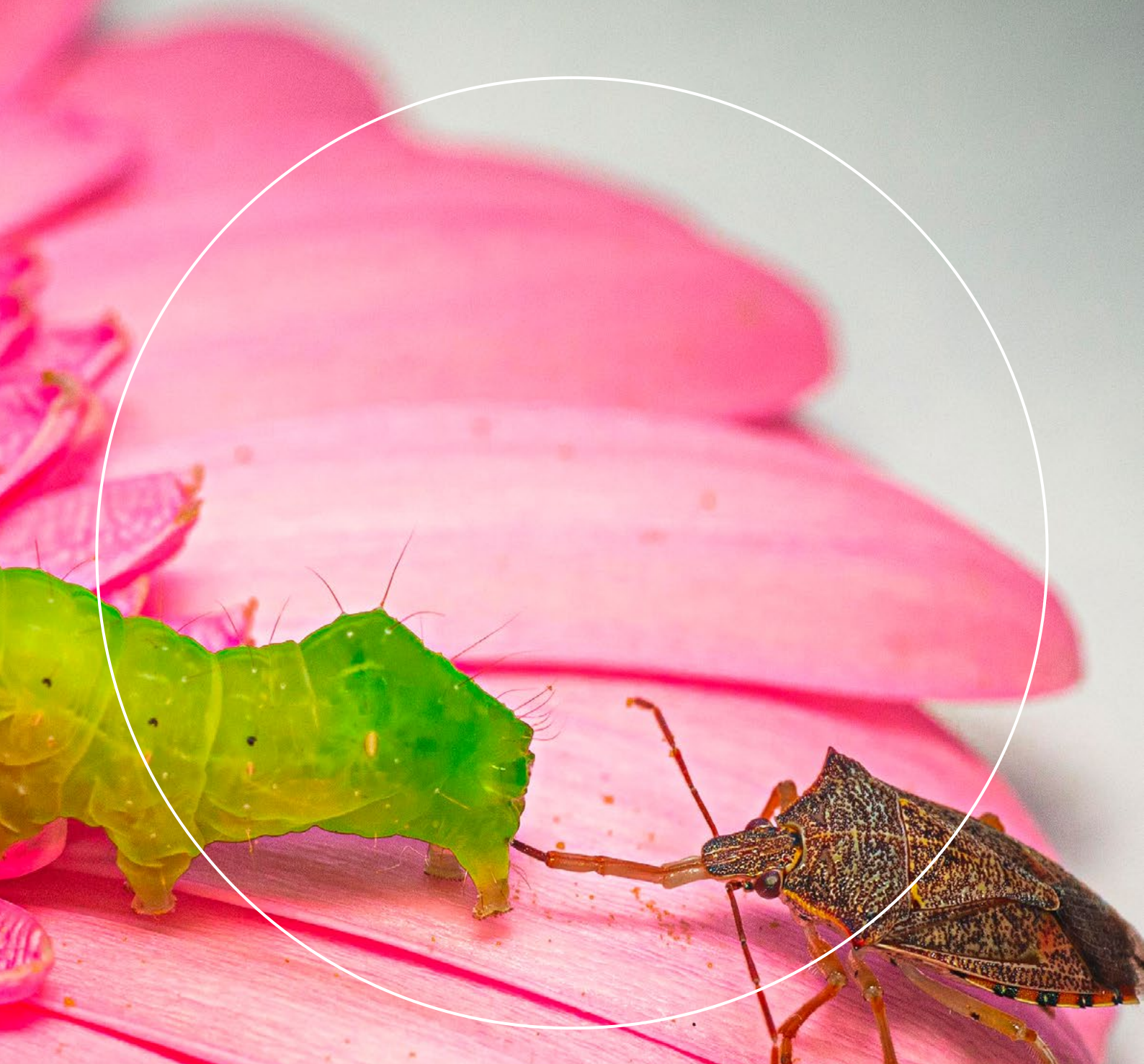




Masterplan rupsen in de glastuinbouw

Ada Leman¹, Corien Voorburg¹, Sophie Le Hesran¹, Marcel Heijkoop¹, Hessel van der Heide¹,
Chantal Bloemhard¹, Denise Sewkaransing¹, Francesca Campacci^{1,2}, Vera Ros², Marjolein Kruidhof¹

¹ Wageningen Universiteit & Research, BU Glastuinbouw; ² Wageningen Universiteit, leerstoelgroep virologie



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Referaat

Rupsen van de Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) en *Duponchelia fovealis* vormen een ernstige bedreiging voor diverse teelten. Het wegvallen van chemische middelen maakt snelle en effectieve biologische bestrijding noodzakelijk om verstoring van het natuurlijke evenwicht te voorkomen. Binnen dit onderzoek is een geïntegreerde strategie ontwikkeld, gebaseerd op de levenscyclus en levenswijze van de motten. Nieuwe natuurlijke vijanden *Podisus maculiventris* en *Euplectrus carinifer*, specifieke virussen ChchNPV en ChinNPV, en verbeterde *Bacillus thuringiensis* (Bt)-formuleringen zijn daarbij gecombineerd met innovatieve monitoringssystemen die de ontwikkeling van de motten nauwkeurig volgen. Deze nieuwe aanpak, in combinatie met bestaande producten, biedt telers een duurzaam en effectief pakket aan oplossingen om rupsenplagen te beheersen zonder afhankelijk te zijn van chemische middelen.

Abstract

Caterpillars of the golden twin-spot moth (*Chrysodeixis chalcites*) and *Duponchelia fovealis* pose a serious threat to various agricultural crops. With the withdrawal of synthetic chemical pesticides, rapid and effective biological control strategies have become essential to prevent heavy damage on crops. This study developed an integrated strategy based on the life cycle and behavior of these 2 moths. New natural enemies *Podisus maculiventris* and *Euplectrus carinifer*, specific viruses ChchNPV and ChinNPV, and improved *Bacillus thuringiensis* (Bt) formulations were combined with innovative monitoring systems that accurately track moth development. This new approach, in combination with existing products, provides growers with a sustainable and effective set of tools to manage caterpillar pests without relying on chemical interventions.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1463

Projectnummer: 3742323900

DOI: <https://doi.org/10.18174/700877>

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het ministerie van LNVN, stichting KIJK, de gewascoöperaties gerbera, paprika en potorchidee, stichting Stimuflori, Andermatt Canada, Glastuinbouw Nederland en PATS Indoor Drone Solutions.



Kijk | Kennis in je Kas



Disclaimer

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, wur.nl/plant-research

Kamer van Koophandel-nr.: 09098104 | BTW-nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research. Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Adresgegevens

Wageningen University & Research, Businessunit Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Postbus 644, 6700 AP Wageningen

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen

T +31 (0)317 48 56 06

T +31 (0)317 48 60 01

wur.nl/glastuinbouw

wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Dankwoord	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Onderzoeksdoelen	11
1.3 Aanpak	11
2 Gedrag en biologie van Turkse mot (<i>Chrysodeixis chalcites</i>), <i>Duponchelia fovealis</i> en belangrijke biologische bestrijders	13
2.1 Gedrag en biologie van Turkse mot	13
2.1.1 Levenscyclus Turkse mot	13
2.1.2 Gedrag Turkse mot	14
2.2 Gedrag en biologie van <i>Duponchelia fovealis</i>	15
2.3 Gedrag en biologie van biologische bestrijders van rupsen	16
2.3.1 Sluipwespen	16
2.3.2 Roofwantsen	20
2.3.3 Baculovirussen	21
2.3.4 <i>Bacillus thuringiensis</i>	24
2.3.5 Insectparasitaire aaltjes	24
3 Monitoring en mass-trapping van Turkse mot	26
3.1 Optimaliseren monitoring met PATS camera-systemen	26
3.1.1 Inleiding	26
3.1.2 Materiaal en methoden	27
3.1.3 Resultaten	29
3.1.4 Conclusies en discussie	36
3.2 Nieuwe methoden voor mass-trapping van Turkse mot adulten	38
4 Inventarisatie en vestiging van sluipwespen van Turkse mot	39
4.1 Inleiding	39
4.2 Inventarisatie in het veld	39
4.3 Resultaten	41
4.4 Overzicht alternatieve rupsen en waardplanten voor van nature voorkomende sluipwespen	43
4.4.1 Kweekmethode <i>Euplectrus carinifer</i>	44
5 Biologische bestrijding van Turkse mot met de sluipwesp <i>Euplectrus carinifer</i>	45
5.1 Inleiding	45
5.2 Materiaal en methoden	45
5.3 Resultaten	46
5.4 Conclusies en aanbevelingen	48
6 Zoekgedrag van <i>Euplectrus carinifer</i> in de paprikateelt (KAS2030)	49
6.1 Introductie	49
6.2 Materiaal en methode	49
6.3 Resultaten en discussie	50

7	Zoekgedrag van <i>E. carinifer</i>- kleinschalig proefopzet	51
7.1	Introductie	51
7.2	Materiaal en methode	51
7.3	Resultaten	53
8	Vallen en lokstoffen Turkse mot en <i>D. fovealis</i>	54
8.1	Introductie	54
8.1.1	Materiaal en methode geuren test	54
8.1.2	Resultaten	55
8.1.3	Materiaal en methode feromonen test	55
8.1.4	Resultaten	55
9	Vertragen ontwikkelingssnelheid Turkse mot	56
9.1	Inleiding	56
9.2	Materiaal en methoden	56
9.3	Resultaten	57
9.4	Conclusies	58
10	<i>Podisus maculiventris</i> als bestrijder van Turkse mot in paprika	59
10.1	Inleiding	59
10.2	Onderzoeksvraag	59
10.3	Materiaal en methoden	59
10.4	Resultaat	62
10.5	Discussie en conclusie	66
11	Interactie roofwantsen <i>Podisus maculiventris</i> en <i>Dicyphus errans</i> in gerbera (Pilot)	67
11.1	Inleiding	67
11.2	Materiaal en methode	67
11.3	Resultaten	67
11.4	Conclusie	69
12	Interactie roofwantsen <i>Podisus maculiventris</i>, <i>Dicyphus errans</i> en <i>Orius laevigatus</i> in gerbera (kasproef)	70
12.1	Introductie	70
12.2	Materiaal en methode	70
12.3	Resultaten	71
12.4	Conclusies	72
13	Strategieën bestrijding Turkse mot in gerbera en paprika	73
13.1	Introductie	73
13.2	Proef in gerbera	73
13.2.1	Materiaal en methode	73
13.2.2	Resultaten	74
13.3	Proef in paprika	76
13.3.1	Materiaal en methode	76
13.3.2	Resultaten	77
13.3.3	Conclusie en discussie	79
13.4	Labproef bijvoeren Podisus	79
13.4.1	Materiaal en methode	79
13.4.2	Resultaten	80
13.4.3	Conclusies en discussie	81

14	Gedragbeïnvloeding rupsen van Turkse mot	82
14.1	Inleiding	82
14.2	Invloed van licht op voedingsgedrag rupsen	82
14.2.1	Materiaal en methoden	82
14.2.2	Resultaten	83
14.2.3	Conclusies en discussie	84
14.3	Effect van <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) op het gedrag van <i>C. chalcites</i> rupsen	84
14.3.1	Materiaal en methoden	84
14.3.2	Resultaten	85
14.3.3	Conclusies en discussie	87
14.4	Duur van de Bt-werkzaamheid in het gewas	88
14.4.1	Materiaal en methoden	88
14.4.2	Resultaten	88
14.4.3	Conclusies en discussie	89
14.5	Effect van <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) op het gedrag van <i>C. chalcites</i> motten	89
14.5.1	Materiaal en methoden	89
14.5.2	Resultaten	89
14.5.3	Conclusies en discussie	90
15	Attract & kill methode <i>Duponchelia fovealis</i> rupsen	91
15.1	Inleiding	91
15.2	Werking van aantrekkelijke Bt-korrels tegen <i>D. fovealis</i> -rupsen in het laboratorium	91
15.2.1	Materiaal en methoden	91
15.2.2	Resultaten	92
15.2.3	Conclusies en discussie	94
15.3	Effectiviteit van Bt-korrels tegen <i>D. fovealis</i> -rupsen in kasomstandigheden	94
15.3.1	Materiaal en methoden	94
15.3.2	Resultaten	96
15.3.3	Conclusies en discussie	96
15.4	Kan <i>Trichogramma achaeae</i> de eieren van <i>D. fovealis</i> parasiteren?	97
15.4.1	Materiaal en methoden	97
15.4.2	Resultaten	97
15.4.3	Conclusies en discussie	97
16	Baculovirussen als gewasbeschermingsmiddel	98
16.1	Inleiding	98
16.2	Latente aanwezigheid van ChchNPV in de Nederlandse kas	98
16.2.1	Inleiding	98
16.2.2	Materialen en methode	99
16.2.3	Resultaten	99
16.2.4	Conclusie	100
16.3	Het baculovirus ChchNPV toegepast in verschillende gewassen	100
16.3.1	Inleiding	100
16.3.2	Materialen en methode	100
16.3.3	Resultaten	102
16.3.4	Conclusie	104
16.4	Het baculovirus ChchNPV vergeleken met ChinNPV (Loopovir) in lab-testen	105
16.4.1	Inleiding	105
16.4.2	Materialen en methode	105
16.4.3	Resultaten	106
16.4.4	Conclusie	108
16.5	Gewastoeepassing in Gerbera van de baculovirussen ChchNPV en ChinNPV	109
16.5.1	Inleiding	109
16.5.2	Materialen en methode	109
16.5.3	Resultaten	111
16.5.4	Conclusie	112

16.6	Kweekmethode voor Turkse mot: noodzakelijk voor ChchNPV baculovirus product ontwikkeling	112
16.6.1	Inleiding	112
16.6.2	Materialen en methode	113
16.6.3	Resultaten	113
16.6.4	Conclusie	114
17	Overwintering Turkse mot: Gaat Turkse mot in diapauze?	115
17.1	Inleiding	115
17.2	Materiaal en methoden	115
17.3	Resultaten	115
17.4	Conclusies	117
18	Biologische bestrijdingsstrategie Turkse mot	118
19	Combinatie biologische bestrijdingsstrategieën <i>Duponchelia fovealis</i>	119
Literatuur		120
Bijlage 1	Mortaliteit <i>Podisus maculiventris</i> op verschillende diëten	124
Bijlage 2	Kweekmethodiek <i>Euplectrus carinifer</i> op <i>Spodoptera exigua</i> (Floridamot)	125

Dankwoord

Wij willen iedereen die aan dit project heeft bijgedragen hartelijk bedanken. In het bijzonder danken wij de telers en adviseurs die actief deelnamen aan de BCO en hun vragen en ervaringen met ons deelden. Ook de bedrijven die hun deuren openden voor het testen van het PATS-systeem of waardevolle vraagstukken aandroegen, verdienen onze dank. Verder bedanken wij de kasmedewerkers die de proefopstellingen hebben geïmplementeerd en zo het onderzoek mogelijk maakten. Tot slot gaat onze dank uit naar de medewerkers van Glastuinbouw Nederland voor hun inzet en ondersteuning bij de communicatie met de achterban.

