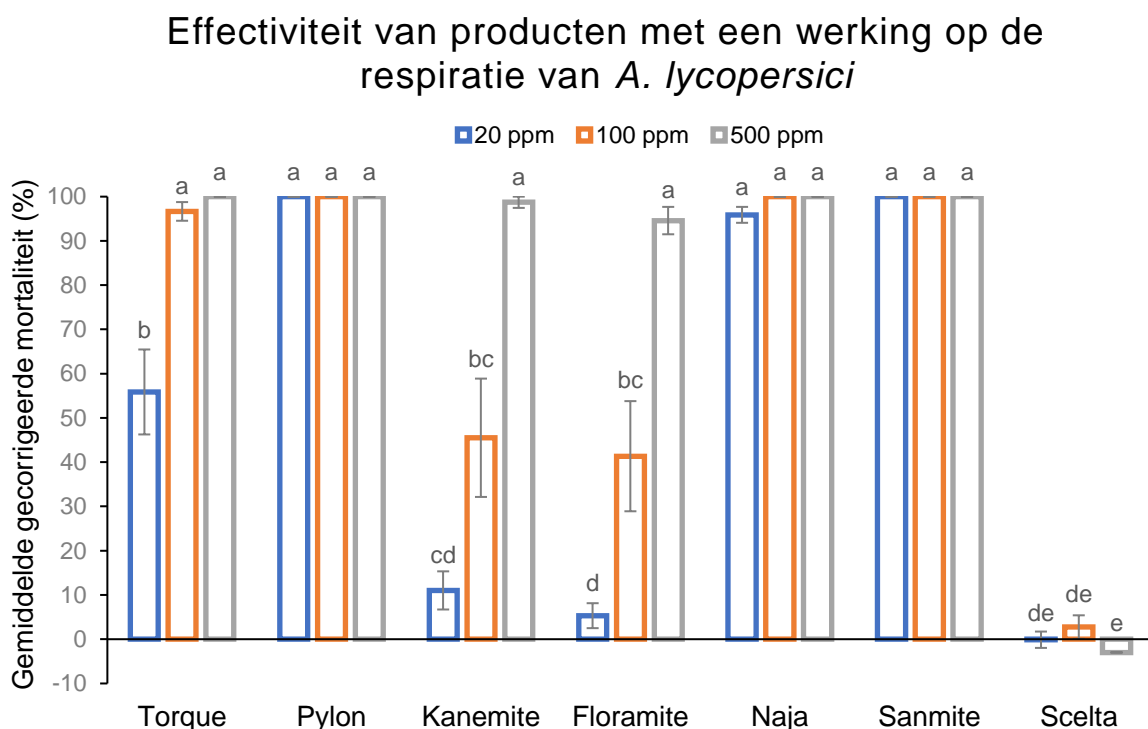
Er was een beperkte mate van unidirectionele IGP van *M. pygmaeus* op *P. ubiquitous* indien samen geplaatst op een bladarena. Het nimfenstadium speelde hierin geen significante rol. De toevoeging van extraguild voedsel zorgde voor een niet-significante daling van de IGP. Het type extraguild voedsel (pollen of *Artemia* cysten) gaf geen significant verschillende resultaten.

10 Effectiviteit van vijftien gewasbeschermingsmiddelen (GBM) voor de controle van *Aculops lycopersici*

In deze proef werden *A. lycopersici* adulten blootgesteld aan vijftien verschillende GBM waarbij telkens werd gekeken naar de effectiviteit op de mijten. De vijftien producten konden worden onderverdeeld in vier verschillende groepen gebaseerd op hun primaire plaats van werking volgens het IRAC.

10.1 Effectiviteit van GBM met een inhiberende werking op de respiratie

Figuur 25 toont de mortaliteit, gecorrigeerd voor de controle, van de *A. lycopersici* adulten na behandeling met zeven producten met een werking op de respiratie. Er waren duidelijke verschillen in afdodende werking tussen de verschillende GBM.



Figuur 25. Gemiddelde (\pm standaardfout) gecorrigeerde mortaliteit van *A. lycopersici* adulten op dag 3 na behandeling met Torque, Pylon, Kanemite, Floramite, Naja, Sanmite of Scelta bij een concentratie van telkens 20, 100 of 500 ppm. Een negatief percentage duidt op een gemiddelde mortaliteitsgraad die lager is na de behandeling dan in de controle. Waarden met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test).

De hoogste mortaliteitsgraad werd bekomen bij de producten Pylon, Naja en Sanmite. Alle drie de producten zorgden namelijk vanaf 20 ppm voor een (bijna) volledige sterfte van de mijten. Pylon (chlorfenapyr) is een breedwerkend product tegen nimfenstadia en adulte mijten dat de mitochondriale protonengradiënt verstoort waardoor geen ATP wordt gesynthetiseerd (BASF Corporation, 2019; IRAC, 2020). Volgens Marcic et al. (2011) heeft chlorfenapyr een goede werking op mijten uit de Eriophyoidea superfamilie, wat door dit experiment ook werd bevestigd voor de TGM. Al vanaf 20 ppm bleek Pylon te zorgen voor een mortaliteitsgraad van 100 %.

Van Leeuwen et al. (2010) gaven in 2010 al mee dat de actieve stof hoogstwaarschijnlijk het Europees herzieningsprogramma van pesticiden onder richtlijn 91/414 niet zou overleven. Pylon is vandaag de dag dan ook niet meer toegelaten in de EU (European Commission, 2021).

Sanmite (pyridaben) veroorzaakte evenals Pylon een volledige sterfte van de mijten bij alle drie de concentraties. Naja (fenpyroximaat) werkt zoals Sanmite in op het electronencomplex I en zorgde voor een gecorrigeerde mortaliteit van $95,89 \pm 1,80$ % bij 20 ppm en 100 ± 0 % vanaf 100 ppm. Fenpyroximaat is een specifiek mijtdodend middel dat zowel de nimfen als de eieren doodt. Beide actieve stoffen werden reeds in de jaren 90 op de markt gebracht voor de bestrijding van spintmijt en werden zeer populair door hun hoge efficiëntie, snelle knockdown en langdurige werking. Ook voor de bestrijding van mijten uit de superfamilie Eriophyoidea bleken producten uit de groep van mitochondriale elektrontransport inhibitoren (METI) een goede werking te hebben. Er zijn echter in meerdere gewassen wereldwijd problemen vastgesteld rond resistentie bij spintmijten bij het gebruik van actieve stoffen met deze *mode of action*, waardoor een gelijktijdige bestrijding van zowel spint- als tomatengalmijten moeilijk wordt (Van Leeuwen et al., 2010). Sanmite is vandaag de dag toegelaten in de tomatenteelt onder bescherming voor de bestrijding van de TGM aan een veld dosis van 0,8 L/ha haag. Naja is in België niet toegelaten (Fytoweb, 2021).

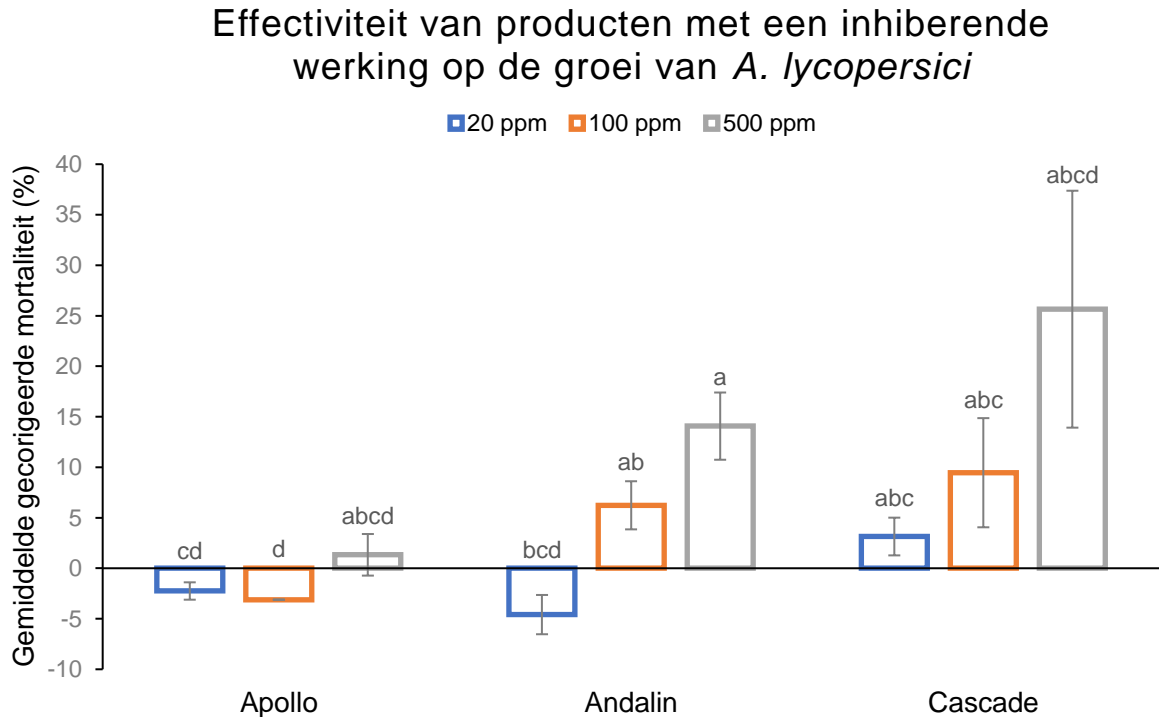
Kanemite (acequinocyl) en Floramite (bifenazaat) werken allebei in op het electronencomplex III en vertoonden een gelijkaardig dosis-respons effect. Hoe groter de concentratie was van het toegediende product, hoe groter de effectiviteit op de mijten. Enkel de stijging van 20 naar 100 ppm bij de toepassing van Kanemite zorgde niet voor significant hogere mortaliteitswaarden. Op het etiket of gebruiksaanwijzing van de producten wordt er expliciet vermeld dat ze weinig tot geen effect hebben bij de bestrijding van de TGM (Van Leeuwen et al., 2010). De producten zijn in België toegelaten voor de bestrijding van spintmijten op tomaat aan een concentratie van 0,9 L/ha haag (148 ppm) voor Kanemite en 0,4 L/ha haag (96 ppm) voor Floramite (Fytoweb, 2021). In de review van Vervaeke et al. (2021) wordt vermeld dat uit onderzoek bleek dat die veld dosis niet voldoende was voor een goede bestrijding van de TGM. Bij 100 ppm werden hier waarden van $45,52 \pm 13,37$ % (Kanemite) en $41,35 \pm 12,45$ % (Floramite) bekomen. De producten zorgden dus, zoals eerder vermeld, voor een lage effectiviteit op de TGM aan de veld dosis. Bij 500 ppm waren de effecten echter even groot als bij de eerst vermelde producten (Pylon, Naja en Sanmite).