Samenvatting

Het project is opgestart naar aanleiding van de toenemende problemen die kwekers ondervonden bij de bestrijding van rupsen in hun teelten. Door het wegvallen van chemische middelen kreeg de rupsproblematiek plots een veel grotere impact en werd duidelijk dat er een tekort was aan effectieve, natuurlijke bestrijders. De biologische middelen die op de markt beschikbaar zijn, zoals *Bacillus thuringiensis* (Bt), richten zich voornamelijk op jonge larvale stadia, terwijl de grotere rupsen buiten bereik blijven. De enige beschikbare sluipwesp was bovendien een eiparasiet. Hierdoor bleven telers bij zware druk afhankelijk van chemische ingrepen, die telkens het biologisch evenwicht in de kas verstoorden.

Om de bestaande biologische oplossingen effectiever in te zetten, was een nauwkeurig systeem nodig om de levenscyclus van de motten te volgen. Samen met PATS werd daarom een voorspellingssysteem ontwikkeld dat de vlucht van de Turkse mot kan monitoren en bijna op de dag kan voorspellen wanneer een eerste bespuiting met Bt nodig is. Hiervoor werd uitgebreid onderzoek gedaan naar de levenswijze van de mot onder verschillende klimaatomstandigheden.

Daarnaast zijn er nieuwe natuurlijke vijanden getest om de grotere rupsen aan te pakken. Het ging hierbij om de roofwants *Podisus maculiventris* en de sluipwesp *Euplectrus carinifer*. Ook hun interactie met andere natuurlijke bestrijders werd onderzocht. Beide soorten bleken waardevol en zijn inmiddels door producenten opgepakt voor verdere ontwikkeling. Tegelijkertijd is een inheems Baculovirus, specifiek gericht op de Turkse mot, uitgebreid getest met een positief resultaat en onder de aandacht van fabrikanten gebracht.

Vergelijkbare stappen zijn gezet voor de bestrijding van *Duponchelia fovealis*. Dankzij het PATS-monitoringsysteem kunnen deze motten vroegtijdig worden gedetecteerd en onderscheiden van andere soorten. Daarnaast is er binnen dit project een nieuwe formulering voor BT ontwikkeld, op basis van zetmeelkorrels, die eenvoudiger toepasbaar is tegen de rupsen van *Duponchelia*.

Door de ontwikkeling van een geïntegreerde strategie beschikken telers nu over een breed scala aan biologische middelen en technieken om rupsenplagen te beheersen. Het laatste ontbrekende element, namelijk feromonen om motten te lokken of te verwarren, wordt op dit moment in de praktijk verder ontwikkeld. Op deze manier groeit een compleet en duurzaam pakket aan oplossingen dat telers helpt om rupsenschade op een milieuvriendelijke manier te voorkomen en te beheersen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De problemen met Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) in de glastuinbouw zijn de laatste jaren sterk toegenomen. *Duponchelia fovealis* is ook nog steeds een probleem, vooral in Phalaenopsis-, gerbera- en aardbeienkassen. Voor zowel de biologische bestrijding met microbiële middelen als met natuurlijke vijanden ontbreken er nog elementen. Bestrijding met microbiologische middelen op basis van *Bacillus thuringiensis* hebben in de praktijk vaak onvoldoende effect doordat niet alle rupsen in aanraking komen met het middel en alleen de jonge rupsenstadia gevoelig zijn. Er wordt hier en daar al wel geëxperimenteerd met het toepassen van biologische bestrijders zoals *Trichogramma achaeae* (ei-parasiet) en bladbespuitingen tijdens de avond met aaltjes (*Steinernema feltiae* of *Steinernema carpocapsae*). Rupsen kunnen voor paprikatelers ook een extra motivatie vormen om de roofwants *Macrolophus pygmaeus* in te zetten. Er ontbreken echter nog belangrijke elementen in de biologische bestrijding van rupsen. Er zijn weinig tot geen opties om de grotere rupsen te bestrijden. Hierdoor moet er in de gangbare teelt nog steeds veel chemische bestrijding toegepast worden, met een steeds smaller pakket aan chemische middelen. Dit veroorzaakt problemen met neveneffecten tegen natuurlijke vijanden, waardoor ook de biologische bestrijding van andere plagen in het gewas in het gedrang komt, en vormt tevens een risico voor resistentie-ontwikkeling. Er is daarom een sterke behoefte aan een integrale ecologische aanpak van de bestrijding van rupsen.

1.2 Onderzoeksdoelen

Het doel van het onderzoek aan Turkse mot en *Duponchelia fovealis* binnen het PPS project “Masterplan rupsen” is het ontwikkelen van een robuust en weerbaar totaalsysteem voor de bestrijding van Turkse mot en *D. fovealis* voor de drie modelgewassen gerbera, paprika en Phalaenopsis.

De aanpak van het onderzoek is gebaseerd op de volgende componenten:

- a. een goede monitoring en besluitvorming op basis van een degelijke kennis van de biologie en gedrag van de Turkse mot, *Duponchelia fovealis* en hun biologische bestrijders,
- b. inzet van verschillende soorten biologische bestrijders (macro- en micro) die elkaar zo goed mogelijk aanvullen en gezamenlijk de verschillende ontwikkelingsstadia van rupsen effectief kunnen bestrijden,
- c. goede integratie van biologische bestrijding van Turkse mot en *Duponchelia fovealis* met het totale IPM systeem, de eigenschappen van het gewas en de overige teeltmaatregelen.

1.3 Aanpak

Het onderzoek naar Turkse mot en *D. fovealis* in dit project is verdeeld in 4 onderdelen.

- i. Het eerste onderdeel richtte zich op de kennis van het gedrag en biologie van Turkse mot en *D. fovealis* en een selectie van de belangrijkste biologische bestrijders van Turkse mot en *D. fovealis*. Hiervoor is zowel de literatuur geraadpleegd, als zijn observaties en ervaringen uit de praktijk beschreven. De resultaten van dit onderdeel zijn beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport (literatuuronderzoek), hoofdstuk 3 (monitoring en mass-trapping van Turkse mot adulten).
- ii. Het tweede onderdeel richtte zich op de bestrijding van Turkse mot en *D. fovealis* met macrobiologische bestrijders (sluipwespen en roofwantsen) en andere methoden (vallen en stikstof). De resultaten van het onderzoek binnen dit thema zijn beschreven in hoofdstukken 4, 5, 6, 7 (sluipwespen), hoofdstukken 10, 11, 12 (*Podisus maculiventris* roofwantsen) en hoofdstukken 8, 9 (vallen en lokstoffen en effect van stikstof gift op ontwikkelingssnelheid).

-
- iii. Het derde onderdeel richtte zich op curatieve bestrijdingsmethoden met microbiële organismen. In hoofdstukken 14 en 15 wordt de toepassing en werking van Bt in relatie tot het gedrag van rupsen en adulten van Turkse mot en *D. fovealis* beschreven. In hoofdstuk 16 wordt het onderzoek naar de toepassing van baculovirussen tegen Turkse mot beschreven. In hoofdstuk 17 wordt het overwinteringsgedrag van de Turkse mot bestudeerd.
 - iv. Het vierde onderdeel richtte zich op het integreren van de verschillende bouwstenen tot een totaalsysteem voor gerbera, paprika en Phalaenopsis (hoofdstuk 13, 18, 19).

2 Gedrag en biologie van Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*), *Duponchelia fovealis* en belangrijke biologische bestrijders

2.1 Gedrag en biologie van Turkse mot

2.1.1 Levenscyclus Turkse mot

Literatuurgegevens laten een aanzienlijke variatie zien in het aantal eieren dat Turkse mot (*C. chalcites*) legt, variërend van 385 bij 20°C tot 640 bij 25°C (Gasim and Younis, 1989). De eieren worden 's nachts op de bovenste en onderste bladoppervlakken gelegd, terwijl de vrouwtjes vliegen. Vrouwtjes raken het blad slechts kort aan om één, twee of een paar eieren per keer te leggen. De eieren liggen zeer wijd verspreid in het gewas (Linden, 1996). Larven in het eerste stadium voeden zich aan de onderkant van bladeren en kunnen vrij moeilijk te detecteren zijn. Een larve laat zich van het blad vallen en hangt aan een zijden draad als hij wordt verstoord (Goodey, 1991). Tijdens het tweede en derde stadium begint de larve de randen van de bladeren naar elkaar toe te rollen en worden zijden draden gesponnen op aangetaste bladeren. Latere stadia vreten zich door de bladeren heen, waardoor aangetaste bladeren er skeletachtig uitzien. De laatste twee larvenstadia zijn de meest vraatzuchtige eters en eten meestal het hele blad op.

De volwassen larve stopt met eten en gaat een prepopstadium in. Hij spint een cocon waarin hij verpopt. De cocon zit meestal vast aan de onderkant van een blad (Harakly en Farag, 1975). De schematische levenscyclus wordt weergegeven in figuur 2.1.

Volwassen motten komen tevoorschijn in de schemering en gedurende de nacht en beginnen al snel te vliegen en te paren. Mannetjes zijn klaar om te paren vlak na het uitkomen, maar vrouwtjes paren meestal één tot vier dagen na het uitkomen (Harakly en Farag, 1975). Vrouwtjes bereiken hun piekactiviteit in de vierde nacht na het uitkomen. Volwassen motten zijn halfnachtdieren en vermijden fel zonlicht.

Eieren

De eitjes zijn doorschijnend, witgroen, koepelvormig met 28 tot 32 verticale ribbels en komen ongeveer 4 dagen na het leggen uit (Del Pino et al., 2020). De eieren worden donkerder kort voordat ze uitkomen.

Larven

De larve heeft zes larvestadia en een prepopstadium. De eerste drie stadia zijn minder dan 1 cm lang en het laatste stadium bereikt een grootte van 3,8 cm. De larveperiode duurt ongeveer 20 dagen bij 25 °C (Del Pino et al., 2020). Pas uitgekomen larven zijn donkerwit, met een zwartachtige kop en borstschild. Kort na het voeden worden de larven lichtgroen van kleur. Ze hebben stijve haartjes aan de rugzijde, met een lichtgele lengteband aan elke kant. De oudere exemplaren hebben twee paar buikpoten in plaats van vijf en op elk segment een zwarte stip boven de gele laterale lijnen.

Popstadium

De pop is 2 cm lang, zwart in een witte zijden cocon, die bruin en vervolgens zwart wordt. Dit stadium duurt 8-9 dagen bij 25 °C.

Adulten

De spanwijdte van de volwassen mot is ongeveer 4 cm. De vleugels zijn meestal goud- tot bronskleurig. Er zitten twee ovale zilveren vlekken op de vleugels.



Figuur 2.1 De ontwikkelingstijd van de Turkse mot per stadium in dagen bij 25 °C, op een artificieel dieet, volgens Del Pino et al. (2020).

De ontwikkelingstijd wordt beïnvloed door de klimatologische omstandigheden (temperatuur, relatieve vochtigheid), het type gewas en zelfs de cultivar.

2.1.2 Gedrag Turkse mot

Chrysodeixis chalcites is een ernstige plaag voor kasgewassen, met name in landen rond de Middellandse Zee, het Midden-Oosten en Sub-Sahara Afrika. Het is een van de vier belangrijkste plagen voor Europese kasgewassen, waaronder kassen in Noord-Europa (Simón et al., 2015). Dit polyfage insect voedt zich met veel verschillende plantensoorten, waaronder diverse fruit-, tuin-, sier- en bosgewassen zoals katoen, alfalfa, kool, zonnebloemen, geraniums, bonen, maïs, aardappelen, komkommers, paprika's, bananen, tabak, tomaat en vele andere (Cabello et al., 1996).

We hebben nog steeds beperkte kennis over het gedrag van dit insect in het gewas. Wat betreft het eiafzettingsgedrag weten we dat volwassen vrouwtjes van *Chrysodeixis chalcites* eieren afzetten, hetzij geïsoleerd, hetzij in kleine groepjes, zodat ze verspreid over het gewas liggen (Linden, 2000). Na het uitkomen voeden larven in het eerste stadium zich voornamelijk aan de onderkant van bladeren en kunnen ze moeilijk te detecteren zijn. Larven in het tweede en derde stadium beginnen de bladranden op te eten en in de volgende stadia worden ze nog vraatzuchtiger: ze eten de hele bladeren op, behalve de centrale nerven (Cakmak et al., 2019).

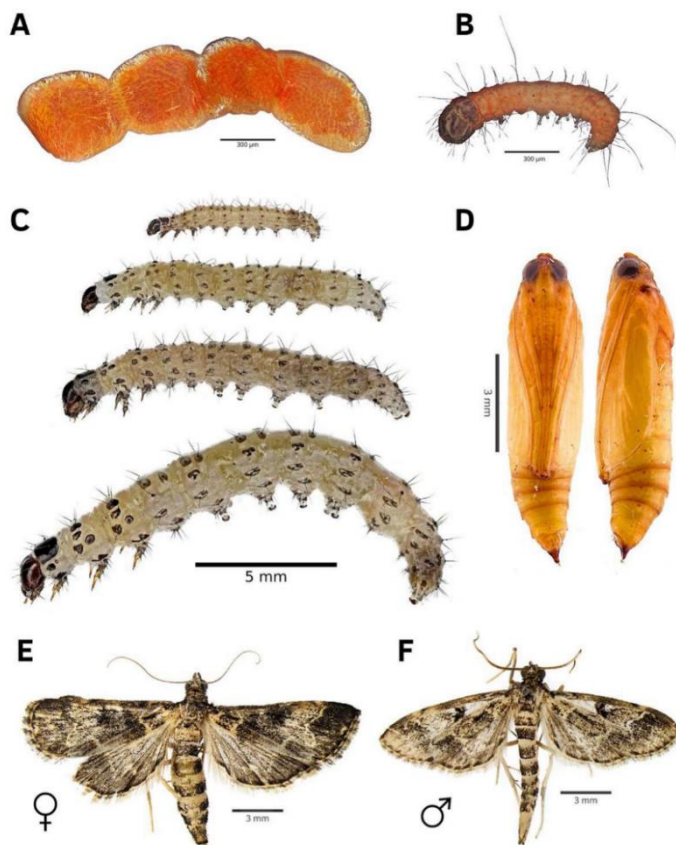
Het voedingsgedrag van *C. chalcites* wordt beïnvloed door de soort en fenologie van de gewassoort (Simón et al., 2015). In tomaat bijvoorbeeld voedt *C. chalcites* zich met het parenchym aan de onderkant van de bladeren, rolt vervolgens de randen van de bladeren op en begint zich door de bladeren heen te eten, waardoor ze er skeletachtig uitzien. In banaan was *C. chalcites* voorheen een kleine plaag op de Canarische Eilanden die bladschade veroorzaakte die doorgaans geen bestrijdingsmaatregelen rechtvaardigde. Sinds 2000 vertoont de plaag echter om onbekende redenen duidelijke veranderingen in zijn voedingsgedrag. De larven zijn zich met name gaan voeden met de schil van de banaan, wat leidt tot aanzienlijke esthetische schade die de commerciële waarde van de vrucht volledig tenietdoet. Door dit ongewone gedrag is *C. chalcites* nu de vlinderplaag die het vaakst met insecticiden behandeld moet worden (Fuentes et al., 2018).

Door het gedrag van *C. chalcites* verder te bestuderen, kunnen we zijn aankomst, positie en evolutie in verschillende teeltsystemen en omgevingen beter voorspellen.

2.2 Gedrag en biologie van *Duponchelia fovealis*

De Europese pepermot *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) komt oorspronkelijk uit de Middellandse Zeegebieden en de Canarische Eilanden. In bepaalde delen van Europa, Afrika en het Midden-Oosten wordt de soort ook als plaag aangetroffen. *D. fovealis* is polyfaag en voedt zich met minimaal 38 plantenfamilies (Paes et al., 2018). Het is een plaag voor 35 soorten, van waterplanten tot gekweekte planten zoals aardbeien, komkommers, paprika's, tomaten, anthurium, gerbera's en kalanchoës.

D. fovealis-larven kunnen wortels, bladeren, bloemen, knoppen en fruit beschadigen. Ze voeden zich ook met dode en rottend plantaardig materiaal. *D. fovealis*-volwassenen leven ongeveer 10 dagen en vrouwtjes leggen tijdens hun leven ongeveer 267 eieren. Het vrouwtje zet de eieren los af of in groepjes van vijf tot tien eieren zowel op de boven- als de onderkant van bladeren, dicht bij de nerven, of laag op de stengel of steel, dicht bij de grond. De rozerode eieren zijn ongeveer 0,5 mm in doorsnede en worden steeds donkerder (figuur 2.2A). De rupsen bevinden zich in spinsels en hebben een voorkeur voor vochtige plaatsen. Ze komen van nature voor in moerasachtige gebieden. De rupsen vreten niet alleen van de plant, maar ook van dood organisch materiaal en houden van vochtige/natte omstandigheden. Er zijn vijf larvale en één popstadia (figuur 2.2B tot D), die bij 26 °C ongeveer 29 dagen nodig hebben om zich tot volwassenen te ontwikkelen (Bethke et al., 2014).



Figuur 2.2 Levensfasen van *Duponchelia fovealis* (Jaraleño-Teniente et al., 2024).

2.3 Gedrag en biologie van biologische bestrijders van rupsen

2.3.1 Sluipwespen

Er zijn verschillende parasitoïden die verschillende stadia van de Turkse mot, eieren of larven parasiteren. De parasitoïden die de larven parasiteren, hebben ook een duidelijke voorkeur voor bepaalde stadia, over het algemeen verdeeld over L1, 2 en de grotere L3, 4 en 5.

Daarbinnen zijn twee soorten parasitoïden te onderscheiden:

- Solitaire: Eén larve ontwikkelt zich ten koste van de gastheer
- Gregaire: Meerdere larven leven samen op of in de gastheer

Ectoparasitoïden eten hun gastheer van buitenaf. Deze gastheer zit vaak beschermd in een cocon, popomhulsel of plantweefsels zoals stengels en vruchten.

Endoparasitoïden ontwikkelen zich volledig binnen de gastheer. Dit vraagt om aanpassingen, vooral op ademhaling en het immuunsysteem. De larve blijft via vervellingsresten verbonden met de gastheer.

Eiparasieten

De eieren worden geparasiteerd door verschillende soorten *Trichogramma* sluipwespen zoals *T. achaeae* of *T. evanescens* (Polaszek et al., 2011).

Trichogramma achaeae

Op het moment dat het project begon was er een sluipwesp die parasiteert op Turkse mot als een product beschikbaar op de markt, namelijk *Trichogramma achaea* van de familie Trichogrammatidae. Trichogramma-wespen parasiteren op insecteneieren, met name motten- en vlindereieren, waaronder enkele van de belangrijkste insectenplagen van akkerbouwgewassen, bossen, fruit- en notenbomen. *T. achaeae* wordt al dertig jaar op grote schaal toegepast in het veld voor de biologische bestrijding van insectenplagen (Yousuf et al., 2016). *T. achaea* is een sluipwesp van minuscule afmetingen. Een volwassen insect is ongeveer 0,5 mm lang en 0,15 mm breed, Khan en Yousuf, 2017.

Ondanks dat het een uitstekende parasiet is, maken de afmetingen het moeilijk om goed te verspreiden in het gewas om bij de eieren van een mot te komen. Daarom worden de producten in verschillende toepassingsmogelijkheden aangeboden, als strooi materiaal, in zakjes of "bolletjes" die door het gewas worden verspreid.

Levenscyclus van *Trichogramma achaeae* omvat de volgende vier hoofdfasen (figuur 2.3):

Ei

Vrouwtje van *T. achaeae* legt eieren in de eieren van de gastheer. De eieren ontwikkelen zich in het ei van de gastheer.

Larve

Nadat het Trichogramma-ei uitkomt, begint de larve zich te voeden met de inhoud van het gastheerei, waarbij het gastheerembryo wordt vernietigd.

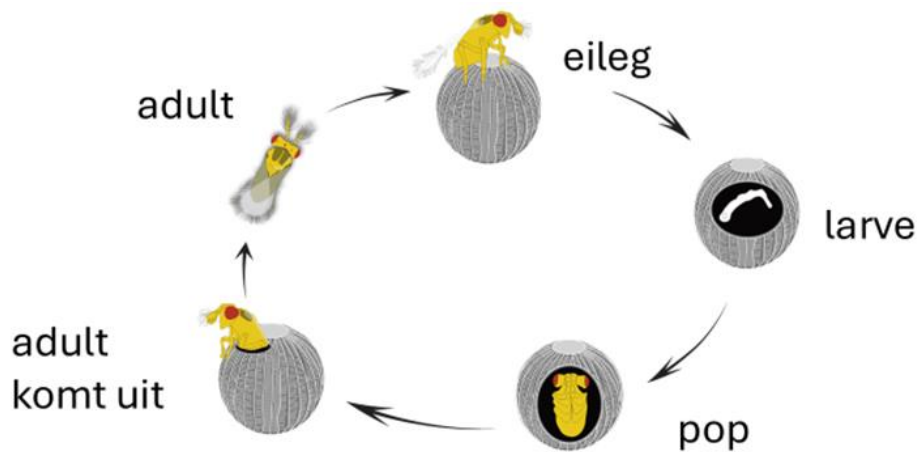
Pop

Na het voeden gaat de larve over in het popstadium. Dit is een rustfase waarin de larve een metamorfose ondergaat en zich voorbereidt om volwassen te worden.

Volwassen

Zodra de metamorfose is voltooid, komt de volwassen mot tevoorschijn, klaar om nieuwe eieren te leggen en een nieuwe cyclus te beginnen. Een vrouwtje kan vervolgens tussen 50 en 100 eieren parasiteren, ze kan zich ook voeden met de eieren van de gastheer.

De levenscyclus duurt van 7 tot 14 dagen afhankelijk van de temperatuur. *T. achaeae* heeft een levensduur van 3 tot 14 dagen.



Figuur 2.3 Levenscyclus van *Trichogramma achaeae*. Bron: BioBee USA.

Rups parasitoïden

Parasitoïden die rupsen parasiteren, kunnen één of meerdere eieren in of op de rups afzetten. Vervolgens beginnen de larven zich te ontwikkelen, waarbij ze de rups van binnenuit opeten of zich van buitenaf voeden met diens lichaamsvloeistoffen. Zodra de larven volgroeid zijn, gaan ze verpoppen. Tijdens deze periode kunnen ze al dan niet aan de rups gehecht blijven.

In het verleden is er onderzoek gedaan naar verschillende soorten inheemse sluipwespen die op de Turkse mot parasiteren (Bloemhard en Messelink (2005) en Grosman en Bloemhard (2014)). In 2011 werd er ook in Spanje een inventarisatie van sluipwespen gehouden voornamelijk door Del Pino, 2011 op Tenerife.

In 2018 is er een sluipwesp naar voren gekomen als potentiële kandidaat voor bestrijding van de Turkse mot, een gregaire sluipwesp *Euplectrus phthorimaeae* (Woelke, 2019). Echter de kweek, op rupsen van Turkse mot, bleef heel onstabiel door de regelmatige uitbraken van het baculovirus. Binnen dit project hebben we rondom de kassen in Bleiswijk een inventarisatie van sluipwespen uitgevoerd. Hierbij is een andere *Euplectrus*-soort verzameld, namelijk *E. carinifer* (lees hierover in hoofdstuk 5). *Euplectrus carinifer* is een gregaire ectoparasiet met een voorkeur voor grotere larvale stadia van *C. chalcites*, vergelijkbaar met *E. phthorimaeae*, beide van de familie Eulophidae. Hoe groter de larve, des te meer eieren de sluipwesp afzet.

Onderin presenteren we de foto's van de sluipwespen van rupsen die van nature in Nederland voorkomen en die regelmatig spontaan in de kassen aanwezig zijn (figuur 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 en 2.8).

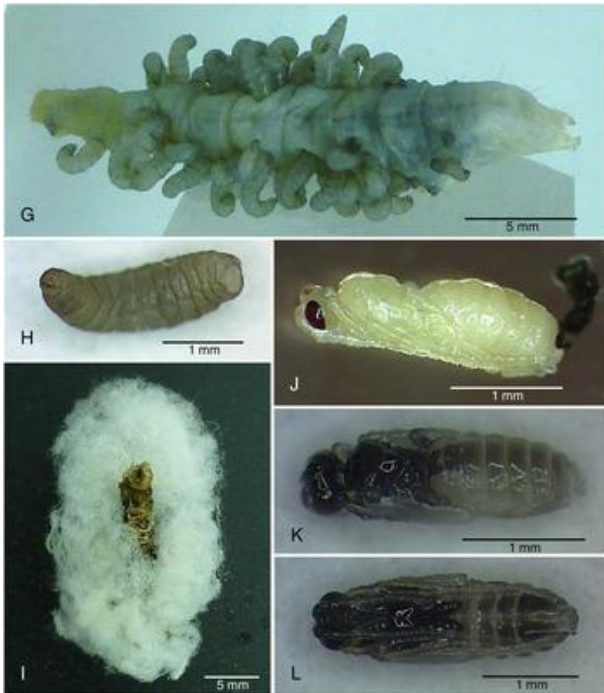
Hyposoter didymator <https://www.youtube.com/watch?v=pa2B8aBTO0I>



Figuur 2.4 *Hyposoter didymator*. Bron: youtube.



Figuur 2.5 Een pop van *Cotesia magniventris*. Foto: S. Sourakov.



Figuur 2.6 *Cotesia vanessae*. Boven- een rups met uitkomende larven van de sluipwesp. Onderin poppen van sluipwespen.



Figuur 2.7 *Microplitis spinola*.



Figuur 2.8 Eieren van *Euplectrus carinifer* op de rups van de Turkse mot.



Figuur 2.9 Volwassen sluipweps *Euplectrus* sp. Foto: Dorota Baraniecka.

2.3.2 Roofwantsen

Veel soorten wantsen zijn roofdieren van insecten en mijten. Ze kunnen prederen op vliegen, luizen, rupsen, mijten, kevers en zelfs andere wantsen. De meest voorkomende roofwantsen in de natuur in Nederland zijn: grootoogwantsen (Geocoridae), bloemwantsen (Anthocorida), schildwantsen (Pentatomidae), blindwantsen (Miridae) en sikkelwantsen (Nabidae). Ze variëren in grootte en kleur, afhankelijk van de soort. Alle roofwantsen voeden zich door hun prooi aan te prikken en lichaamsvloeistoffen op te zuigen.

De meest bekende wantsen in de tuinbouw zijn de bloem- en blindwantsen. De bloemwantsen *Orius laevis* en *O. majusculus* (figuur 2.15) worden al jaren in verschillende teelten ingezet als een uitstekende bestrijders van volwassen tripsen. De blindwants *Macrolophus pygmaeus* (figuur 2.14) is vooral bekend als bestrijder van witte vlieg in tomaten. Zijn verwant *Dicyphus errans* heeft de afgelopen jaren de gerberateelt in Nederland veroverd. Echter, blindwantsen kunnen ook schade aanrichten aan het gewas door hun omnivore voedingsgedrag. *Nesidiocoris tenuis*, een blindwants die in Zuid-Europa wordt ingezet als bestrijder, wordt in de Nederlandse tuinbouw als plaag beschouwd. Deze soort veroorzaakt veel schade in de tomatenteelt, doordat bloemen aborteren, wat een negatieve invloed heeft op de opbrengst.

Van de schildwantsen is de zuidelijke groene schildwants *Nezara viridula* (figuur 2.13), afkomstig uit Ethiopië, het bekendst. Deze wants heeft zich sinds enkele jaren gevestigd in Nederlandse kassen en richt vooral schade aan in de paprikateelt. Een andere wants uit deze familie is *Podisus maculiventris*, een natuurlijke vijand van onder andere *Nezara*. In ons project hebben we *Podisus* getest als bestrijder van de rupsen van de Turkse mot. Meer hierover is te lezen in hoofdstukken 10 t/m 12.

Over het algemeen doorlopen alle roofwantsen drie ontwikkelingsstadia: ei, nimf en adult. Eieren kunnen worden afgezet op het blad (*N. viridula*, *P. maculiventris*, figuur 2.10) of in het plantweefsel (*Orius* sp., figuur 2.11 en 2.12), afzonderlijk of in groepen (*Podisus*, figuur 2.16). De eieren veranderen van kleur: in het begin zijn ze wit, later bruinachtig en vlak voor het uitkomen zwart. De nimfen lijken meestal op de adulten, maar zijn kleiner en hebben geen ontwikkelde vleugels. Ze kunnen ook in kleur verschillen van de volwassen dieren. Meestal zijn er vijf nimfale stadia, die na elke vervelling enigszins van elkaar verschillen. De duur van de levenscyclus is afhankelijk van de temperatuur en de voedingswaarde van het voedsel. De ontwikkelingscyclus van *P. maculiventris* wordt weergegeven in figuur 2.16.