Torque (fenbutatin-oxide) werkt ter hoogte van de mitochondriën en remt de oxidatieve fosforylatie en zo ook de ATP-vorming (Spanoghe, 2020). Bij 20 ppm werd reeds een gecorrigeerde mortaliteit vastgesteld van $55,87 \pm 9,60$ % en vanaf 100 ppm bleken (bijna) alle mijten te zijn overleden. Torque heeft een maag- en contactwerking op nimfen en adulten (Crop Care, 2014; Spanoghe, 2020) en is vandaag de dag, zoals Van Leeuwen et al. (2010) hadden voorspeld, niet meer toegelaten in de EU (European Commission, 2021).

Scelta (cyflumetofen) vertoonde zo goed als geen mortaliteit bij alle drie de concentraties. Bij 20 en 500 ppm werd zelfs een grotere populatie aan levende mijten teruggevonden dan in de controle, wat wijst op een zeer lage effectiviteit. Scelta wordt, volgens het etiket, gebruikt voor de bestrijding van alle stadia van *Tetranychus urticae* en remt de elektronencomplex II transporter (IRAC, 2020). Het product is toegestaan in België voor de bestrijding van spintmijt op tomaat onder beschutting aan een dosis van 0,8 L/ha haag (Fytoweb, 2021). Dit komt overeen met een veld dosis van 160 ppm die volgens Figuur 25 een zeer lage effectiviteit zou uitoefenen op de TGM.

10.2 Effectiviteit van GBM met een inhiberende werking op de groei en ontwikkeling

Aangezien er finaal te weinig herhalingen waren bij de behandeling van Cascade aan 500 ppm konden geen statistische verschillen gevonden worden met de andere behandelingen.

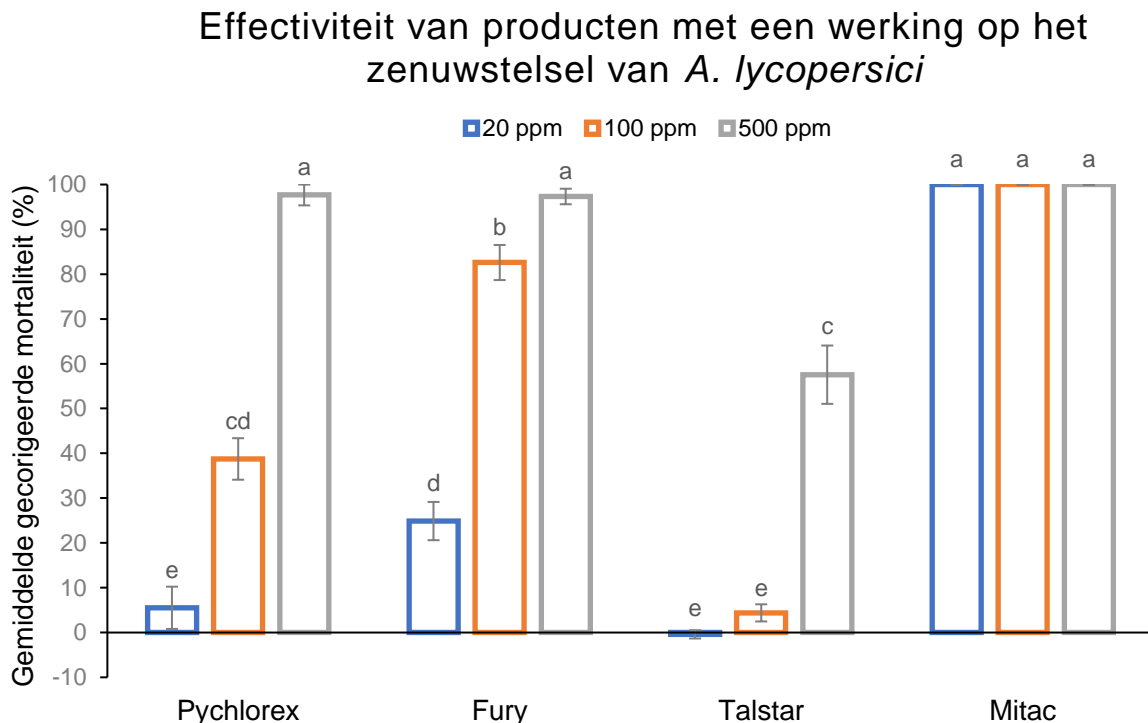


Figuur 26. Gemiddelde (\pm standaardfout) gecorrigeerde mortaliteit van *A. lycopersici* adulten op dag 3 na behandeling met Apollo, Andalin of Cascade bij een concentratie van telkens 20, 100 of 500 ppm. Een negatief percentage duidt op een gemiddelde mortaliteitsgraad die lager is na de behandeling dan in de controle. Waarden met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test).

Apollo (clofentezine) werkt als groei-inhibitor en veroorzaakte bij een toediening van 500 ppm een gecorrigeerde mortaliteit bij de adulten van slechts $1,33 \pm 2,06$ % (Figuur 26). Het product wordt vooral gebruikt als contact ovicide en werkt in op chitine synthase 1 (CHS1) (Demaeght et al., 2014). Wijfjes van de spintmijt die in contact komen met Apollo zouden niet-levensvatbare eitjes afleggen (Vissers, 2013). Apollo is toegelaten in België, maar niet in de tomatenteelt (Fytoweb, 2021). Andalin (flucycloxyuron) en Cascade (flufenoxuron) inhiberen beiden de biosynthese van chitine en gaven aanleiding tot wat hogere sterftcijfers dan Apollo. Alle behandelingen met een gemiddelde gecorrigeerde mortaliteit boven 0 % zijn echter niet significant verschillend van elkaar. De hoogste gecorrigeerde mortaliteit kwam voor bij Cascade aan een dosis van 500 ppm en bedroeg $25,65 \pm 11,73$ %. Aangezien de groei en ontwikkeling wordt geïnhibeed zouden de producten een hogere effectiviteit moeten hebben op de eitjes of onvolwassen stadia. Beide producten zijn echter niet toegelaten in de EU (European Commission, 2021), zoals ook werd verwacht door Van Leeuwen et al. (2010).

10.3 Effectiviteit van GBM met een werking op het zenuwstelsel

Pychlorex (chloorpyrifos) zorgde bij 20 ppm voor een gecorrigeerd mortaliteitspercentage van slechts $5,52 \pm 4,72$ % bij volwassen TGM, maar dit steeg tot een percentage van bijna 100 % bij 500 ppm ($97,67 \pm 2,33$ %) (Figuur 27). Chloorpyrifos is een organofosfaat dat gekend staat om zijn goede werking bij de controle van de *A. lycopersici* (Van Leeuwen et al., 2010), hoewel dit maar tot een bepaalde hoogte werd bevestigd in dit experiment. Het zorgt voor een inhibitie van acetylcholine-esterase waardoor acetylcholine opstapelt in de synaps van de zenuwcellen en zo voor een voortdurende prikkeling van de receptorplaats zorgt. Het product was jammer genoeg ook een van de eerste waarbij resistentie werd vastgesteld bij spintmijten. Het aanhoudend gebruik leidde tot continue selectie en daarmee ook resistentie in vele populaties. Er wordt dan ook niet geadviseerd om met dit product de TGM te bestrijden in gewassen die ook zijn geïnfesteerd door spintmijten. Chloorpyrifos en daarmee dus ook Pychlorex zijn ook niet meer in de EU toegelaten (European Commission, 2021).



Figuur 27. Gemiddelde (\pm standaardfout) gecorrigeerde mortaliteit van *A. lycopersici* adulten op dag 3 na behandeling met Pychlorex, Fury, Talstar of Mitac bij een concentratie van telkens 20, 100 of 500 ppm. Een negatief percentage duidt op een gemiddelde mortaliteitsgraad die lager is na de behandeling dan in de controle. Waarden met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test).