Figuur 2.10 Groep *Nezara* eieren.



Figuur 2.11 Enkele eieren van *Orius*.



Figuur 2.12 Groep *Orius* eieren.



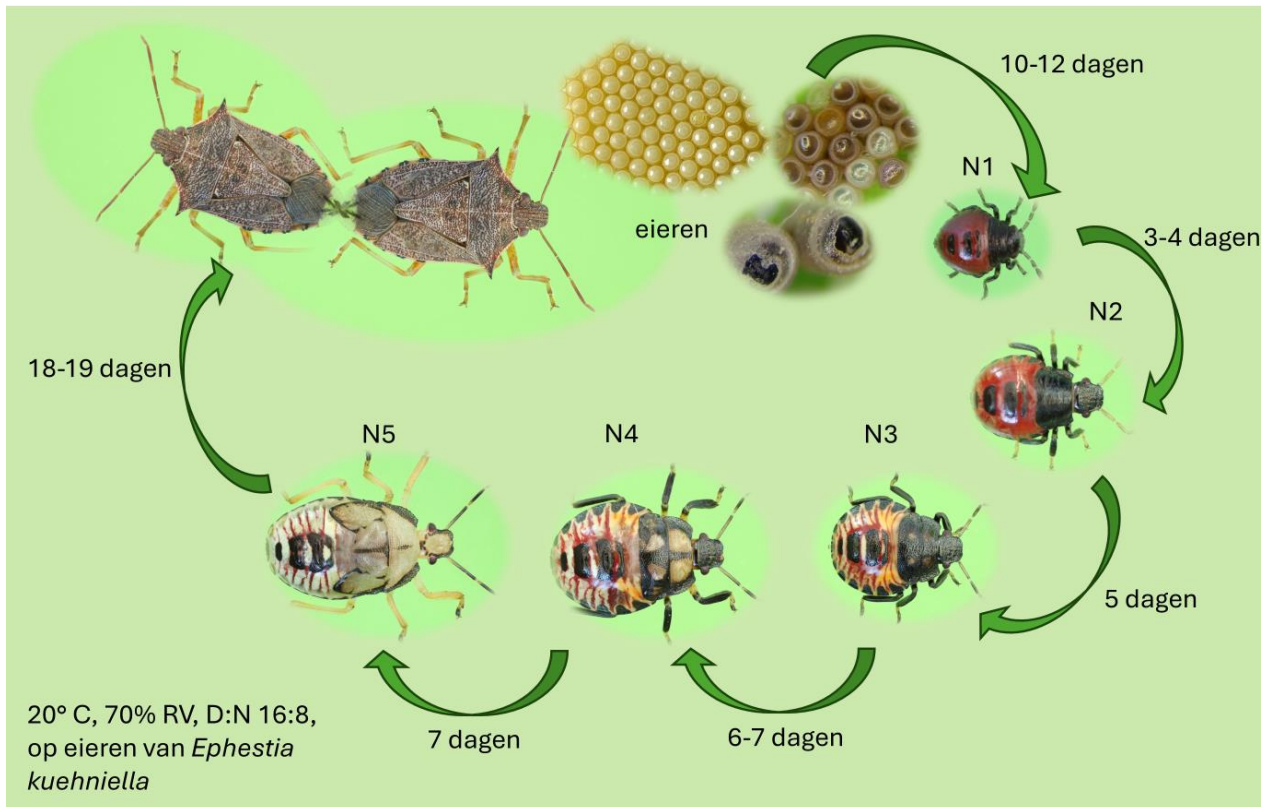
Figuur 2.13 *Nezara viridula*.



Figuur 2.14 *Macrolophus pygmaeus*.



Figuur 2.15 *Orius majusculus*.



Figuur 2.16 Levenscyclus van *Podisus maculiventris*.

2.3.3 Baculovirussen

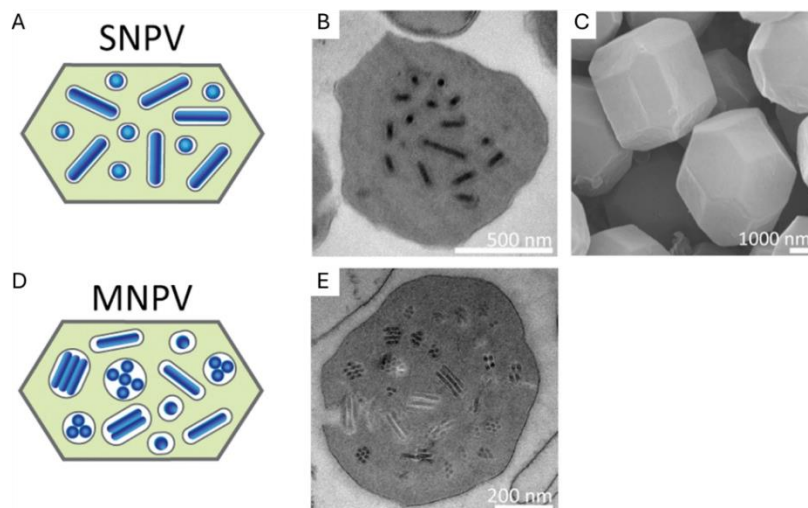
Baculovirussen zijn virussen die insecten infecteren. In meer dan 600 soorten zijn baculovirussen aangetroffen, voornamelijk binnen de orde Lepidoptera (Slack en Arif, 2006). In Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) is het baculovirus *Chrysodeixis chalcites nucleopolyhedrovirus* (ChchNPV) gevonden. Baculovirussen zijn vaak latent aanwezig in populaties, maar kunnen ook een actieve infectie veroorzaken, waarna de gastheer overlijdt en "vloeibaar" wordt: hiermee komen nieuwe virusdeeltjes in de omgeving terecht. Het baculovirus heeft invloed op het gedrag van de zieke rups en zorgt ervoor dat deze rupsen net voor ze overlijden naar boven klimmen in de plant. Dit wordt ook wel "tree-top disease" genoemd. Hierdoor kan het virus zich efficiënt verspreiden. Wanneer andere rupsen van dezelfde soort dit virus opeten, worden ze ofwel latent geïnfecteerd of ze zullen ook overlijden door een actieve infectie, zie figuur 2.17 (Wang en Hu, 2019). Baculovirussen spelen een belangrijke rol bij het reguleren van de omvang van insectenpopulaties: Wanneer de dichtheid van de insecten populatie te hoog wordt, verandert het latent aanwezig baculovirus in een actieve infectie, waarop insecten dood gaan en het virus zich verder kan verspreiden (Williams et al, 2017).



Figuur 2.17 Schematische weergave van de levenscyclus van baculovirussen. Rupsen kunnen geïnfecteerd worden door het eten van virusdeeltjes. Vervolgens wordt het gedrag van de geïnfecteerde rups beïnvloed en klimt de rups naar boven in de plant, waar deze overlijdt en "vloeibaar wordt" (liquifaction). Hierdoor komen nieuwe virusdeeltjes vrij, die zich verspreiden in de omgeving. Dit figuur is aangepast van Wang en Hu (2019).

Baculovirussen zijn veel voorkomend en zeer specifiek voor een bepaalde gastheer. Ze hebben een dubbel strengs DNA genoom en verspreiden zich in de vorm van Occlusion Bodies (OBs), welke vrijkomen na het overlijden van de geïnfecteerde "vloeibaar geworden" rups. OBs bevatten virusdeeltjes met daaromheen een eiwit, polyhedrin of granulin, afhankelijk van het type baculovirus. ChchNPV is een nucleopolyhedrovirus, en de OBs bevatten een polyhedrin eiwit matrix. Daarnaast is er nog een onderscheid tussen single en multiple nucleopolyhedrovirussen: dit geeft aan of er één of meerdere nucleocapsiden in de virionen aanwezig zijn. In figuur 2.18 is afgebeeld hoe deze OBs er uit zien. De OBs zijn erg stabiel en hierdoor kunnen baculovirussen lang overleven buiten de gastheer (Slack en Arif, 2006).

Baculovirussen geven vaak problemen tijdens de kweek van insecten: deze virussen zijn latent aanwezig in een op het oog gezonde populatie. Door bepaalde stressfactoren, zoals verandering in temperatuur, luchtvochtigheid of een te hoge dichtheid in de populatie, kan het latente virus getriggerd worden en een actieve infectie veroorzaken. Hierdoor kan een hele kweek instorten en dit is een lastig probleem voor insecten kweken (Williams et al, 2017). Dit is in het verleden ook gebeurd bij een kweek van Turkse mot (*Crysothrips chalcites*) bij het PPO in Naaldwijk (Messelink et al. 2005). Dit virus is vervolgens uit de rupsen van *C. chalcites* geïsoleerd en door het Laboratorium voor Virologie van Wageningen geïdentificeerd als een uniek en nog niet eerder beschreven baculovirus, dat ChchNPV is genoemd (Van Oers et al 2004). Tevens is er moleculaire detectie methode ontwikkeld om dit virus van andere baculovirussen te onderscheiden.



Figuur 2.18 Occlusion bodies (OBs) van baculovirussen, type nucleopolyhedrovirus (NPV). Deze OBs bevatten polyhedrin als eiwit matrix en daarbinnen zitten de virus deeltjes, of met 1 nucleocapside per virion (single NPV, A en B), of met meerdere nucleocapsides per virion (multiple NPV, D en E). A en D geven een schematische weergave, B en E beeld van een transmissie elektronen microscoop, C beeld van een scanning elektronen microscoop van de buitenkant van OBs. Dit figuur is aangepast van Sosa-Gómez et al (2020).

Baculovirussen zijn in te zetten als biocontrol. De virussen zijn stabiel en specifiek voor een bepaalde gastheer, waardoor het gebruik weinig neveneffecten kent. Nadat de eerste rupsen overlijden door de toepassing, zullen nieuwe virusdeeltjes vrijkomen en kunnen andere rupsen ook geïnfecteerd raken (secundaire infecties). Over het algemeen zijn de eerste larvale stadia gevoeliger voor baculovirussen dan oudere rupsen (Führ et al, 2021).

Bij de selectie van baculovirusisolaten voor productontwikkeling dienen drie cruciale parameters als selectiecriteria: i) virulentie, ii) dodingssnelheid en iii) virusopbrengst. De selectie van virulente isolaten is de eerste stap: als een virus erg virulent is, is een lagere dosis voldoende om het gastheerinsect te doden. Dit wordt uitgevoerd door middel van laboratoriumtests op het gastheerinsect. Dodingssnelheid is een andere belangrijke eigenschap van baculovirussen. Er is behoorlijk variatie in dodingssnelheid tussen baculovirusisolaten die tot dezelfde soort behoren (Cory et al., 2005). Sneldodende isolaten hebben de voorkeur boven langzaamdodende varianten omdat ze in een kortere periode na infectie sterfte van de gastheer veroorzaken (Williams et al., 2022). Echter de afdoding is nooit zo snel als bij een chemisch middel: sterfte van de gastheer treedt doorgaans enkele dagen tot een week na infectie op, gedurende welke tijd de larven zich blijven voeden en zo extra gewasschade veroorzaken (Bernal et al, 2013). Baculovirus isolaten worden ook beoordeeld op hun reproductiesnelheid (d.w.z. virusopbrengst) in hun gastheer. Deze evaluatie is cruciaal, aangezien de huidige productiemethode in-vivo is: het virus wordt in het gastheerinsect opgekweekt. Isolaten met een lage OB-productie zouden het productieproces economisch onhaalbaar maken. De reproductiesnelheid is ook een belangrijke parameter die secundaire infecties in het veld bepaalt, aangezien dit het verwachte aantal secundaire infecties als gevolg van één primaire infectie bepaalt (Anderson en May, 1981). Doordat de productie in het insect plaatsvindt, is een goede kweekmethode van het gastheerinsect ook zeer belangrijk voor de haalbaarheid van de productie. Factoren zoals de dichtheid van de larvenkweek gedurende de periode na inoculatie kunnen de groei en overleving van geïnfecteerde insecten beïnvloeden; dit is met name relevant voor kannibalistische soorten, omdat dit het aantal larven dat beschikbaar is om OB's te produceren aanzienlijk kan verminderen (Arrizubieta et al., 2016).

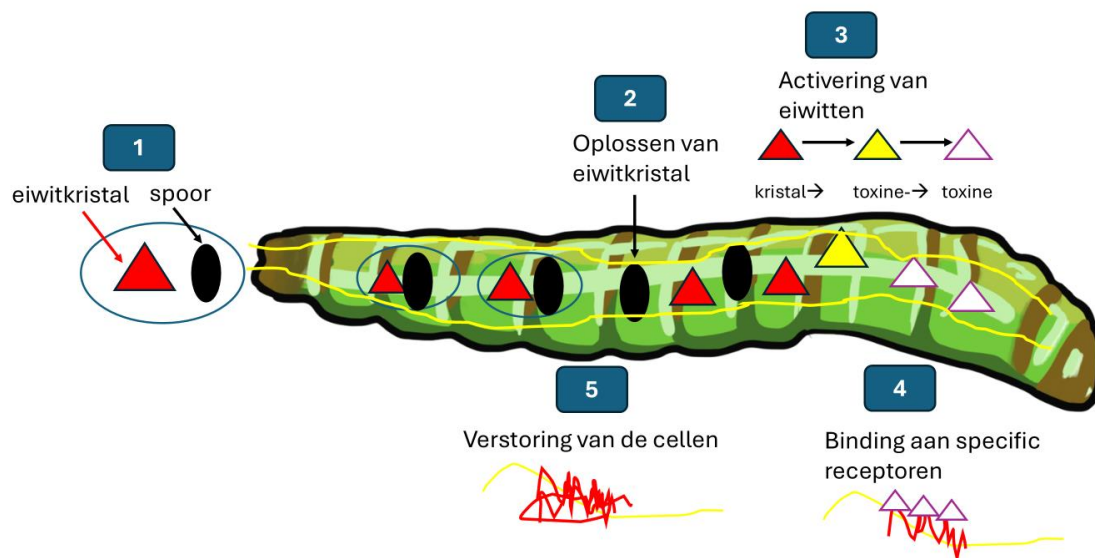
Tot op heden zijn verschillende producten op basis van baculovirus geregistreerd voor gebruik (voor een goed overzicht zie de review van Beas-Catena et al.(2014) en ingezet voor de biologische bestrijding van belangrijke plagen in de land- en bosbouw, waaronder de floridamot (*Spodoptera exigua*), de katoendaguil (*Helicoverpa armigera*), de fruitmot (*Cydia pomonella*) (Szewczyk et al., 2009) en de soybeanlooper (*Chrysodeixis includens*). Deze laatste is verwant aan de Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*), en tegen *Chrysodeixis includens* wordt het product Loopovir (Andermatt) gebruikt. Dit product bevat het virus *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus (ChinNPV).

2.3.4 *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis (Bt of BT) is een staafvormige, gram-positieve, facultatief anaerobe, sporenvormende bacterie. Meer dan 150 insectensoorten zijn vatbaar voor Bt. Bt werkt door de productie van kristaleiwitten, ook wel Cry-eiwitten of δ -endotoxinen genoemd. Deze eiwitten worden gevormd wanneer de bacteriën sporen produceren, meestal aan het einde van hun vegetatieve groeifase. De kristallen zelf zijn niet giftig, maar moeten eerst door insectenlarven worden opgenomen om actief te worden (Gerritsen, 2003).

Wanneer een vatbare insectenlarve – zoals een rups, muggenlarve of keverlarve – het Bt-materiaal eet, komen de kristallen in de darmen van het insect terecht. De darmen zijn sterk basisch (pH hoger dan 9,5), waardoor de kristallen oplossen. De opgeloste eiwitten worden vervolgens geactiveerd door specifieke enzymen in de darmen en omgezet in een toxine. Deze toxine bindt zich aan specifieke receptoren op de darmwand van het insect, waardoor er kleine gaatjes in de darmen ontstaan. Hierdoor lekt de darminhoud in het lichaam, waardoor de spijsvertering onmiddellijk stopt. Het insect stopt met eten en verzwakt snel (Wijerathna-Yapa, 2017). De gaatjes in de darmwand bieden toegang tot het larvenlichaam voor de Bt-sporen en andere bacteriën uit de darmflora. Deze verspreiden zich door het lichaam en veroorzaken een systemische infectie. Als gevolg hiervan sterft het insect uiteindelijk aan een combinatie van infectie en verhongering, meestal binnen enkele uren tot dagen na inname van Bt.

Bt is alleen effectief bij insecten met de juiste combinatie van pH, enzymen en receptoren in hun darmen. Dit maakt de werking zeer specifiek. Volwassen insecten, mensen, zoogdieren, bijen en andere nuttige insecten zijn niet vatbaar voor Bt omdat ze deze combinatie van factoren missen. Sommige Bt-stammen zijn effectief met alleen de kristallen, terwijl andere pas optimaal werken wanneer ook de sporen worden ingenomen. Combinaties van verschillende Cry-eiwitten binnen een Bt-stam kunnen ook een synergetisch effect hebben. De schematische werkingsmechanisme van *Bacillus* is weergegeven in figuur 2.19.



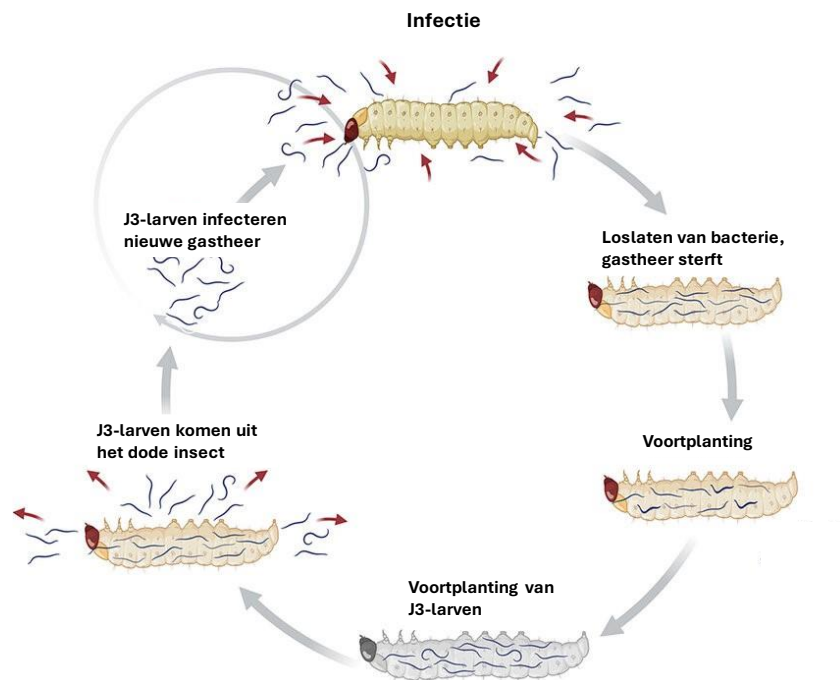
Figuur 2.19 Werkingsmechanisme van *Bacillus* in een rups.

2.3.5 Insectparasitaire aaltjes

Entomopathogene nematoden (aaltjes) worden al tientallen jaren gebruikt voor de biologische bestrijding van plantenplagen. Vanwege hun gemakkelijke isolatie en voortplanting, en hun effectieve werking op de gastheer, zijn soorten uit de families *Steinernematidae* en *Heterorhabditidae* het populairst (Lu et al., 2016, Misiewicz & Dziegielewska, 2018).

Kenmerkend voor deze families is hun nauwe verwantschap met bacteriën van de geslachten *Photorhabdus* en *Xenorhabdus* (Hazir et al., 2017). Dit is een interessante symbiose, aangezien het ene organisme zich niet kan ontwikkelen zonder de aanwezigheid van het andere. De nematoden beschermen de bacteriën tegen schadelijke stoffen in de omgeving en transporteren deze naar de veilige habitat van het insect.

Terwijl de bacteriën zich voortplanten, breken ze het plaagweefsel af, waardoor de vectoren zich kunnen voeden (Helmberger et al. 2017). De vrijlevende ontwikkelingsstadia, de zogenoemde J3-larven, vormen het infectieuze stadium. Deze larven zijn in staat zelfstandig een geschikte gastheer op te sporen en het lichaam binnen te dringen via wonden of natuurlijke openingen. Eenmaal binnen richten ze zich op inwendige structuren zoals de darm of het voortplantingsstelsel. Op de uiteindelijke locatie laten de larven mutualistische bacteriën af vanuit hun keelholte. De bacteriën dringen de hemocoel van het insect binnen, waar ze zich vermenigvuldigen en toxines en antibacteriële stoffen produceren. Ze doden het insect binnen 48-72 uur en beschermen het lichaam tegelijkertijd tegen infectie door andere micro-organismen. Nematoden beginnen hun ontwikkeling door zich te voeden met voedingsstoffen die bacteriën en rottend insectenweefsel leveren. Wanneer het lichaam van de gastheer een tekort aan voedingsstoffen krijgt, transformeren de larven in het J3-invasieve stadium en verlaten vervolgens het insect om een nieuwe gastheer te zoeken. De schematische levenscyclus van de nematoden is weergegeven in figuur 2.20.



Figuur 2.20 Levenscyclus van insectparasitaire aaltjes, Aicha El Ainous et al., 2025.

3 Monitoring en mass-trapping van Turkse mot

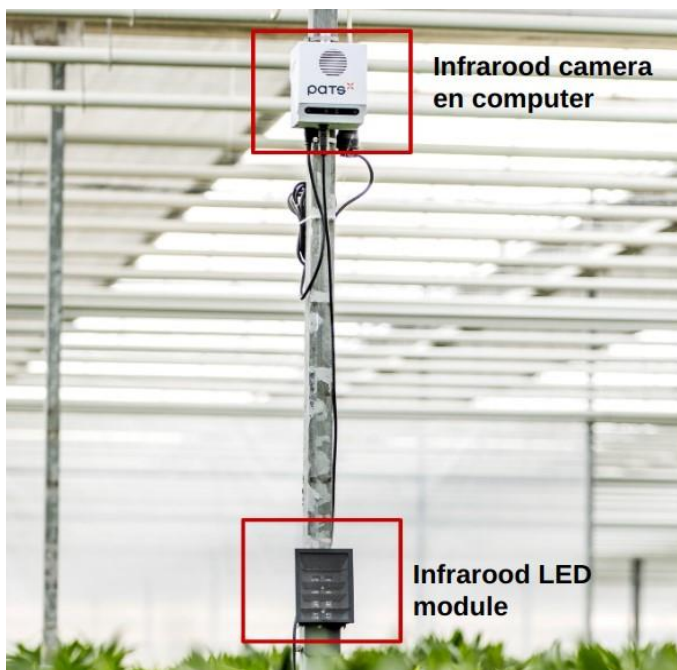
3.1 Optimaliseren monitoring met PATS camera-systemen

3.1.1 Inleiding

Vroegtijdige en accurate signalering van een plaag is cruciaal: hoe eerder een teler weet dat er motten in de kas actief zijn, hoe sneller hij gepaste maatregelen kan nemen (bijv. inzet van natuurlijke vijanden of gerichte bespuiting) om een rupsenuitbraak te voorkomen. Daarnaast zorgt accuraatheid voor een hogere effectiviteit van biologische bestrijders.

PATS systeem

Recente technologische innovaties bieden nieuwe mogelijkheden voor plaagmonitoring. Een voorbeeld is het systeem PATS-C (figuur 3.1), ontwikkeld door PATS. PATS-C is een camera gekoppeld aan een computer die een algoritme aan boord heeft voor het onderscheiden van verschillende soorten motten. De camera maakt gebruik van infraroodlicht, uitgezonden door een LED module. Dit wordt in de kas opgehangen om gedurende de hele nacht rondvliegende insecten te detecteren en identificeren aan de hand van kenmerken als vleugels, slagfrequentie en grootte. Naast het classificeren van verschillende motten kunnen deze ook onderscheiden worden van andere nuttige insecten (zoals bijen of sluipwespen). Het PATS-C dashboard toont de teler dagelijks hoeveel motten er zijn waargenomen en kan alarmeringen geven bij veranderingen in de populatie. Hiermee kunnen we een plaag tot vijf weken eerder opmerken dan via traditionele vallen.



Figuur 3.1 Weergave van een PATS-C camera zoals gebruikt in de proefopstelling. In de witte kast zit een infraroodcamera en een computer. De zwarte LED module die onder de witte kast hangt, verzorgt infrarood licht. Op deze manier monitort het systeem in het donker.

Als onderdeel van dit werkpakket is een monitoring studie uitgevoerd in twee gerberakwekerijen: LG Flowers (Pijnacker) en Oudijk Gerbera (Moerkapelle). Het doel was om meer inzicht te verkrijgen in het vlieggedrag, de leefcyclus en de populatie-opbouw van de Turkse mot in een kassituatie, ter ondersteuning van biologische bestrijding.

Daarbij staan een aantal onderzoeksvragen en hypothesen centraal:

- Verspreiding in de kas: Worden motten aangetrokken tot specifieke plekken in de kas? Bijvoorbeeld meer activiteit aan de zuidkant (warmer door de zon) of aan de windzijde/gevels? Verspreidt de mot zich uiteindelijk homogeen door de hele kas, of blijven er "hotspots" bestaan? Blijven voorkeursplekken hetzelfde gedurende het seizoen?
- Voorkeur voor bepaalde cultivars: Trekken sommige gerberarassen meer motten aan dan andere? (Deze vraag is relevant bij Oudijk, waar meerdere cultivars in één kas staan.)
- Gedrag levensstadia: Zijn de voorkeursplekken van motten (adulten) representatief voor waar ook vraatschade wordt gevonden, of verschuift de plaag in andere stadia?
- Invloed van klimaat: Hoe beïnvloeden omgevingsfactoren het gedrag van de mot? Is er een relatie tussen klimaatgegevens (temperatuur, relatieve vochtigheid, graaddagen) en de gemeten vliegbewegingen? Komt de ontwikkeling van de mot stil te liggen in de winter of blijft er activiteit? Bij welke minimale temperatuur zien we nog activiteit van de mot?
- Populatiedynamiek en bestrijding: Hoe ontwikkelt de populatie zich gedurende het jaar en tussen jaren? Wat is het effect van toegepaste bestrijdingsmaatregelen (biologisch of chemisch) op de populatiecurves?
- Voorspelbaarheid rupsen: Kan op basis van de PATS-C meetgegevens (volwassen mottenactiviteit) worden voorspeld wanneer rupsen (vraatschade) in het gewas zullen optreden? Met een dergelijk voorspellend model zouden telers proactiever kunnen ingrijpen.

Om deze vragen te beantwoorden, zijn PATS-C systemen ingezet voor continue monitoring. In dit rapport worden de opzet van het onderzoek, de belangrijkste resultaten en inzichten per deelonderwerp, en de implicaties voor de praktijk besproken.

3.1.2 Materiaal en methoden

Het onderzoek vond plaats in twee gerbera kassen van LG Flowers en Oudijk Gerbera LG Flowers heeft een gebruikt kasoppervlak van ca. 8.000 m² gebruikte en teelt van één gerbera cultivar, 'Bueno' (figuur 3.2A). Oudijk Gerbera met kasoppervlakte ca. 19.000 m² heeft meerdere gerbera cultivars staan (figuur 3.2B). In elk van de twee afdelingen zijn 11 PATS-C systemen geïnstalleerd: 9 camera-units gelijkmatig verspreid in het gewas, 1 hoog in de nok van de kas, en 1 buiten aan de kasgevel. Deze opstelling maakt het mogelijk om verschillen in de kas en mogelijke invlieg van buiten te monitoren. De PATS-C camera's registreerden van juni 2023 tot en met december 2024 continu alle vliegbewegingen van motten (en andere insecten) boven het gewas, waarbij met AI-algoritmes specifiek de Turkse motten werden herkend. In totaal is er data van anderhalf seizoen verzameld.

Hierbij is in 2024 specifiek gekeken naar het verschijnen van eerste motten in het voorjaar, het aantal en tijdstip van pieken in de plaagdruk, en de invloed van in de praktijk uitgevoerde bestrijdingen (bijv. is er een zichtbaar effect direct na introductie van biologische bestrijding of na een inzet van chemische middelen). Ten derde hebben we de invloed van klimaat en seizoenen bekeken, met nadruk op de winterperiode: we bepaalden de laagste nachttemperatuur waarbij nog motactiviteit is gemeten en onderzochten of de motpopulatie 'stilvalt' of niet in de koudste maanden. Hiervoor zijn de PATS-C data van alle systemen in wintermaanden gecheckt op incidentele detecties bij temperaturen <15 °C. Tot slot is een eerste versie van een voorspellend model opgesteld om rupsensoorten te voorspellen uit de adultenactiviteit. Dit model maakt gebruik van de PATS-C data en neemt aan dat een toename in adultenactiviteit vooraf gaat aan een toename in rupsenactiviteit. Deze voorspellingen zijn vergeleken met de daadwerkelijke eerste waarneming van rupsen of vraatschade door de teler.