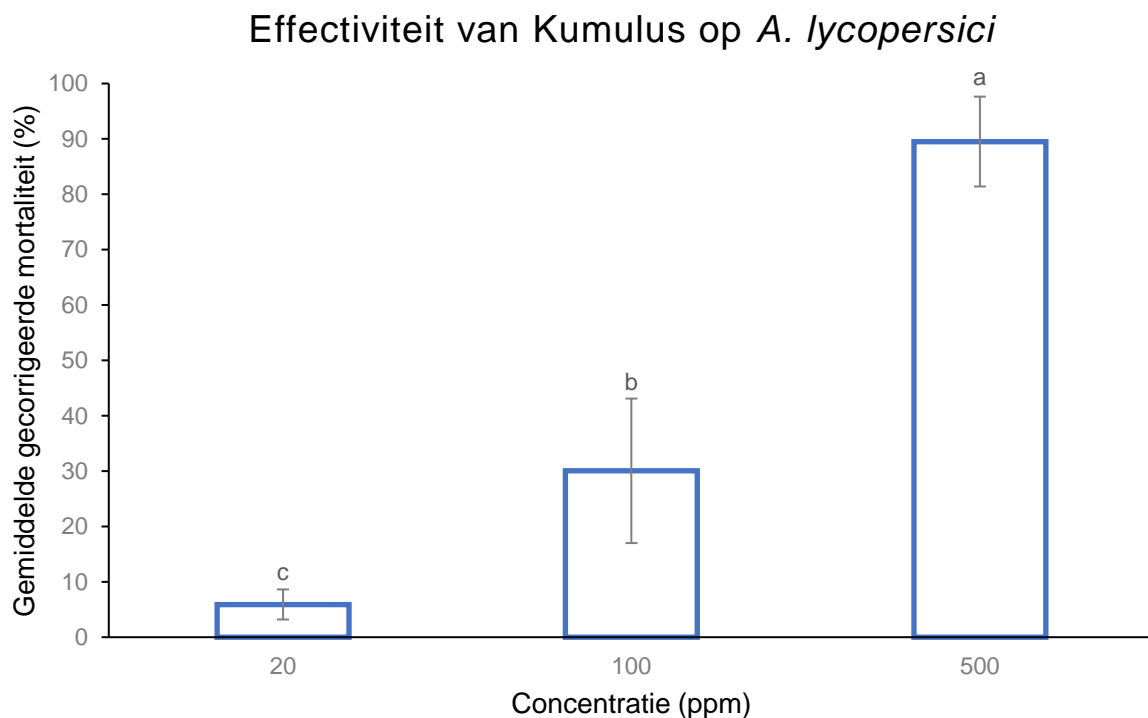
Zowel Fury (zeta-cypermethrine) als Talstar (bifenthrine) zorgen voor een verandering van de natriumstroom tijdens de axonische prikkeloverdracht waardoor deze wordt verstoord. Zo spelen ze in op de werking van het zenuwstelsel (IRAC, 2020; Spanoghe, 2020). Beide actieve stoffen zijn pyrethroïden met een goede effectiviteit op mijten (Van Leeuwen et al., 2010). Het effect was duidelijk groter bij Fury waarbij de gecorrigeerde mortaliteit bij 100 ppm en 500 ppm significant groter was in vergelijking met de behandeling met Talstar aan 500 ppm. De gecorrigeerde mortaliteit bij Talstar bleef onder de 7 % tot en met 100 ppm en bleef daarmee

significant lager dan de behandeling van Fury aan 20 ppm. Cypermethrine wordt door Vervaet et al. (2021) gerapporteerd als een actieve stof met een goede effectiviteit op de TGM, wat hier deels werd bevestigd. Van Leeuwen et al. (2010) vermeldden dat bifenthrine een uitstekende effectiviteit heeft op mijten uit de superfamilie Eriophyoidea, wat in dit onderzoek niet werd bevestigd voor *A. lycopersici*. Fury is toegelaten in België, maar niet in de tomatenteelt, terwijl Talstar niet in de EU is toegelaten (European Commission, 2021).

Mitac (amitraz) zorgde vanaf 20 ppm voor sterfte van alle individuen en had dus een zeer hoge effectiviteit op de TGM. Amitraz activeert de octopamine receptoren wat leidt tot hyperexcitatie waarbij octopamine de insectenvariant is van adrenaline (IRAC, 2020). Eriophyoidea mijten zijn minstens even gevoelig voor de acaricide amitraz als mijten uit de familie Tetranychidae waardoor het product ook zeer vaak werd gebruikt (Van Leeuwen et al., 2010). Amitraz is niet meer toegelaten in de EU sinds het herzieningsprogramma onder richtlijn 91/414 (European Commission, 2021).

10.4 Effectiviteit van zwavel

Zwavel was reeds vroeg gekend als acaricide tegen de TGM (Anderson, 1954; Bailey & Keifer, 1943), maar de werkingswijze is tot vandaag de dag nog steeds niet gekend. Figuur 28 toont een duidelijk dosis-respons effect na behandeling met Kumulus waarbij de gecorrigeerde mortaliteit van de adulten bij 20 ppm $5,91 \pm 2,71$ % bedroeg en bij 500 ppm al $89,52 \pm 8,12$ %. Alle drie de concentraties gaven significant verschillende resultaten.



Figuur 28. Gemiddelde (\pm standaardfout) gecorrigeerde mortaliteit van *A. lycopersici* adulten op dag 3 na behandeling met Kumulus bij een concentratie van 20, 100 of 500 ppm. Waarden met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test).

Zwavel is erkend in België als GBM in de tomatenteelt onder bescherming tegen de TGM en mag ook gebruikt worden in de biologische landbouw (Fytoweb, 2021). Het is een breedwerkend contactmiddel dat naast tomaat ook in aubergine en pepino mag gebruikt worden tegen de TGM. Het wordt dan ook zeer vaak toegepast bij de bestrijding van deze plaag. Volgens Guichou et al. (2002) kan het zowel de nimfen als de adulten afdoden van de kasspintmijt en kunnen ook de eitjes worden geraakt onder hoge RV-omstandigheden. Helaas blijkt de toepassing van zwavel vaak onvoldoende te zijn om de TGM-populaties te beperken en begint op sommige plaatsen tolerantie op te komen (Vervaet et al., 2021). Uit ons experiment kon worden geconcludeerd dat zwavel aan een concentratie van 500 ppm een ontoereikende werking had aangezien er geen 100 % mortaliteit werd bekomen. De veld dosis van Kumulus voor de bestrijding van de TGM in België ligt echter op 4 000 ppm wat wel voor een voldoende grote effectiviteit zou kunnen zorgen. Andere potentiële problemen met betrekking tot het gebruik van zwavel als GBM zijn het risico op ongewenste residu's en de negatieve neveneffecten op natuurlijke vijanden (Fischer & Klötzli, 2015). Zo bleek in het onderzoek van Royalty & Perring (1987) zwavel vijf keer zo toxisch te zijn voor de natuurlijke vijand *H. anconai* dan voor de TGM. Er werd bij de toepassing van zwavel op de TGM een LC50 bekomen van ± 12 ppm, terwijl in dit experiment de LC50 groter zou zijn dan 100 ppm.

10.5 Conclusie

Het Europees herzieningsprogramma van pesticiden onder richtlijn 91/414 heeft de chemische bestrijding van de TGM bemoeilijkt. Een aantal producten met een goede effectiviteit op de TGM, Pylon en Mitac, zijn hierdoor niet meer toegelaten in Europa. Torque en Pychlorex zorgden respectievelijk voor een goede en beperkte controle van de TGM, maar zijn vandaag de dag ook niet meer toegelaten in de EU. Kanemite en Floramite zijn dan wel toegelaten in de tomatenteelt voor de bestrijding van spintmijten, maar hadden een beperkte effectiviteit op TGM. De mortaliteitsgraad lag zelfs zeer laag bij Scelta en Talstar wat hen dus ongeschikt maakt voor de chemische bestrijding van *A. lycopersici*.

Apollo, Andalin en Cascade hadden een lage effectiviteit op de TGM. Aangezien ze echter de groei en ontwikkeling inhiberen zou de werking op de immature stadia en de ovipositie ook getest moeten worden. Van deze drie producten is enkel Apollo toegelaten in de EU.

Fury heeft potentieel als GBM tegen de TGM en is in België toegelaten op andere gewassen dan tomaat. Meer onderzoek zou hier kunnen uitwijzen of het product een effectiviteit heeft die voldoende is voor de chemische bestrijding.

Sanmite en Kumulus zijn de enige twee producten hier getest die ook effectief zijn toegelaten in de tomatenteelt in België voor de bestrijding van de TGM. Sanmite vertoonde aan de onderzochte concentraties betere resultaten dan Kumulus, maar er dient ook aandacht besteed te worden aan het vermijden van mogelijke tolerantie- en resistentievorming. Kumulus had een lagere effectiviteit, maar aangezien de veld dosis acht keer groter is dan de hoogst geteste concentratie kan er verwacht worden dat alle mijten in de praktijk zullen sterven. Hierbij dient er wel aan een aantal potentiële beperkingen gedacht te worden zoals het risico op de ontwikkeling van tolerantie, residu's op het gewas en neveneffecten op natuurlijke vijanden.

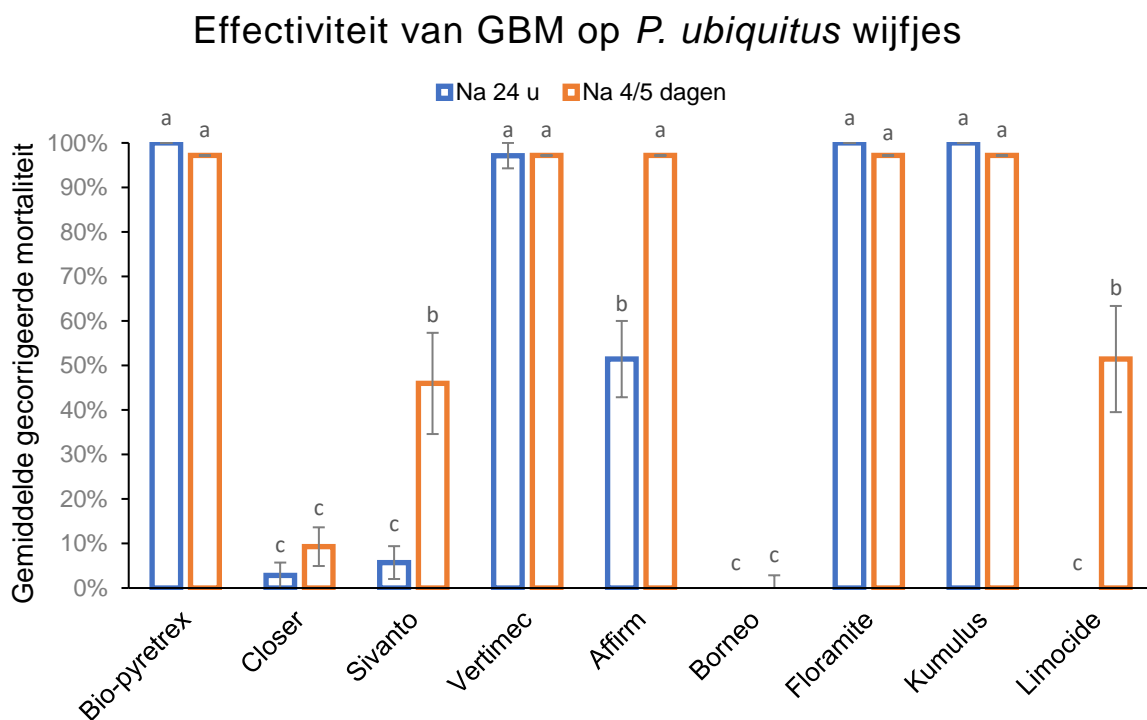
11 Neveneffecten van tien GBM op *P. ubiquitous*