Het PATS-C systeem detecteert individuele motten en telt elke detectie als een "event". Het is goed om op te merken dat dit geen absolute aantallen motten vertegenwoordigt (een enkele mot die vaak heen en weer vliegt kan meerdere detecties genereren). Echter, de PATS-C *telling* per tijdseenheid is een goede maat voor de activiteit en populatiegrootte van motten: hoe meer vliegbewegingen, hoe meer motten er doorgaans aanwezig zijn. Het systeem classificeert insecten gebaseerd op een algoritme dat gebruik maakt van de grootte van het insect, slag frequentie en vliegpadd. Ondanks dit algoritme bleken in de praktijk enkele *false positives* op te treden, vooral bij de camera's in de nok en buiten de kas. *False positives* zijn detecties die geen mot zijn, maar wel als mot geïdentificeerd worden. Dit kunnen bijvoorbeeld andere insecten zijn met een vergelijkbare grootte, of iets anders dat in het beeld van de camera beweegt. In de analyse is hiermee rekening gehouden door de afzonderlijke video's handmatig te bekijken, dan is het duidelijk of het een *false positive* is of niet en extreme uitschieters die aantoonbaar vals waren te corrigeren of te negeren.

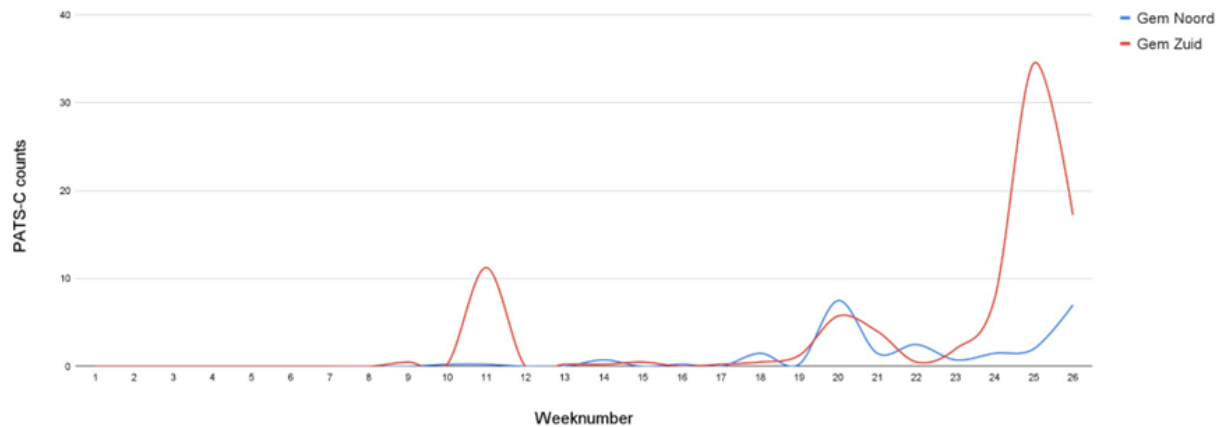
3.1.3 Resultaten

Verspreiding van motten in de kas – hotspots en voorkeuren

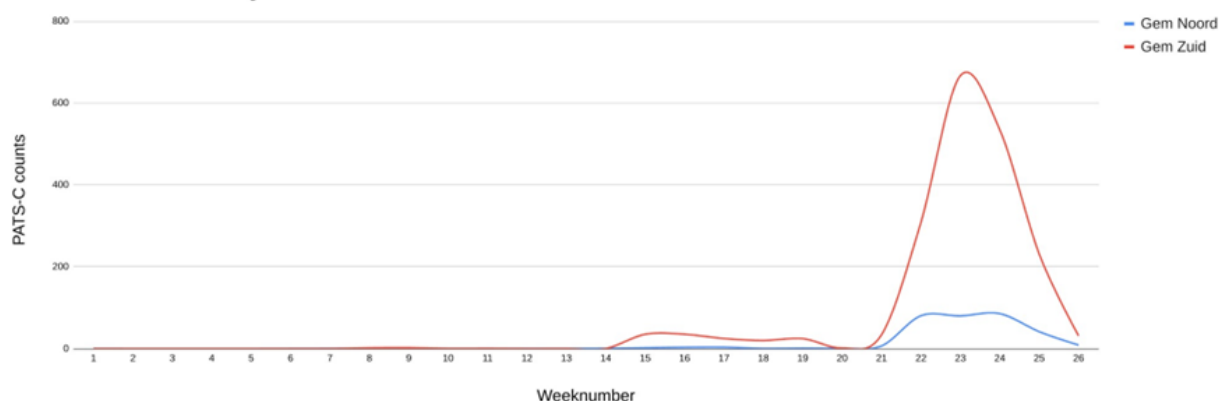
Zuid versus noordkant

In het voorjaar van 2024 hebben we kunnen zien of de plaag zich vanaf de zuidkant ontwikkeld. Bij LG Flowers registreerden de zuidkant-PATS systemen de eerste motten al ruim vier weken eerder dan de systemen aan de noordzijde van de kas (figuur 3.3). Bij Oudijk was het begin van de motactiviteit tegelijkertijd zichtbaar aan zowel de noord- als zuidkant, maar de intensiteit van de vliegbewegingen lag in de zuidkant duidelijk hoger. Deze bevindingen laten zien dat mogelijk de mottenplaag start op warmer/zonniger gelegen plekken. De zuidzijde van een kas krijgt meer zoninstraling, waardoor het microklimaat daar eerder gunstig is voor motontwikkeling (hogere temperaturen vroeg in het seizoen). Onze data wijzen er dus op dat de eerste generaties Turkse mot zich vooral in die zone ontwikkelen, en pas later door de hele kas verspreiden. We vonden geen sterk bewijs voor blijvende verschillen tussen noord en zuid later in het seizoen – naarmate de buitentemperaturen hoger werden en de hele kas warm is, nam de activiteit ook in het noorden toe zodat de populatie zich uiteindelijk verder verspreidde.

PATS-C counts LG Flowers - 2024 - Jan/Jun - Noord vs Zuid



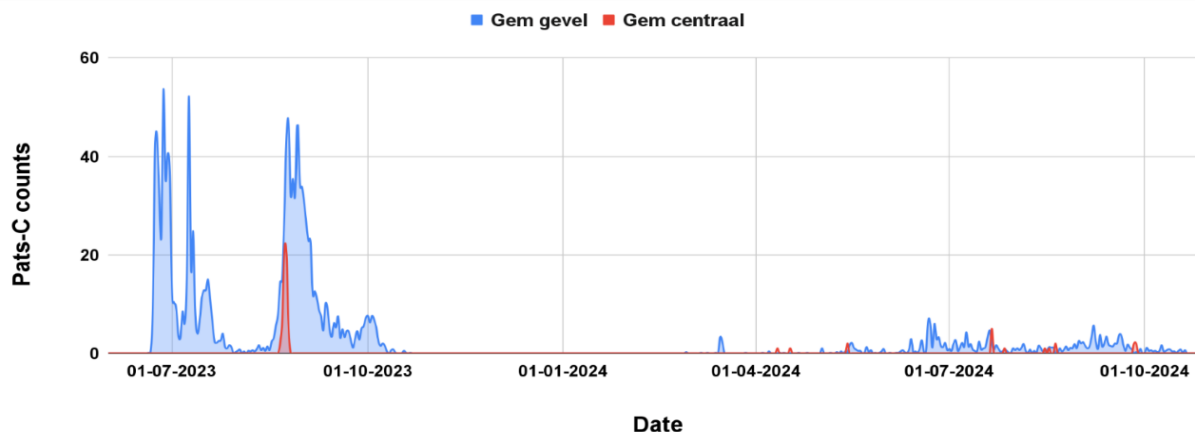
PATS-C counts Oudijk - 2024 - Jan/Jun - Noord vs Zuid



Figuur 3.3 De ontwikkeling van de populatie in het begin van het seizoen 2024, noord ten opzichte van zuid. Op de y-as staan PATS-C tellingen. Boven, PATS-C tellingen bij LG Flowers, de eerste mot activiteit wordt aan de zuidzijde (rood, week 9) van de kas waargenomen, vergeleken met de noordzijde (blauw). Onder, PATS-C tellingen bij Oudijk Gerbera, de plaag is op hetzelfde moment aanwezig in noord (blauw) en zuid (rood), maar in het zuiden zijn de aantal hoger.

Gevels en interne verspreiding

De PATS-C systemen aan de kasgevels (de randen van de afdeling) noteerden over het algemeen meer motactiviteit dan die in het midden van de afdeling (figuur 3.4). Dit duidt erop dat motten zich niet homogeen door de kas verspreiden, zelfs niet wanneer in de hele kas één cultivar staat (zoals bij LG Flowers). Een verklaring hiervoor is dat motten willekeurig vliegen. Het gevolg hiervan is dat ze tegen de gevels botsen en hier niet weg kunnen. Zo detecteren de PATS-C systemen bij de gevels een enkele mot meerdere keren in tegenstelling tot het systeem dat centraal in de kas hangt. Een andere mogelijkheid is dat de hoeken/randen van de kas beschutting of specifieke klimaatcondities (bijv. iets hogere vochtigheid of minder verstoring) bieden waar de motten zich ophouden. Ook zou licht van buiten of van kaslampen bij de gevels een rol kunnen spelen. Dit resultaat betekent in de praktijk dat een teler niet kan aannemen dat een paar vangplaten in het midden van de kas representatief zijn – het is goed om meerdere posities te controleren, met name de randen.

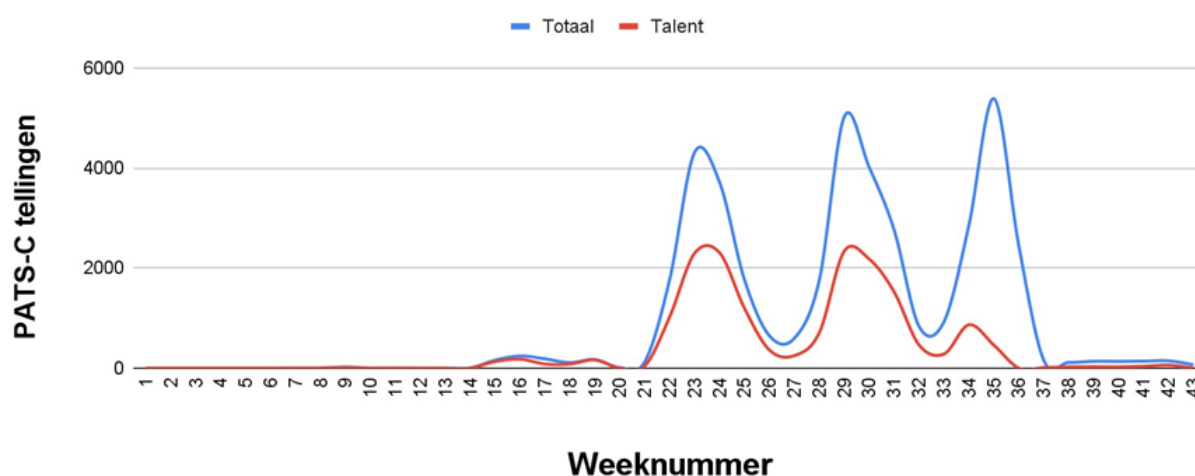


Figuur 3.4 PATS-C tellingen bij LG Flowers juni 2023 tot november 2024 gevel vergeleken met centraal, wekelijks weergegeven. Gemiddelde was de motactiviteit hoger bij gevels (blauw) dan in het midden van de kas (rood).

Cultivarverschillen

In de Oudijk-kas stonden meerdere gerberarassen, waardoor gekeken kon worden of de Turkse mot een voorkeur had voor een bepaald ras. Dat bleek zeer duidelijk het geval voor cultivar 'Talent'. In 2023 werd ongeveer 62% van alle motbewegingen in de kas gemeten boven planten van het ras Talent, terwijl dit ras slechts een deel van het areaal besloeg. In 2024 was Talent nog steeds verantwoordelijk voor ruim 40% van alle PATS-C tellingen. Daarmee was de motactiviteit bij dit ras vele malen hoger dan bij de andere cultivars (geen van de andere individuele rassen kwam boven ~15% aandeel). Figuur 3.5 illustreert dit voor 2024: de blauwe lijn (totale motactiviteit in de hele kas) en rode lijn (alleen activiteit bij cultivar Talent) laten zien dat vrijwel elke piek voor een groot deel uit Talent afkomstig is, vooral in het begin van het seizoen. Later in 2024 neemt de relatieve bijdrage van Talent iets af door verspreiding van de plaag, maar het blijft een hotspot.

Oudijk - Totaal vs Talent - 2024



Figuur 3.5 Motactiviteit bij Oudijk in 2024 – totaal (blauw) vs. alleen in cultivar 'Talent' (rood). Op de y-as de PATS-C tellingen voor de gehele kas (blauw, max. 6000) en specifiek bij Talent (rood, max. 2500). We zien dat de eerste piek (rond week 23-24) vrijwel geheel uit Talent afkomstig is (rode en blauwe lijn liggen dicht bij elkaar), terwijl bij latere pieken ook andere cultivars bijdragen (blauwe lijn ligt hoger dan de rode).

Deze bevinding, steeds hoge motdruk bij hetzelfde ras, suggereert dat er rasverschillen zijn in aantrekkelijkheid voor de Turkse mot. Mogelijke verklaringen zijn verschillen in plantengeur, waardoor motten een bepaalde cultivar eerder vinden of prefereren om eitjes op te leggen. Dichtheid van het gewas, bij een dicht gewas penetreren bestrijdingsmiddelen minder diep door. Microklimaat waarin het gewas staat, zoals al eerder genoemd lijkt de plaag zich eerst in het zuiden te ontwikkelen, 'Talent' bevond zich in het zuiden van de kas. Dit fenomeen verdient nader onderzoek, maar is praktisch gezien belangrijk: telers met gevoelige rassen moeten extra alert zijn op deze rassen.

Overige potentiële voorkeursfactoren zoals tocht/wind in de kas zijn lastig kwantitatief te maken in deze opzet. Er was een vermoeden dat de windkant (zijde waar de wind op de kas staat) wellicht meer invlieg van motten zou hebben. Tijdens dit onderzoek is er geen specifieke windrichting geweest. Beide kassen ervaarden wind uit verschillende richtingen. Op basis hiervan en de resultaten van de gevel- en zuidzijde lijkt temperatuur/licht een belangrijkere factor dan windrichting voor de eerste plaagontwikkeling.

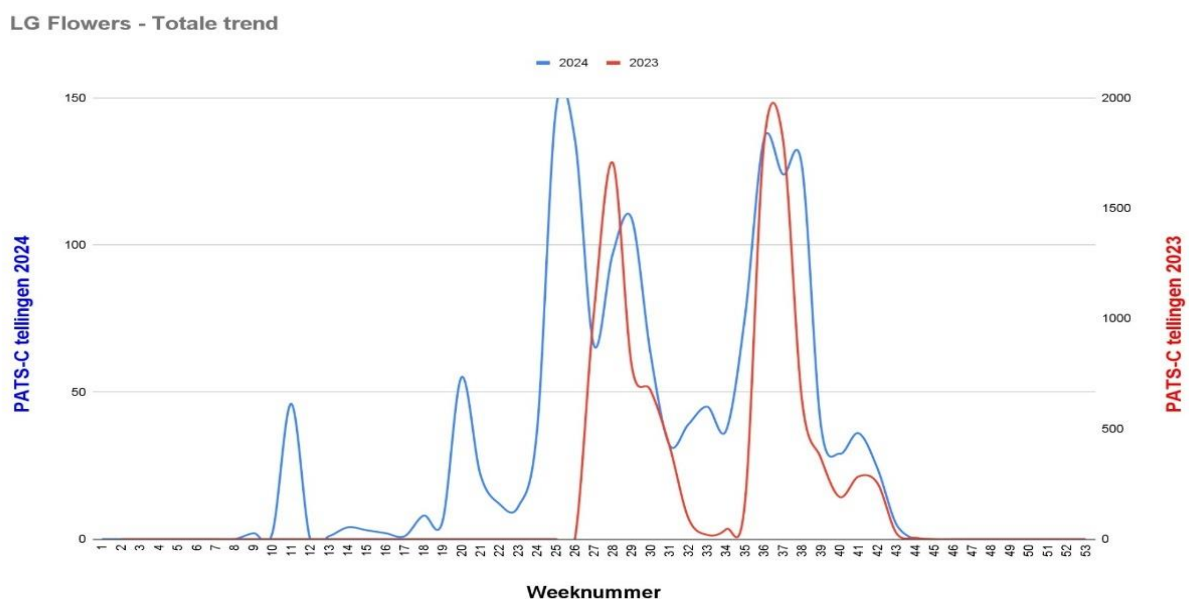
Populatieontwikkeling in 2023 en 2024

Algemene trend

De Turkse mot blijkt in de kas meerdere generaties per jaar te kunnen doorlopen, met duidelijke piekmomenten in de zomer en nazomer. In beide onderzochte jaren zagen we een eerste significante stijging in motactiviteit rond eind juni (week 26-27), gevolgd door één of meerdere pieken in juli-september. Vervolgens nam de activiteit af richting de winter, zonder echter helemaal op nul te komen (zie volgende sectie over winteractiviteit).

Vergelijking tussen jaren – LG Flowers

In 2023 zijn we pas in het begin van juni begonnen met monitoren. We kunnen de jaren dus voor de periode juni - december met elkaar vergelijken. Bij LG Flowers was de maximale plaagdruk in 2024 aanzienlijk lager dan in 2023. PATS-C registreerde in 2024 ruim een orde van grootte minder motbewegingen; de maximale weektelling bedroeg ~150 in 2024 tegenover ~2000 in 2023. Opvallend genoeg traden de piekmomenten desondanks op vergelijkbare tijdstippen: zowel in 2023 als 2024 waren er pieken rond week 28/29 (juli) en week 36/37 (begin september). Figuur 3.6 toont de trend voor LG Flowers. We zien dat in 2023 (rode lijn) een enorme piek optrad in juli, terwijl de blauwe lijn (2024) in die periode slechts een heel kleine stijging laat zien. Wel is in beide jaren rond week 36 een piekje zichtbaar. De consistentie in timing suggereert dat de populatie door omgevingsfactoren (zoals temperatuur of daglengte) ieder jaar rond dezelfde periode piekt, maar dat de omvang van de populatie sterk afhankelijk is van interventies en startomstandigheden.

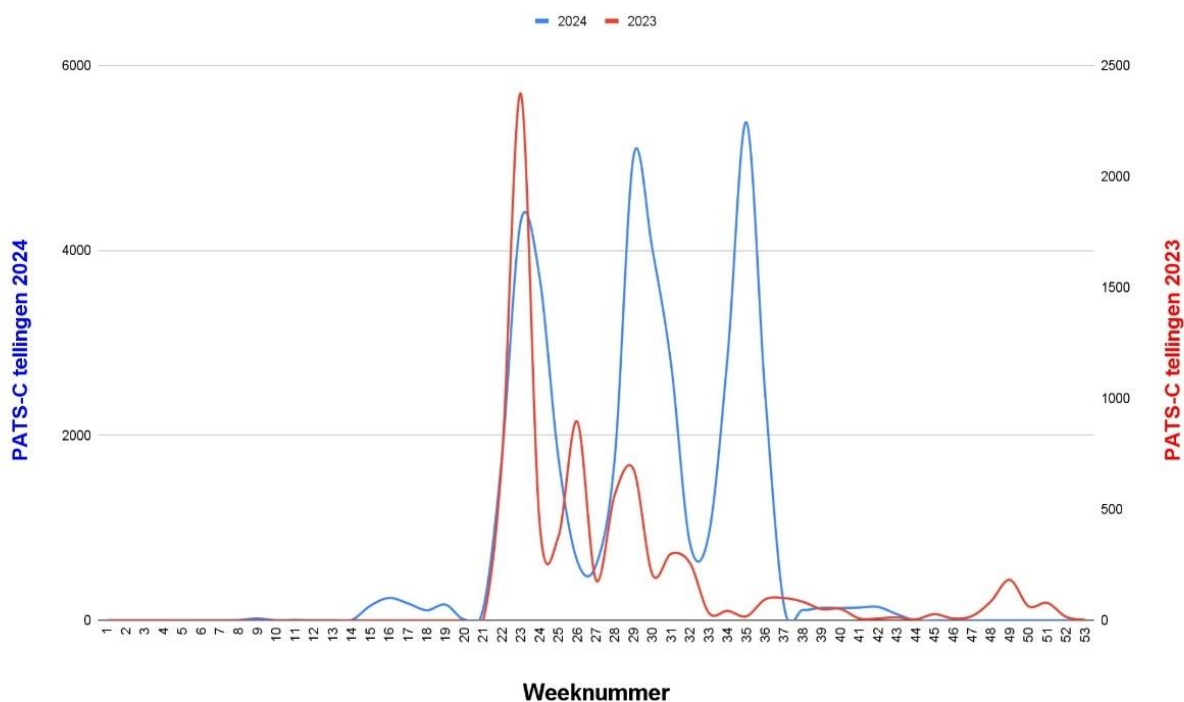


Figuur 3.6 Vergelijking van Turkse mot activiteit bij LG Flowers in 2023 (rood) en 2024 (blauw), gemeten met PATS-C. De linker y-as (blauw) is het aantal tellingen in 2024 (max. 150); de rechter y-as (rood) voor 2023 (max. 2000). Duidelijk is dat 2024 veel minder motactiviteit kende dan 2023. Beide jaren vertonen wel pieken rond week 28-29 en week 36-37.

Vergelijking tussen jaren – Oudijk

Ook bij Oudijk zijn we pas in juni begonnen met monitoren, het begin van het seizoen kan dus niet vergeleken worden. Hier was het beeld omgekeerd ten opzichte van LG Flowers: de plaagdruk in 2024 was hoger dan in 2023. Over heel 2024 werden bijna drie keer zoveel PATS-C tellingen genoteerd als in 2023; de hoogste wekelijkse waarde lag rond de 6000 in 2024, tegen ~2500 in 2023. Bovendien verschilde het patroon: in 2023 zakte de plaagdruk na de piek eind juni/begin juli, terwijl in 2024 de druk verspreid was over drie piekmomenten (een in juni, een in augustus, en een in september). Figuur 3.7 laat dit verschil zien. In 2023 (rode lijn) was er een forse piek rond week 25-27 die daarna, mede door bestrijding, afvlakte. In 2024 (blauw) zien we meerdere toppen: de populatie nam na een eerste piek opnieuw toe, later in het seizoen.

Oudijk - Totale trend



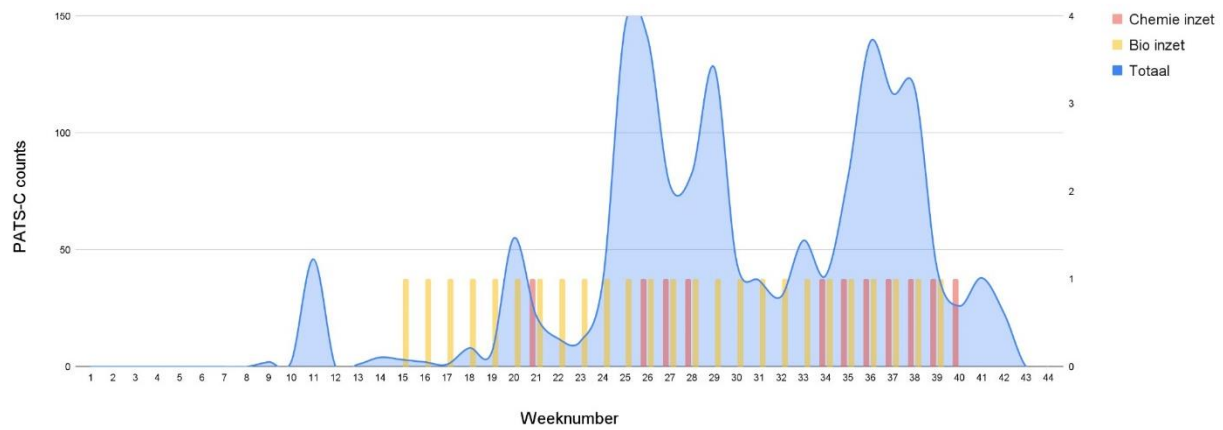
Figuur 3.7 Vergelijking van Turkse mot activiteit bij Oudijk in 2023 (rood) en 2024 (blauw). Linker y-as voor 2024 (blauw, tot 6000), rechter y-as voor 2023 (rood, tot 2500). In 2023 concentreerde de plaag zich vooral in juni-juli, terwijl in 2024 meerdere opflakkeringen zichtbaar zijn (medio juni, eind augustus, eind september).

Gewasbescherming – 2024

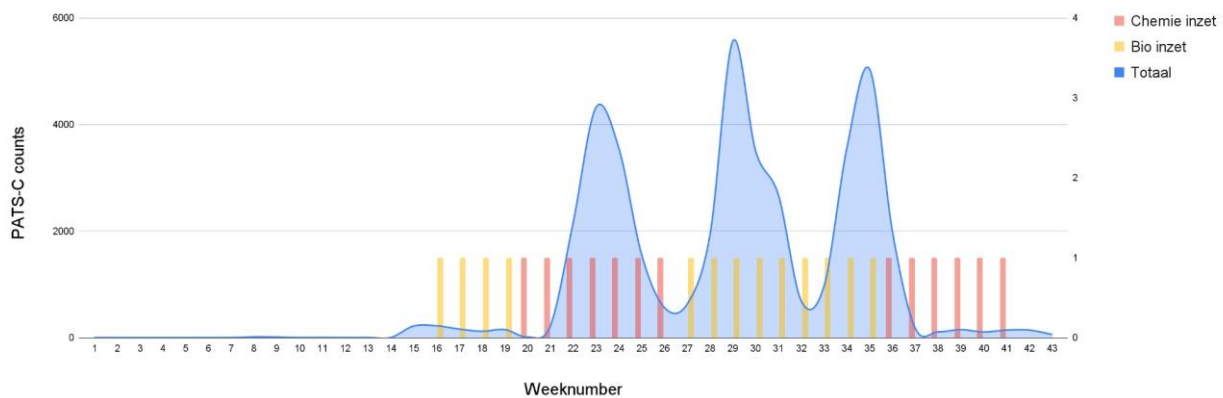
De populatie in LG Flowers en Oudijk Gerbera heeft zich in 2024 verschillend ontwikkeld. In LG Flowers bleef het maximum per week onder de 150, terwijl dit bij Oudijk Gerbera rond de 6000 lag. Bij LG Flowers is er vanaf week 15 constant een biologisch middel gebruikt en af en toe extra chemie ingezet (figuur 3.8 boven). Bij Oudijk Gerbera is bio en chemie afgewisseld (figuur 3.8 onder). Bij Oudijk is al eerder in het seizoen en meer weken achter elkaar chemie gebruikt, week 20 voor 7 weken Oudijk Gerbera en week 21 voor 1 week LG Flowers. Ondanks het gebruik van meer chemie is de motten populatie in Oudijk Gerbera groter dan bij LG Flowers. Ondanks dat het bij Oudijk een week eerder in het jaar was, was op dit moment de ontwikkeling van de motten populatie al verder dan bij LG Flowers een week later. Het is dus belangrijk om op het goede moment in de plaag ontwikkeling, wanneer de populatie nog zo laag mogelijk is. Dan is het mogelijk om met weinig correctie spuitingen het hele seizoen een lage populatie te houden.

Dit benadrukt het belang van een goed inzicht in de plaagontwikkeling. Op deze manier kunnen middelen die op specifieke momenten ingezet moeten worden, zoals een BT middel, optimaal werken.

PATS-C counts LG Flowers - 2024 - Jan/Okt - Gewasbescherming



PATS-C counts Oudijk - 2024 - Jan/Okt - Gewasbescherming



Figuur 3.8 PATS-C tellingen vergeleken met gewasbescherming. Bovenste, LG Flowers, chemie en bio inzet zijn samen gebruikt, de populatie is goed onder controle geweest. Onderste, Oudijk, chemie en bio inzet zijn afwisselend gebruikt, de populatie heeft grote aantallen aangenomen.

Winter en doorloop populatie

Zowel bij LG Flowers als Oudijk werd in de herfst van 2023 een sterke afname van motten gezien na oktober. Toch daalde de activiteit in geen van beide kassen helemaal naar nul gedurende de winter. Dit onderwerp bespreken we in de volgende sectie over klimaat in detail.