P. ubiquitous wijfjes werden in deze proef blootgesteld aan negen verschillende GBM. Er werd gekeken naar de effectiviteit van de producten, zowel na 24 uur als na vier of vijf dagen. Als de mijten minder dan drie keer hun eigen lichaamslengte vooruit konden bewegen werd aangenomen dat ze dood waren. Bovendien werd ook de ovipositie na 24 uur gecontroleerd en werd er gekeken naar het aantal larven na vier of vijf dagen. Oberon, het tiende GBM, werd op *P. ubiquitous* larven getest. Hierbij werd zowel na 24 uur als na vier dagen gekeken naar de effecten van het product op de larven en hun verdere ontwikkeling.

11.1 Effecten van GBM op *P. ubiquitous* wijfjes

Aangezien de mortaliteit in de controles na vier en vijf dagen (telkens $2,86 \pm 2,86$ %) groter was dan deze na 24 uur (0 %) zijn de resultaten van de GBM na vier en vijf dagen meer gecorrigeerd dan deze na 24 uur.

Bio-pyretrex (piperonylbutoxide en pyrethrinen), Vertimec (abamectine), Floramite (bifenazaat) en Kumulus (zwavel) vertoonden na reeds 24 uur sterftcijfers van (ongeveer) 100 % (Figuur 29).



Figuur 29. Gemiddelde (\pm standaardfout) gecorrigeerde mortaliteit van *P. ubiquitous* wijfjes na 24 uur of na vier of vijf dagen na behandeling met verschillende GBM aan de velddosis. Waarden uit eenzelfde reeks met eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0.05$ volgens een pairwise Wilcoxon Rank Sum test)

Affirm (emamectine benzoaat) vertoonde na 24 uur significant lagere mortaliteitscijfers ($51,14 \pm 8,57$ %) tegenover de eerder besproken GBM. De mijten zagen er echter beïnvloed uit door het product en na vier dagen bleken ze dan ook allemaal overleden. Ze liepen namelijk niet normaal rond, vertoonden spasmen en velen hingen met een poot vast aan het bladoppervlak.

De vier overige producten, Closer (sulfoxaflor), Sivanto (flupyradifurone), Borneo (etoxazool) en Limocide (sinaasappelolie) vertoonden na 24 uur zeer beperkte effecten. Closer en Sivanto veroorzaakten percentages van respectievelijk $2,86 \pm 2,86$ % en $5,71 \pm 3,69$ %, terwijl alle mijten 24 uur na behandeling met Borneo of Limocide nog leefden. Na vijf dagen bleef de gecorrigeerde mortaliteit bij Closer ($9,29 \pm 4,35$ %) en Borneo ($0 \pm 0,286$) zeer laag. Doorheen de gehele proef was geen enkel adult wijfje na behandeling met Borneo overleden. Bij Sivanto en Limocide stegen de sterftcijfers echter wel vijf dagen na de behandeling en werden waarden van respectievelijk $45,97 \pm 11,37$ % en $51,44 \pm 11,93$ % bekomen. Dit kon ook aan de wijfjes zelf gezien worden. De mijten na behandeling met Limocide zagen er na 24 uur opmerkelijk minder fit uit dan deze na behandeling met Borneo of Closer. De meeste mijten zaten namelijk stil en bewogen pas in beperkte mate indien ze werden gestimuleerd via een tik met het penseel. Bij de behandeling met Sivanto zagen de mijten er ook niet fit uit, maar wel iets meer dan na de toepassing van Limocide. Ze hadden minder stimulatie nodig om te bewegen en konden ook sneller vooruit lopen.

11.2 Invloed van GBM op de ovipositie en ontluiking van eitjes

In Tabel 6 is te zien dat vooral Bio-pyretrex, Sivanto en Limocide zorgden voor een lage ovipositie in vergelijking met de eerste controle. Na behandeling met Borneo of Closer bleek de ovipositie significant hoger dan na de eerst vermelde producten, maar de waarden bleven ook wel significant lager dan de controle. Als verder werd gekeken naar het aantal larven viel direct op dat, ondanks het hoge aantal eitjes per wijfje bij Borneo, er geen enkel eitje was ontloken. Ook bij Bio-pyretrex was geen enkel eitje ontloken, maar hier waren er ook slechts enkele afgelegd.

Na de behandeling met Closer en Sivanto ontloek ongeveer de helft van de eitjes tot larven, maar de ovipositie was significant groter bij Closer dan bij Sivanto ($p = 0,0041$). Bij Limocide was het aantal larven na vijf dagen groter dan het aantal eitjes gelegd na één dag. Dit betekende dat, kort na de controle op dag één, extra eitjes waren afgelegd die op dag vijf al ontloken waren.

De GBM uit het tweede deel van de tabel veroorzaakten over het algemeen lagere ovipositiecijfers dan deze uit het eerste deel. Alle waarden waren namelijk significant lager dan bij de controlebehandeling. Vooral na een behandeling met Vertimec werd slechts een beperkt aantal eitjes afgelegd. Er waren wat meer eitjes gevonden na een behandeling met Kumulus, Affirm of Floramite, maar deze aantallen waren niet significant verschillend aan de waarden na Vertimec. Verder kon bij Kumulus geen enkel eitje ontwikkelen tot larve, wat significant verschilde met het aantal na een behandeling met Floramite ($p = 0,034$).

11.3 Effecten van Oberon (spiromesifen) op *P. ubiquitus* larven

Op dag één na de aanvang van de proef bleken al een aantal larven de vervelling naar protonimf te hebben volbracht bij de controle, terwijl dit niet het geval was bij Oberon. Ongeveer de helft van de larven hadden echter wel de vervelling kunnen starten, maar nog niet kunnen afronden. Als er naar dag vier wordt gekeken, bleek dit nog steeds het geval te zijn. Bij de controle waren reeds meer dan 85 % van de larven ontwikkeld tot protonimf, terwijl bij Oberon nog steeds ± 74 % de vervelling naar het protonimfstadium niet kon vervolledigen. De mortaliteit in het larvenstadium was ook groter bij Oberon dan bij de controle.

Tabel 6. Gemiddeld (\pm standaardfout) aantal eitjes en larven respectievelijk één en vier of vijf dagen na behandeling van de wijfjes met verschillende GBM in vergelijking met een controle. Voor elk product en controle werden zeven herhalingen voorzien met telkens vijf adulte *P. ubiquitous* wijfjes. Enkel bleken er in één van de zeven herhalingen van Sivanto zes adulte wijfjes aanwezig te zijn.

Productnaam	Actieve stof	Aantal eitjes na 1 dag ¹	Aantal larven na 5 dagen ¹
Controle 1	-	15,43 \pm 1,15 a	9,71 \pm 1,19 a
Bio-pyretrex	Piperonylbutoxide	1 \pm 0,22 c	0 \pm 0 d
Closer	Sulfoxaflor	11,43 \pm 0,92 b	5,57 \pm 1,00 b
Sivanto	Flupyradifurone	2,14 \pm 0,55 c	1,29 \pm 0,42 c
Borneo	Etoxazool	11,14 \pm 1,10 b	0 \pm 0 d
Limocide	Sinaasappelolie	1,43 \pm 0,65 c	1,57 \pm 0,37 c
Productnaam	Actieve stof	Aantal eitjes na 1 dag ²	Aantal larven na 4 dagen ²
Controle 2	-	12,14 \pm 1,37 a	1,43 \pm 0,43 ab
Vertimec	Abamectine	1,43 \pm 0,53 b	0,86 \pm 0,34 ab
Floramite	Bifenazate	4,14 \pm 0,59 b	3,14 \pm 0,67 a
Kumulus	Zwavel	2,14 \pm 0,70 b	0 \pm 0 b
Affirm	Emamectine Benzoaat	2,43 \pm 0,72 b	1 \pm 0,44 ab

¹De gemiddelden in eenzelfde kolom gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$ volgens een pairwise Wilcoxon test)

²De gemiddelden in eenzelfde kolom gevolgd door eenzelfde letter zijn niet significant verschillend ($p > 0,05$ volgens een unequal variance pairwise t-test)

Tabel 7. Vergelijking tussen de effecten van de controle en Oberon behandeling op de ontwikkeling van *P. ubiquitous* larven na één en na vier dagen. Er werden voor de controle en Oberon behandeling elk zeven herhalingen voorzien met telkens vijf *P. ubiquitous* larven.

Beoordeling na	Productnaam	Actieve stof	% Individuen (gemiddelde \pm standaardfout)			
			Larvestadium	Vervelling	Nimfenstadium	Overleden
1 dag	Controle	-	34,29 \pm 10,43	37,14 \pm 2,86	28,57 \pm 8,57	0 \pm 0
1 dag	Oberon	Spiromesifen	51,43 \pm 5,95	48,57 \pm 5,95	0 \pm 0	0 \pm 0
4 dagen	Controle	-	2,86 \pm 2,86	2,86 \pm 2,86	85,71 \pm 8,71	8,57 \pm 4,04
4 dagen	Oberon	Spiromesifen	0 \pm 0	74,29 \pm 10,43	0 \pm 0	25,71 \pm 10,43

11.4 Discussie

Bij het vergelijken van het aantal larven in Tabel 6 in de controlebehandelingen 1 en 2 met water moet opgemerkt worden dat deze van controle 2 wegens praktische overwegingen één dag vroeger geïnspecteerd werden dan controle 1. Dit verklaart het verschil in aantal ontloken eitjes en geeft aan dat een vergelijking tussen de producten die beoordeeld zijn na vier dagen en deze na vijf dagen niet ongenueanceerd kan gebeuren.

Bio-pyretrex, Closer, Sivanto, Vertimec en Affirm werken alle vijf in op het zenuwstelsel van de mijt. Bio-pyretrex bevat de actieve stof pyrethrine en als synergist piperonylbutoxide en moduleert zo het natriumkanal (IRAC, 2020). Aangezien pyrethrine gewonnen wordt uit de bloemen *Chrysanthemum cinerariaefolium* is het product van plantaardige afkomst en mag het ook gebruikt worden in de biologische landbouw. Het doodt de meeste vliegende en zuigende insecten door een combinatie van indirect en direct contact alsook in beperkte mate via dampwerking (Edialux, g.d.). Castagnoli et al. (2005) onderzochten de effectiviteit van pyrethrine aan de veld dosis op de roofmijt *Tydeus californicus* van de familie Tydeidae. Er werd een gecorrigeerde mortaliteitsgraad van slechts 12,81 % bekomen, terwijl in ons onderzoek 100 % mortaliteit werd bekomen op *P. ubiquitus*. De fecunditeit daalde ook zeer weinig in vergelijking met de controle, terwijl hier geen enkele larve kon ontwikkelen. Bio-pyretrex had in ons experiment een zeer groot effect op *P. ubiquitus* en zijn nakomelingen. Een belangrijk verschil tussen beide mijten in kwestie is dat *T. californicus* vivipaar is en dus geen eitjes aflegt.

Closer en Sivanto werken beiden in als antagonist van de nicotine-acetylcholine receptoren waardoor ze het zenuwstelsel verstoren. Closer heeft een selectieve contact- en maagwerking en vertoont bij goede werking een volledige mortaliteit na slechts enkele uren (DOW AgroSciences, g.d.). In dit onderzoek bleef de mortaliteit echter laag, zelfs na vijf dagen, wat betekende dat het product weinig effect had op *P. ubiquitus*. Bij een behandeling met sulfoxaflor aan 0,5 g/L op de roofmijt *Neoseiulus californicus* bleek een gelijkaardig respons voor te komen waarbij lage mortaliteitspercentages werden bekomen (Kim & Kim, 2019). Er werden significant minder eitjes gelegd dan in de controle (86 eitjes ten opzicht van 100), maar deze konden wel allemaal ontluiken. Ook bij de behandeling van Closer op *P. ubiquitus* werden significant minder eitjes gelegd dan in de controle (11,43 eitjes ten opzichte van 15,43), maar hier bleek de ontluiking proportioneel iets minder te zijn. 63 % van de eitjes in de controle waren ontloken tot larven na vijf dagen, terwijl dit bij de behandeling van Closer 48,7 % was. Flupyradifurone is de actieve stof in Sivanto en vertoont, zoals Closer, weinig effect na 24 uur. De mortaliteit na vijf dagen was echter wel significant hoger dan deze bij behandeling met Closer en ook de ovipositie daalde sterk. Van het beperkt aantal eitjes dat werd gelegd kon ongeveer de helft ontluiken, wat gelijk loopt met het percentage bij Closer.

Abamectine is de actieve stof in Vertimec en is al enige tijd bekend voor zijn goede werking op onder andere spintmijten en mijten uit de Eriophyoidea (Van Leeuwen et al., 2010). Het is een mengsel van twee soorten avermectines en werkt in als antagonist van GABA en activeert zo de chloridestromen in het chloorkanaal (Spanoghe, 2020). Door de frequente toepassing voor de bestrijding van verscheidene plaagorganismen is resistentie beginnen ontwikkelen bij bijvoorbeeld spintmijten. Bij mijten uit de superfamilie Eriophyoidea begon de actieve stof ook voor variabele effecten te zorgen (Van Leeuwen et al., 2010). Volgens het onderzoek van Royalty & Perring (1987) bleek avermectine een LC90 te hebben van slechts 12,579 ppm voor de Iolinidae mijt *H. anconai*. In ons experiment werd een mortaliteitsgraad bekomen bij een

behandeling aan 5,9 ppm abamectine van $97,14 \pm 2,86$ %. Dit betekende dat de LC90 lager ligt bij *P. ubiquitus* dan *H. anconai*. Bepaalde dosissen van avermectine zouden echter voor een goede controle van de TGM zorgen, maar tegelijk ook de *H. anconai* mijten sparen (Royalty & Perring, 1987). Volgens Ismail et al. (2007) bleek abamectine ook een daling van de fecunditeit van *T. urticae* wijfjes te veroorzaken alsook de nakomelingen af te doden indien het product rechtstreeks op de eitjes werd gespoten. Dit werd in ons experiment ook aangetoond, hoewel enkele eitjes hier wel konden ontluiken, waren de larven kort daarna gestorven. De eitjes werden in dit experiment afgelegd na de bespuiting waardoor het contact minder direct was. Emamectine benzoaat is de actieve stof in Affirm en een semi-synthetisch afgeleid product van abamectine. Het heeft dan ook een gelijke werking als Vertimec. In een experiment op *N. californicus* bleek het product aan een concentratie van 0,5 mL/L voor een mortaliteit van 100 % te zorgen na reeds 24 uur (Kim & Kim, 2019). In ons onderzoek zorgde Affirm na vier dagen ook voor een mortaliteitsgraad van 100 %. *N. californicus* kon na de behandeling ook geen eitjes meer afleggen, terwijl *P. ubiquitus* dit wel nog in een beperkte mate kon.

Etoxazool, de actieve stof in Borneo, inhibeert de groei van de mijt door het beïnvloeden van de chitine synthese (IRAC, 2020). Borneo is een contactinsecticide dat de ontwikkeling van eitjes en larvenstadia van de kasspintmijt *T. urticae* inhibeert (Sumitomo Chemical Co., g.d.). Volgens Van Leeuwen et al. (2010) blijkt de stof een beperkt effect uit te oefenen bij de controle van mijten uit de superfamilie Eriophyoidea zoals *A. lycopersici*. De effectiviteit van Borneo op *P. ubiquitus* wijfjes was ook zeer laag aangezien er geen wijfjes stierven en de ovipositie maar beperkt daalde. De eitjes zelf ondervonden echter wel grote effecten en stierven allemaal nog voor ze konden ontluiken.

Floramite, met actieve stof bifenzaat, werd reeds besproken in 10.1. De effectiviteit op de *P. ubiquitus* mijten bedroeg na 24 uur al 100 %. De meeste mijten waren echter nog niet gestorven, maar spartelden en konden daardoor niet meer driemaal de lichaamslengte voortbewegen. Na vier dagen bleek een deel van de mijten iets fitter te zijn aangezien ze meer gecontroleerd konden voortbewegen, wat ook werd bevestigd door de afleg van extra eitjes na dag één. Het aantal larven na dag vier was ook hoger dan het aantal bij controle 2. Bifenzaat werd door James (2002) getest op drie roofmijten uit de familie Phytoseiidae (*Galendromus occidentalis*, *Neoseiulus fallacis* en *Amblyseius andersoni*) waarbij na twee dagen een mortaliteitsgraad werd bekomen tussen de 57,3 en 80,8 % voor de bestrijding aan de veld dosis van *T. urticae* in de tomatenteelt. Hij vermeldde wel dat het product potentieel heeft als selectief pesticide aangezien lagere concentraties dan de veld dosis zorgden voor lagere mortaliteitspercentages. In ons experiment werd gezien dat de effectiviteit hoger lag dan de eerder vermelde waarden, maar dat ze niet allemaal (direct) stierven. Verder onderzoek zou hier kunnen uitmaken of lagere concentraties voldoende zijn voor de bestrijding van de TGM, alsook de *P. ubiquitus* roofmijten spaart.

Zowel Kumulus als Limocide heeft een werking die vandaag de dag nog niet gekend is. Kumulus (zwavel) werd reeds besproken in 10.4 en zorgde voor een volledige mortaliteit van zowel de adulte mijten als de nakomelingen. Royalty & Perring (1987) bekeken naast de werking van avermectine, ook deze van zwavel op *H. anconai*. Zo kwamen ze op een LC90 van 31,80 ppm, terwijl ons experiment werd uitgevoerd bij een concentratie van maar liefst 4 000 ppm en een mortaliteit van 100 % werd bekomen. Aangezien dit echter de veld dosis is, betekent dit dat de mijten ook blootgesteld zullen worden aan zo'n hoge dosis. Guichou et al. (2002) vermeldden in hun onderzoek dat de sterfte van de eitjes van *T. urticae* na behandeling

met zwavel enkel voorkwam bij een temperatuur boven 27,5 °C en een RV van minstens 75 %. Beide klimaatomstandigheden waren in onze proeven niet voldaan maar toch was er een volledige sterfte van de eitjes van *P. ubiquitous*.

De actieve stof van Limocide is sinaasappelolie en is door zijn plantaardige oorsprong ook toegelaten in de biologische landbouw. De precieze werkingmethode volgens het IRAC is nog niet gekend, maar er is wel geweten dat het de buitenste beschermlaag van insecten en mijten afbreekt met uitdroging als gevolg. Volgens het etiket van het product is er nauwelijks kans op resistentie door het fysieke werkingsmechanisme en zouden de resultaten van de toepassing zichtbaar moeten zijn binnen de 24 à 48 uur. Het product zou ook niet schadelijk zijn voor de meeste nuttige insecten (Intergrow NV, g.d.). Aangezien de mortaliteit na vijf dagen toch rond de 50 % zit kan dit niet geconcludeerd worden voor *P. ubiquitous*. Na de behandeling daalde ook de ovipositie drastisch. De eitjes konden wel allemaal ontluiken en resulteerden in een nieuwe, gezonde populatie.

Oberon, met als actieve stof spiromesifen, werkt in op de eerste stap van de vetsyntese die cruciaal is bij de vervelling naar het volgende stadium. Het is een contactacaricide en -insecticide en is toegelaten in België voor de bestrijding van de TGM. Volgens het etiket van Oberon ondervinden natuurlijke vijanden ook hinder door dit product en dient er dus rekening mee gehouden te worden bij IPM. *P. ubiquitous* is hier geen uitzondering op aangezien geen enkele larve kon ontwikkelen tot protonimf. Alle larven stierven ofwel in de loop van het stadium of konden niet succesvol vervellen.

11.5 Conclusie

Vooraf Bio-pyretrex en Kumulus hadden een sterk nadelig effect op *P. ubiquitous* waarbij alle adulten binnen de 24 uur stierven, alsook alle nakomelingen. De (derivaten van) avermerctines, Vertimec en Affirm, hadden ook een groot effect op de overleving van de roofmijt. Vertimec zorgde zo voor een mortaliteit van 100 % na 24 uur en Affirm na vier dagen. De ovipositie daalde ook na behandeling met beide producten, maar larven konden hier wel nog ontluiken. Closer en Sivanto vertoonden dan weer na 24 uur weinig effecten op de overleving van de adulte mijten. Sivanto had na vijf dagen voor een significant hogere mortaliteitsgraad gezorgd dan Closer en bleek ook de ovipositie sterk te beïnvloeden. Closer bleek weinig effect te hebben op alle onderzochte facetten. Borneo had geen effect op de adulten, maar wel op het ontluiken van de eitjes. Er kon namelijk geen enkele larve ontwikkelen desondanks het grote aantal eitjes. Floramite zorgde na 24 uur dat alle mijten niet meer drie maal hun lichaamslengte konden vooruitlopen, maar veroorzaakte geen volledige sterfte. De ovipositie daalde, maar er was geen effect op de ontluiking van de eitjes. Limocide werkte hier wat trager en zorgde pas na vijf dagen voor een mortaliteitspercentage van 50 %. De ovipositie daalde ook, maar de ontluiking van de eitjes tot larven ondervond geen hinder. Oberon zorgde voor een volledige stopzetting van de ontwikkeling van de larven, waarbij ze ofwel als larve stierven ofwel de vervelling naar protonimf niet konden vervolledigen.

ALGEMEEN BESLUIT

P. ubiquitous toonde zich als een obligaat voedende mijt in alle actieve ontwikkelingsstadia en kon zich ontwikkelen van ei tot protonimf bij de toevoeging van een van de volgende voedingsbronnen: *Typha sp.* pollen, tomatengalmijt of een combinatie van beide. Een bladsubstraat zorgde voor een significant snellere ontwikkeling dan een plastic substraat.

Er werd een beperkte unidirectionele intraguïld predatie vastgesteld van *Macrolophus pygmaeus* nimfen op *P. ubiquitous* wijfjes. Het betreffende nimfenstadium bleek niet voor significant verschillende resultaten te zorgen. Bij de toevoeging van extraguïld voedsel daalde de intraguïld predatie niet significant.

Bij het testen van de verschillende gewasbeschermingsmiddelen op hun effectiviteit op *Aculops lycopersici* adulten bleken Sanmite, Naja, Pylon, Torque en Mitac voor een (bijna) volledige mortaliteit te zorgen. Van deze vijf producten is echter enkel Sanmite toegelaten in de Vlaamse tomatenteelt. Een duidelijk dosis-respons effect was te zien bij de producten Kanemite, Floramite, Pychlorex, Fury en Kumulus. Kumulus is hiervan de enige die is toegelaten in de Vlaamse tomatenteelt, maar heeft ook neveneffecten zoals de vorming van residu's op het gewas en risico's voor natuurlijke vijanden. Fury is ook toegelaten in België, maar niet in de tomatenteelt. Scelta, Apollo, Andalin, Cascade en Talstar hadden geen tot zeer lage effectiviteit op de adulte tomatengalmijt.

De neveneffecten op *P. ubiquitous* wijfjes waren het grootst bij behandeling met de producten Bio-pyretrex, Vertimec, Affirm, Floramite en Kumulus. De mortaliteitsgraad bereikte na vier tot vijf dagen telkens 100 %. De behandeling van Floramite zorgde voor een effectiviteit van 100 %, maar een deel van de mijten leefde nog na vier dagen. Elk product zorgde tevens voor een daling van de ovipositie waarbij ook de nakomelingen stierven bij behandeling met Bio-pyretrex of Kumulus. Vertimec en Affirm vertoonden een daling in het aantal larven terwijl Floramite weinig tot geen effecten vertoonde. De neveneffecten op de adulte mijten waren minder groot bij de behandeling met Sivanto of Limocide, maar de ovipositie daalde wel telkens. De ontluiking van de eitjes was proportioneel gelijk ten opzichte van de controle. Alle adulte mijten overleefden een behandeling met Borneo, maar de ovipositie daalde en geen enkel eitje kon ontluiken. Het gewasbeschermingsmiddel Closer vertoonde bijna geen effecten op de overleving en ovipositie van de wijfjes noch op de ontluiking van de eitjes.

IDEEËN VOOR VERDER ONDERZOEK

Het is duidelijk dat er over de mijt *Pronematus ubiquitus* nog weinig onderzoek is uitgevoerd. Een belangrijk deel van ontbrekende informatie betreft de beschrijving van de uitwendige bouw van de immature stadia. Er bestaat ook slechts één volledig onderzoek rond de biologie van de mijt bij maar één temperatuur, luchtvochtigheidsgraad en fotoperiode. Uit het eigen uitgevoerd onderzoek bleek al gauw dat de mijten, bij de gebruikte klimaatomstandigheden, veel sneller ontwikkelden dan in de literatuur beschreven. Indien deze mijt wordt geïntegreerd als biologische bestrijder voor de tomatengalmijt (TGM) is hier dus nieuw onderzoek voor nodig. Ook de mogelijkheid tot diapauze van *P. ubiquitus* is nog niet onderzocht. Verdere experimenten met betrekking tot de bestrijding van de TGM zullen ook nog nodig zijn om een volledige integratie te verwezenlijken. Zo zal de predatie van *P. ubiquitus* op de TGM nog geëvalueerd moeten worden in serreproeven, wat een grote uitdaging zal worden gezien de kleine afmetingen van beiden organismen. Ook kan gekeken worden of de volledige populatie, niet alleen de eitjes en larven, kunnen ontwikkelen op een dieet van enkel TGM of dat pollen zullen moeten bijgevoerd worden voor een optimale populatieontwikkeling in de kas. Er kan ook bekeken worden of *Artemia* cysten een hulpmiddel kunnen zijn in het opbouwen van de mijtenpopulatie.

Bij een volledige integratie in de tomatenteelt is het belangrijk dat de intraguïd reacties met alle mogelijke intraguïd predatoren wordt geëvalueerd. Dit onderzoek bekeek de intraguïd predatie van *Macrolophus pygmaeus* op *P. ubiquitus*, maar ook deze met *Nesidiocorus tenuis* dient bekeken te worden. Verder kunnen de grotere mijten uit de Phytoseiidae familie ook voor mogelijke risico's zorgen. De predatie van *P. ubiquitus* op de TGM en het gedrag van de roofmijt kan ook wijzigen onder invloed van intraguïd predatie.

Er werd intraguïd predatie vastgesteld tussen de nimfenstadia van *M. pygmaeus* en de adulte wijfjes van *P. ubiquitus* waardoor het interessant zou kunnen zijn om ook te kijken naar de adulte wantsen en de immature roofmijten. De toevoeging van pollen als extraguïd voedsel lijkt een daling van de intraguïd predatie te veroorzaken, ook al bleek deze hier niet significant te zijn. Een herhaling van dit experiment zou de bekomen resultaten kunnen bevestigen of toch voor een significante daling kunnen zorgen. De intraguïd predatie werd doorheen alle proeven ook slechts gedurende 24 uur opgevolgd op bladarena's, wat uiteraard niet representatief is voor de realiteit. Om zo realistisch mogelijke resultaten te bekomen zouden de proeven moeten uitgevoerd worden op volledige planten of op serreniveau en gedurende een langere periode.

Voor de chemische bestrijding van de TGM werd in dit onderzoek enkel gekeken naar de mortaliteit van de adulten na behandeling van de verschillende producten. De effecten op de immature stadia kunnen echter verschillen, zeker bij de producten die de groei en ontwikkeling inhiberen (Apollo, Andalin en Cascade). Apollo is het enige product van deze drie dat is toegestaan in België waardoor dit wel het meest interessante product is om ook te testen op de eitjes of nimfen. De producten kunnen ook een effect uitoefenen op de ovipositie van de mijt. Aanvullend onderzoek kan hier ook nieuwe informatie genereren. Bij de neveneffecten op *P. ubiquitus* kan gekeken worden of selectieve dosissen van Vertimec en Floramite de roofmijt kunnen sparen en tegelijk voor een goede bestrijding van de TGM zorgen. De toxiciteit van Sanmite voor *P. ubiquitus* dient ook nog onderzocht te worden. Het blijft ook belangrijk om alert te zijn voor tolerantie- en resistentieontwikkeling en deze proberen te vermijden.

REFERENTIES

- Abou-Awad, B. A. (1979). The tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari, Eriophyidae) in Egypt. *Anzeiger Für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 52(10), 153–156.
- Abou-Awad, B. A., & El-Banhawy, E. M. (1985). Susceptibility of the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae), in Egypt to methamidophos, pyridaphenthion, cypermethrin, dicofol and fenarimol. *Experimental & Applied Acarology*, 1(1), 11–15.
- Abou-Awad, B. A., El-Sawaf, B. M., & Abdel Kader, A. A. (1999). Life history and life table of *Pronematus ubiquitous* (McGregor) as a predator of eriophyoid mites in Egypt (Acari: Tydeidae). *Acarologia*, 40(1), 29–32.
- Agentschap Innoveren & Ondernemen. (2018). Beheersing van *Aculops lycopersici* in tomaat (BALTO). In *Projectaanvraag LA-traject BALTO*.
- Akyazi, R. (2012). First report of *Aculops lycopersici* (Tryon, 1917) (Acari: Eriophyidae) on Pepino in Turkey. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 44(3), 115–116.
- Al-Azzazy, M. M., & Alhewairini, S. S. (2018a). Effectiveness of Huwa-San TR50 on tomato russet mite *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 50(3), 869–875.
- Al-Azzazy, M. M., & Alhewairini, S. S. (2018b). Relationship between temperature and developmental rate of tomato russet mite *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae) on tomato. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 16(3&4), 18–23.
- Anderson, L. D. (1954). The tomato russet mite in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 47(6), 1001–1005.
- André, H. M., & Fain, A. (2000). Phylogeny, ontogeny and adaptive radiation in the superfamily Tydeoidea (Acari: Actinedida), with a reappraisal of morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130(3), 405–448.
- Atanasov, N. D. (1995). Integrated control of mites on tomatoes. In *Acta Horticulturae* (Vol. 412, pp. 546–550).
- Aussems, E., De Vis, R., Similon, L., Mertens, R., Vervaeke, L., & Van Havermaet, R. (2021, March 19). Nieuwe roofmijt voor bestrijding tomatengalmijt. *Proeftuinnieuws*, 34–35.
- Aysan, E., & Kumral, N. A. (2018). Tritrophic relationships among tomato cultivars, the rust mite, *Aculops lycopersici* (Masse) (Eriophyidae), and its predators. *Acarologia*, 58(Suppl), 5–17.
- Bailey, S. F., & Keifer, H. H. (1943). The tomato russet mite, *Phyllocoptes destructor* Keifer: its present status. *Journal of Economic Entomology*, 36(5), 706–712.
- Baker, E. W. (1968). The genus *Pronematus* Canestrini. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(5), 1091–1097.
- BASF Corporation. (2019). *Label Pylon (miticide-insecticide)*. <https://betterplants.basf.us/products/pylon--miticide-insecticide.html>

- Bayan, A. (1986). Tydeid mites associated with apples in Lebanon (Acari: Actinedida: Tydeidae). *Acarologia*, 27(4), 311–316.
- Bergau, N., Bennewitz, S., Syrowatka, F., Hause, G., & Tissier, A. (2015). The development of type VI glandular trichomes in the cultivated tomato *Solanum lycopersicum* and a related wild species *S. habrochaites*. *BMC Plant Biology*, 15(289), 1–15.
- Biobest Group NV. (2019). *Macrolophus-system: technical data sheet*. <https://www.biobestgroup.com/nl/biobest/producten/biologische-plaagbestrijding-4457/nuttige-insecten-en-mijten-4476/macrolophus-system-4596/>
- Bouagga, S., Urbaneja, A., & Pérez-hedo, M. (2018). Combined use of predatory mirids with *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to enhance pest management in sweet pepper. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1112–1120.
- Brodeur, J., Bouchard, A., & Turcotte, G. (1977). Potential of four species of predatory mites as biological control agents of the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Massee) (Eriophyidae). *The Canadian Entomologist*, 129(1), 1–6.
- Brodeur, J., & Rosenheim, J. A. (2000). Intraguild interactions in aphid parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 97(1), 93–108.
- CABI. (2018). *Macrolophus pygmaeus*. Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/120545>
- CABI. (2019). *Aculops lycopersici (tomato russet mite)*. Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/56111>
- Castagnoli, M., Liguori, M., Simoni, S., & Duso, C. (2005). Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl*, 50(4), 611–622.
- Channarayappa, Shivashankar, G., Muniyappa, V., & Frist, R. H. (1992). Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. *Canadian Journal of Botany*, 70(11), 2184–2192.
- Çobanoğlu, S., & Kumral, N. A. (2015). The potential of the nightshade plants (Solanaceae) as reservoir plants for pest and predatory mites. *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 39(1), 91–108.
- Crop Care. (2014). *Label Torque*. http://www.herbiguide.com.au/Labels/FENB550_58880-0704.PDF
- Darbemamieh, M., Hajiqanbar, H., Khanjani, M., & Gwiazdowicz, D. J. (2017). *Pronematus* (Acari: Iolinidae) mites of Kermanshah province with first record of *P. rykei* from Iran. *The 3rd International Persian Congress of Acarology*, 15–16.
- De Backer, L. (2012). *Evaluation of Macrolophus pygmaeus [Heteroptera: Miridae] as biocontrol agent against aphids*. University of Gembloux Agro Bio Tech.
- De Backer, L., Megido, R. C., Haubruge, É., & Verheggen, F. J. (2014). *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) as an efficient predator of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Europe. A review. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 18(4), 536–543.

- Demaeght, P., Osborne, E. J., Odman-Naresh, J., Grbić, M., Nauen, R., Merzendorfer, H., Clark, R. M., & Van Leeuwen, T. (2014). High resolution genetic mapping uncovers chitin synthase-1 as the target-site of the structurally diverse mite growth inhibitors clofentezine, hexythiazox and etoxazole in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *51*(1), 52–61.
- Departement Landbouw & Visserij. (g.d.). *Geïntegreerde gewasbescherming*. Vlaamse Overheid. Retrieved December 26, 2020, from <https://lv.vlaanderen.be/nl/plant/gewasbescherming/geintegreerde-gewasbescherming>
- DOW AgroSciences. (g.d.). *Label Closer*. Retrieved May 22, 2021, from <https://www.dowagro.com/nl-nl/nederland/productoverzicht/producten/closer.html>
- Dumont, F., Lucas, É., & Alomar, O. (2020). Oviposition behavior of the mirid *Macrolophus pygmaeus* under risk of intraguild predation and cannibalism. *Insect Science*, *28*(1), 224–230.
- Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S., & Angeli, G. (2010). The impact of eriophyoids on crops: recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology*, *51*(1–3), 151–168.
- Edialux. (g.d.). *Bio-Pyretrex Garden*. Retrieved May 20, 2021, from <https://edialux.be/producten/bio-pyretrex-garden?lees-meer=toepassingen>
- European Commission. (2021). *EU Pesticides Database*. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-db_en
- Eyles, A. C., Marais, T., & George, S. (2008). First New Zealand record of the genus *Macrolophus* Fieber, 1858 (Hemiptera: Miridae: Bryocorinae: Dicyphini): *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839), a beneficial predacious insect. *Zootaxa*, *1779*(1), 33–37.
- Fischer, S., & Klötzli, F. (2015). Gestion d'*Aculops lycopersici* (Acari, Eriophyidae), agent de l'acarbose bronzée de la tomate. *Revue Suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, *47*(2), 88–93.
- Flaherty, D. L., & Hoy, M. A. (1971). Biological control of Pacific mites and Willamette mites in San Joaquin Valley vineyards: part III. Role of tydeid mites. *Researches on Population Ecology*, *13*(1), 80–96.
- Fytoweb. (2021). *Toelatingen van gewasbeschermingsmiddelen raadplegen*. <https://fytoweb.be/nl/toelatingen>
- Gigon, V., Camps, C., & Le Corff, J. (2016). Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. *Experimental and Applied Acarology*, *68*(1), 55–70.
- Grau, P. (1986). ABG-6162: A new acaricide/insecticide for use in cotton pest management. *Proceedings of the 1986 Beltwide Cotton Production Conference*, 96–97.
- Guichou, S., Auger, P., & Kreiter, S. (2002). The acaricidal effect of sulfur on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. *International Congress of Acarology*, 535–545.

- Hamdi, F., Chadoeuf, J., Chermiti, B., & Bonato, O. (2013). Evidence of cannibalism in *Macrolophus pygmaeus*, a natural enemy of whiteflies. *Journal of Insect Behavior*, 26(4), 614–621.
- Haque, M. M., & Kawai, A. (2003). Effect of temperature on development and reproduction of the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae). *Applied Entomology and Zoology*, 38(1), 97–101.
- Hessein, N. A., & Perring, T. M. (1986). Feeding habits of the Tydeidae with evidence of *Homeopronematus anconai* (Acari: Tydeidae) predation on *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *International Journal of Acarology*, 12(4), 215–221.
- Intergrow NV. (g.d.). *Label Limocide*. Retrieved May 22, 2021, from <https://www.intergrow.be/nl/store/groenteteelt/gewasbescherming/insecticiden/limocide>
- IRAC. (2020). IRAC Mode of Action classification scheme. *Insecticide Resistance Action Committee, March*, 1–23.
- Ismail, M. S. M., Soliman, M. F. M., El Naggar, M. H., & Ghallab, M. M. (2007). Acaricidal activity of spinosad and abamectin against two-spotted spider mites. *Experimental and Applied Acarology*, 43(2), 129–135.
- James, D. G. (2002). Selectivity of the acaricide, bifenazate, and aphicide, pymetrozine, to spider mite predators in Washington hops. *International Journal of Acarology*, 28(2), 175–179.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H., & Baker, E. W. (1975). The Tydeidae Kramer. In *Mites Injurious to Economic Plants* (pp. 307–317).
- Kawai, A., & Haque, M. M. (2004). Population dynamics of tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Masse) and its natural enemy, *Homeopronematus anconai* (Baker). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 38(3), 161–166.
- Keifer, H. H., Baker, E. W., Kono, T., Delfinado, M., & Styer, W. E. (1982). An illustrated guide to plant abnormalities caused by eriophyid mites in North America. In *Agriculture Handbook Number 573, United States Department of Agriculture*.
- Kim, D. S., & Kim, S. S. (2019). Susceptibility of the predatory mite, *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), to seven insecticides. *Entomological Research*, 49(3), 131–135.
- Knop, N. F., & Hoy, M. A. (1983). Biology of a tydeid mite, *Homeopronematus anconai* (n. comb.) (Acari: Tydeidae), important in San Joaquin Valley vineyards. *Hilgardia*, 51(5), 1–30.
- Kumral, N. A., & Çobanoğlu, S. (2015). A reservoir weed for mites: *Datura stramonium* L. (Solanaceae) in the vicinity of cultivated solanaceous plants in Turkey. *International Journal of Acarology*, 41(7), 563–573.
- Leite, G. L. D., Picanço, M., Guedes, R. N. C., & Zanuncio, J. C. (1999). Influence of canopy height and fertilization levels on the resistance of *Lycopersicon hirsutum* to *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *Experimental and Applied Acarology*, 23(8), 633–642.
- Lucas, É. (2005). Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology*, 102(3), 351–364.

- Lucas, É., & Maisonhaute, J. É. (2019). Intraguild predation. In *Encyclopedia of Animal Behavior, 2nd edition* (Vol. 4, pp. 389–399).
- Marcic, D., Peric, P., & Milenkovic, S. (2011). Acaricides - biological profiles, effects and uses in modern crop protection. In *Pesticides - Formulations, Effects, Fate* (Issue January, pp. 39–62).
- Margaritopoulos, J. T., Tsitsipis, J. A., & Perdikis, D. C. (2003). Biological characteristics of the mirids *Macrolophus costalis* and *Macrolophus pygmaeus* preying on the tobacco form of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, 93(1), 39–45.
- Martínez-García, H., Sáenz-Romo, M. G., Aragón-Sánchez, M., Román-Fernández, L. R., Sáenz-de-Cabezón, E., Marco-Mancebón, V. S., & Pérez-Moreno, I. (2017). Temperature-dependent development of *Macrolophus pygmaeus* and its applicability to biological control. *BioControl*, 62(4), 481–493.
- McGregor, E. A. (1932). The ubiquitous mite, a new species on citrus. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 34(4), 60–64.
- Messelink, G. J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B. L., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E., & Wäckers, F. L. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. In *BioControl* (Vol. 59, Issue 4, pp. 377–393).
- Metwally, A. M., Abou-awad, B., Hussein, A. M., & Farahat, B. M. (2020). Life table parameters of tomato russet mite *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae) at different temperatures in Egypt. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, 3(3), 816–822.
- Negm, M. W., & Alsharhi, M. (2018). The tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Tryon 1917) (Acari: Trombidiformes: Eriophyidae), is recorded for the first time in Yemen. *International Journal of Acarology*, 44(1), 46–48.
- Osman, A. A., & Zaki, A. M. (1986). Studies on the predation efficiency of *Agistemus exsertus* Gonzalez (Acarina, Stigmaeidae) on the eriophyid mite *Aculops lycopersici* (Masse). *Anzeiger Für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 59(7), 135–136.
- Pappas, M. L., Steppuhn, A., Geuss, D., Topalidou, N., Zografou, A., Sabelis, M. W., & Broufas, G. D. (2015). Beyond predation: the zoophytophagous predator *Macrolophus pygmaeus* induces tomato resistance against spider mites. *PLOS ONE*, 10(5), 1–18.
- Park, H. H., Shipp, L., & Buitenhuis, R. (2010). Predation, development, and oviposition by the predatory mite *Amblyseius swirkii* (Acari: Phytoseiidae) on tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(3), 563–569.
- Perdikis, D. (2002). A method for laboratory studies on the polyphagous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 44–49.
- Perdikis, D., Lucas, E., Garantonakis, N., Giatropoulos, A., Kitsis, P., Maselou, D., Panagakis, S., Paraskevopoulos, A., Lykouressis, D., & Fantinou, A. (2009). Intraguild predation between *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *IOBC Wprs Bulletin*, 49, 301–305.

- Perdikis, D., & Lykouressis, D. (2000). Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biological Control*, 17(1), 55–60.
- Perdikis, D., & Lykouressis, D. (2001). Description of the egg and nymphal instars of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Entomologia Hellenica*, 14, 32–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.12681/eh.14041>
- Perdikis, D., & Lykouressis, D. (2002). Thermal requirements for development of the polyphagous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Environmental Entomology*, 31(4), 661–667.
- Pérez-Hedo, M., Riahi, C., & Urbaneja, A. (2021). Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: current challenges and future perspectives. *Pest Management Science*, 77(1), 33–42.
- Pfaff, A., Gabriel, D., & Böckmann, E. (2020). Mitespotting: approaches for *Aculops lycopersici* monitoring in tomato cultivation. *Experimental and Applied Acarology*, 80(1), 1–15.
- Pijnakker, J., Hurriyet, A., Overgaag, D., Petit, C., Vangansbeke, D., Duarte, M., & Wäckers, F. (2020). Crowd control: well established predator populations can reduce damage by tomato russet mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *IOBC Wprs Bulletin*, 149, 83–84.
- Reybroeck, E., Wittemans, L., De Vis, R., Dewitte, J., Buysens, S., van Leeuwen, T., & De Clercq, P. (2018, July 13). Gezocht: biologische bestrijder voor tomatengalmijt. *Proeftuinnieuws*, 19.
- Royalty, R. N., & Perring, T. M. (1987). Comparative toxicity of acaricides to *Aculops lycopersici* and *Homeopronematus anconai* (Acari: Eriophyidae, Tydeidae). *Journal of Economic Entomology*, 80(2), 348–351.
- Royalty, R. N., & Perring, T. M. (1988). Morphological analysis of damage to tomato leaflets by tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(3), 816–820.
- Royalty, R. N., & Perring, T. M. (1989). Reduction in photosynthesis of tomato leaflets caused by tomato russet mite (Acari: Eriophyidae). *Environmental Entomology*, 18(2), 256–260.
- Sabbatini Peverieri, G., Simoni, S., Goggioli, D., Liguori, M., & Castagnoli, M. (2009). Effects of variety and management practices on mite species diversity in Italian vineyards. *Bulletin of Insectology*, 62(1), 53–60.
- Sanchez, J. A., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M., Perera-Fernández, L. G., & Ramírez-Soria, M. J. (2018). How safe is it to rely on *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) as a biocontrol agent in tomato crops? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(132), 1–10.
- Simmons, A. T., & Gurr, G. M. (2005). Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 7(4), 265–276.
- Spanoghe, P. (2020). *Cursus fytofarmacie - insecticiden*.

- Sumitomo Chemical Co. (g.d.). *Label Borneo*. Retrieved May 22, 2021, from <https://cdn.nufarm.com/wp-content/uploads/sites/26/2018/07/20074648/Borneo-Labeltext-Jan09.pdf>
- Sylla, S., Brévault, T., Diarra, K., Bearez, P., & Desneux, N. (2016). Life-history traits of *Macrolophus pygmaeus* with different prey foods. *PLOS ONE*, *11*(11), 1–8.
- Trotta, V., Prieto, J. D., Fanti, P., & Battaglia, D. (2015). Prey abundance and intraguild predation between *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *European Journal of Entomology*, *112*(4), 862–865.
- Ueckermann, E. A., & Grout, T. G. (2007). Tydeoid mites (Acari: Tydeidae, Edbakerellidae, Iolinidae) occurring on Citrus in southern Africa. *Journal of Natural History*, *41*(37–40), 2351–2378.
- van Houten, Y. M., Glas, J. J., Hoogerbrugge, H., Rothe, J., Bolckmans, K. J. F., Simoni, S., van Arkel, J., Alba, J. M., Kant, M. R., & Sabelis, M. W. (2013). Herbivory-associated degradation of tomato trichomes and its impact on biological control of *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology*, *60*(2), 127–138.
- Van Leeuwen, T., Witters, J., Nauen, R., Duso, C., & Tirry, L. (2010). The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. *Experimental and Applied Acarology*, *51*(1–3), 205–224.
- Vandekerkhove, B. (2010). *Alternative foods for the production of the predatory mirid bug Macrolophus pygmaeus*. Ghent University.
- Vandekerkhove, B., & De Clercq, P. (2010). Pollen as an alternative or supplementary food for the mirid predator *Macrolophus pygmaeus*. *Biological Control*, *53*(2), 238–242.
- Vandekerkhove, B., De Puysseleir, V., Bonte, M., & De Clercq, P. (2011). Fitness and predation potential of *Macrolophus pygmaeus* reared under artificial conditions. *Insect Science*, *18*(6), 682–688.
- Vandekerkhove, B., Parmentier, L., Van Stappen, G., Grenier, S., Febvay, G., Rey, M., & De Clercq, P. (2009). Artemia cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of Applied Entomology*, *133*(2), 133–142.
- Vela, J. M., Wong, E., Jaques, J. A., Ledesma, C., & Boyero, J. R. (2017). Mite diversity (Acari: Tetranychidae, Tydeidae, Iolinidae, Phytoseiidae) and within-tree distribution in citrus orchards in southern Spain, with special reference to *Eutetranychus orientalis*. *Experimental and Applied Acarology*, *73*(2), 191–207.
- Vervaet, L., De Vis, R., De Clercq, P., & Van Leeuwen, T. (2021). Is the emerging mite pest *Aculops lycopersici* controllable? Global and genome-based insights in its biology and management. *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.6265>
- Vissers, M. (2013, December 1). Hoe werken de actuele chemische spintmiddelen? *Sierteelt & Groenvoorziening*, 19–22.