Invloed van klimaat en seizoen (winteractiviteit)

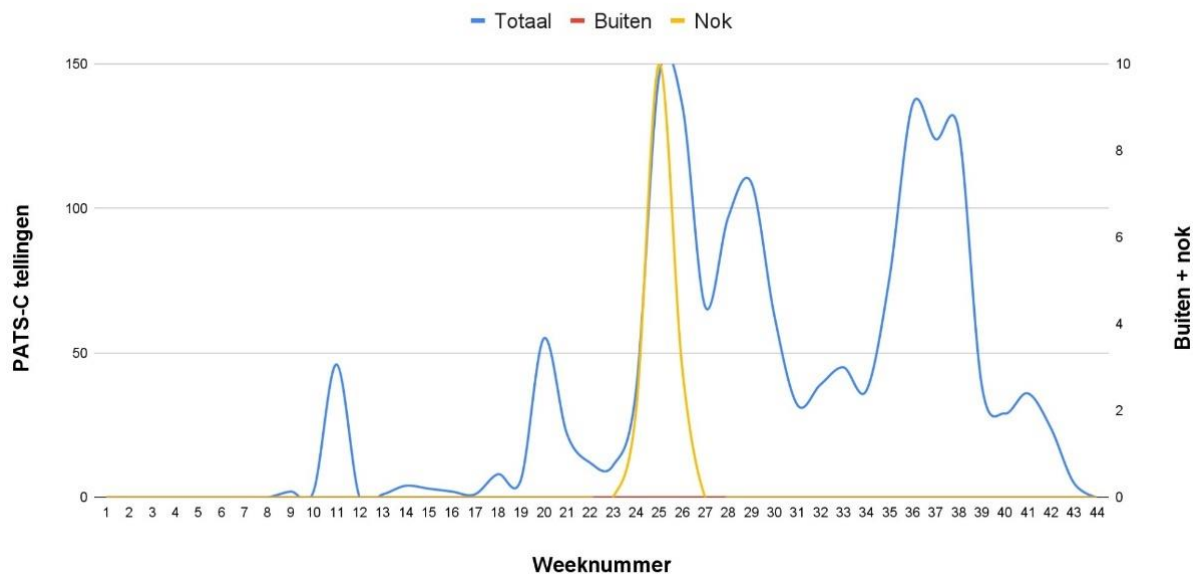
Een belangrijke vraag was of de Turkse mot in de Nederlandse kasomstandigheden een winterrust kent of dat er continu (zij het laag) ontwikkeling plaatsvindt. Onze waarnemingen wijzen op het laatste: in de wintermaanden werd af en toe nog steeds motactiviteit gedetecteerd in alle onderzochte kassen. Wel ging het om zeer geringe aantallen (sporadisch 1 tot enkele tellingen per week). De laagste gemeten gemiddelde nachttemperatuur waarbij nog een mot werd waargenomen was 14,15 °C. Onder de ~15 °C trad bijna geen activiteit meer op. Dit betekent dat de populatie Turkse mot in een verwarmde kas (waar 's winters meestal minimaal rond 15 °C wordt gehanteerd) nooit volledig uitsterft, maar op een laag pitje doorgaat. Het gaat hier niet om een diapauze, maar om een langzaam ontwikkelen van de populatie. Onze data suggereren dat als de kas nooit onder ~14 °C komt, een klein deel continu doorleeft.

Verder was er interesse of temperatuurschommelingen op kortere termijn direct effect hadden op vliegactiviteit. Uit een analyse van warme periodes bleek echter dat een hogere temperatuur niet automatisch leidt tot meer motbeweging op dát moment. Motten zijn vooral nachtactief, en hun ontwikkeling hangt af van cumulatieve warmte (graaddagen) eerder dan directe temperatuurpieken. Daarom is het logisch dat bijvoorbeeld een hete dag in de zomer niet direct een piek in vluchten geeft als de populatie er niet is – de populatieopbouw is een proces over weken. Wel is voldoende warmte een randvoorwaarde; de winterdata laten zien dat onder ca. 14 °C vrijwel geen voortplanting/activiteit meer plaatsvindt.

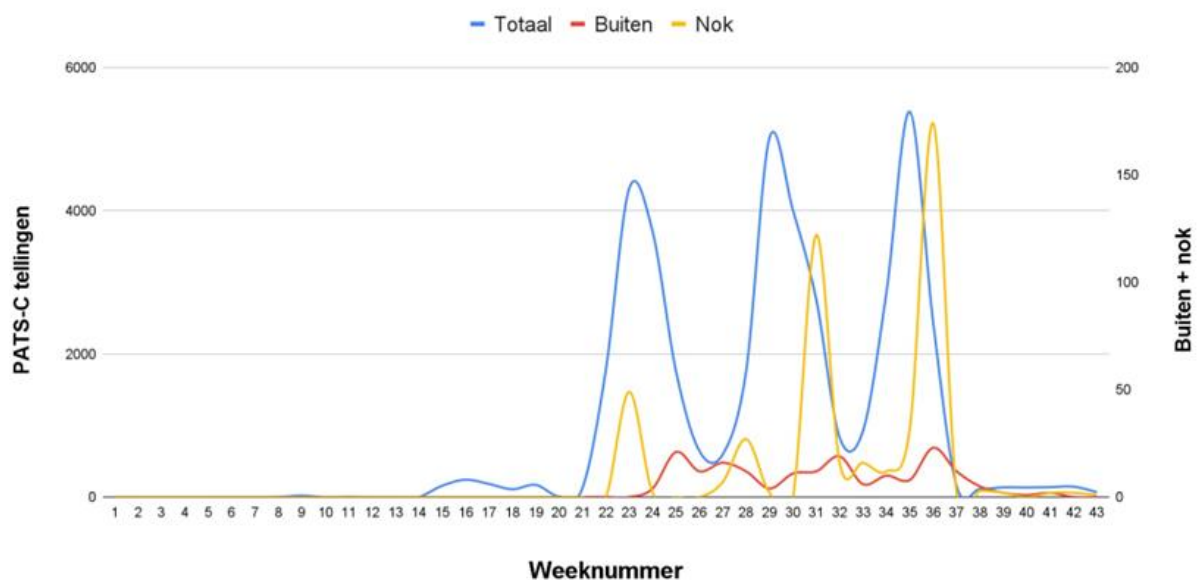
Invlieg van buitenaf

Ten slotte is gekeken in hoeverre de mottenplaag in het voorjaar veroorzaakt wordt door invliegende motten van buiten (bijvoorbeeld overwinterd in de natuur of uit nabije kassen), of dat de populatie intern in de kas start. De PATS-C systemen in de nok van de kas en buiten aan de gevel leveren hier inzicht in. In onze resultaten zagen we in het begin van het seizoen géén enkele motactiviteit in de nok of buiten (figuur 3.9). Pas later in de zomer werden af en toe motten hoog in de nok gedetecteerd, wat erop wijst dat tegen die tijd de populatie zich van binnenuit had uitgebreid. Het buitensysteem heeft in 2024 helaas technische problemen ondervonden, waardoor de data onbetrouwbare was. Daardoor konden we invlieg direct van buiten niet kwantificeren. Echter, het feit dat de eerste vluchtpiek wel door de gewas-camera's werd geregistreerd en niet door de nokcamera, ondersteunt de stelling dat de plaag in de kas begint (interne overwintering) en niet door van buiten komende motten. Eventuele latere instroom van motten van buiten (bij geopende luchtramen in de zomer) is niet uitgesloten, maar tegen die tijd is er al een gevestigde populatie aanwezig in de kas.

LG Flowers - Invlieg - 2024



Oudijk - Invlieg - 2024



Figuur 3.9 Motactiviteit in de kas vergeleken met in de nok en buiten de kas, ter indicatie van invlieg van buitenaf. Bovenste grafiek is LG Flowers 2024, onderste Oudijk 2024. Voor beide kassen geldt dat er al activiteit in de kas was voordat de buiten en nok systemen activiteit hebben waargenomen. (NB: De nok- en buitenunits gaven veel false positives, doordat er elementen in beeld waren die voor insecten aangezien werden. Dit maakt kwantificering lastig. In de praktijk kun je de invlieg beter afleiden uit bijvoorbeeld motten in buitenvallen.)

Voorspelling van rupsen op basis van PATS-C data

Een centraal doel was te onderzoeken of de PATS-C motdata voorspellende waarde hebben voor het moment waarop rupsen druk toeneemt. Uiteindelijk willen telers namelijk rupsen en de daarmee gepaarde vraatschade voorkomen; de motten zelf richten geen directe schade aan, maar hun aanwezigheid gaat vooraf aan rupsschade. We hebben daarom eerst een eenvoudig model opgesteld en getest: wanneer een duidelijke piek in motvluchten optreedt, voorspellen we dat 10 tot 14 dagen later de eerste rupsen zullen worden gevonden. Dit is gebaseerd op de tijd die de adulten nodig hebben om te paren en de eerste eitjes af te zetten en de tijd die de larven nodig hebben om uit te komen.

We hebben dit model los van deze studie al bij een aantal kwekers geverifieerd en zagen dat telers binnen een marge van een paar dagen de eerste rupsen vonden als wij ze voorspelden. Dit is veelbelovend: het geeft aan dat de PATS-C data niet alleen nuttig zijn om de aanwezigheid van motten te signaleren, maar ook om een indicatie te geven *wanneer* er rupsenproblemen gaan ontstaan.

Uiteraard is dit voorspellend model nog basaal. In de praktijk zou men het kunnen verfijnen met temperatuur (ontwikkelingstijd is temperatuurafhankelijk) en wellicht met drempelwaarden (aantal motten nodig voor x rupsen). Ook moet gevalideerd worden of het model breed toepasbaar is. Toch concluderen we nu al dat de volwassen motactiviteit gemeten met PATS-C voldoende informatie bevat om naderende rupsenplagen te voorspellen. Dit stelt telers in staat om eerder en gericht in te grijpen. In plaats van te wachten tot vraatschade zichtbaar wordt (laatste stadium), kan men nu al bij het zien van een mottenpiek anticiperen met bijvoorbeeld een preventieve bespuiting of extra biologische bestrijders, zodat de rupsenpopulatie meteen na uitkomst onderdrukt wordt.

Dit kan een hoop gewasschade en uitval schelen, en zorgt dat de plaag niet uit de hand loopt.

3.1.4 Conclusies en discussie

De resultaten van deze monitoringsstudie bevestigen een aantal verwachtingen, leveren nieuwe inzichten op en hebben implicaties voor de praktijk van geïntegreerde gewasbescherming.

Hotspots en verspreiding

We hebben gezien dat Turkse motten niet willekeurig door de kas voorkomen, maar zich concentreren op bepaalde plekken. Dit gold in het bijzonder voor de zuidkant van de kas in het vroege seizoen en voor specifieke cultivar-vakken (bij Oudijk). Dit bevestigt de aanname dat microklimaat en gewasfactoren de plaagontwikkeling sterk sturen. Voor telers betekent dit dat ze alert moeten zijn op deze hotspots: extra monitoring en eventueel gerichte behandelingen aan de kaszuidzijde en bij verdachte rassen kunnen lonen. Interessant is dat de voorkeursplekken (zoals Talent bij Oudijk) consistent aantrekkelijk blijken, ook als de populatie groeit. Dit geeft aan dat er iets intrinsiek aan die plek/groep planten is dat motten aantrekt, wat uitnodigt tot verder onderzoek. Mogelijk spelen feromonen of plantenstoffen een rol. Vanuit het oogpunt van resistentieveredeling in gerbera zou men kunnen kijken wat 'Talent' onderscheidt van andere rassen, om eventueel minder vatbare rassen te ontwikkelen.

Invlieg vs interne bron

Een belangrijk discussiepunt was of de mot elke teeltcyclus van buitenaf opnieuw moet invliegen of binnen de kas kan overleven. Onze bevinding dat in de winter wat activiteit blijft en dat de eerste piek niet van buiten komt, suggereert een interne bron. Dit betekent dat bestrijding gericht moet zijn op uitroeien aan het eind van het seizoen, bijvoorbeeld door een lege periode of schoonmaak, wil men niet elk jaar een basispopulatie behouden. In praktijk is een kas vaak jaarrond in productie, dus volledig schoon krijg je het niet. Daarom is voortdurende monitoring ook zinvol, zelfs in de winter, zodat je eventuele opleving meteen ziet.

Effect van klimaat

Hoewel extreme temperaturen direct weinig effect leken te hebben, is de Turkse mot een koudbloedig dier, en dus voor de ontwikkeling van het individu wel afhankelijk van de temperatuur. Kasomstandigheden in Nederland zijn mild genoeg dat het insect in de winter niet uitsterft, al is onder ~15 °C de ontwikkeling erg traag. Dit betekent dat in zachte winters of warme kassen de pest het hele jaar door aandacht vraagt. Telers doen er goed aan om ok in januari-februari de PATS-C data in de gaten te houden, hoe gering ook, om niet voor verrassingen te staan bij vroege uitbraken.

PATS-C als tool voor IPM

Deze studie toont de toegevoegde waarde aan van automatische cameramonitoring. In tegenstelling tot traditionele vallen, die wekelijks handmatig gecontroleerd moeten worden, levert PATS-C dagelijks inzicht zonder arbeidsintensieve scouting. Het systeem onderscheidt bovendien nuttige insecten van plagen, waardoor men bijvoorbeeld sluipwespen probleemloos kan inzetten zonder dat het monitoringsysteem vals alarm slaat (iets dat bij oude UV-lampen of plakvallen niet het geval is). Wel vergt de interpretatie van PATS-C data enige ervaring: het gaat om “aantallen bewegingen” die niet 1-op-1 gelijk zijn aan het aantal motten. In de praktijk bleek het echter goed te correleren met de bevindingen van de vraatschade en het daadwerkelijke rupsenverloop, zodat we mogen concluderen dat PATS-C een betrouwbaar beeld geeft van de plaagtrend. Enkele aandachtspunten zijn er nog: zo dienen false positives verder teruggedrongen te worden via verbeterde AI-filters, vooral voor buiten/nok systemen. Maar dit staat de hoofdlijn niet in de weg.

Voorspellend model en vervolg

Een bijzonder resultaat is dat we een begin hebben kunnen maken met voorspellen van rupsenmomenten. Dit is een volgende stap bovenop monitoring. Telers en adviseurs kunnen hiermee een soort “early warning systeem” implementeren: bij een gemelde mottenpiek geeft het systeem een seintje “verwacht over ~2 weken rupsen”. In onze proef klopt dit verrassend goed. Uiteraard is verdere calibratie nodig (ook bij lagere populaties, of juist extreme aantallen). Daarnaast zouden dergelijke modellen ideaal gecombineerd worden met weers- en klimaatgegevens: bijvoorbeeld graaddagen tellen na een mottenpiek om de rupsuitkomst preciezer te voorspellen. Dit sluit aan bij de trend van datagedreven teelt.

Conclusie

Monitoring van Turkse mot met het PATS-C camerasysteem in gerberakwekerijen heeft inzicht gegeven in de plaagdynamiek en gedrag van deze belangrijke kasplaa. We hebben geleerd dat de plaag in het voorjaar binnenin de kas begint, vaak in warmere, zuidelijke regionen en bij bepaalde aantrekkelijke cultivars. De mottenpopulatie bouwt zich van binnenuit op. Er is geen volledige winterstop: een residuale populatie overleeft de koude periode bij kasverwarming ≥ 14 °C, klaar om bij stijgende temperaturen weer op te leven. Jaarlijkse piekmomenten in motvluchten bleken vergelijkbaar getimed, wat betekent dat telers zich elk seizoen rond dezelfde periodes op mottenoverlast kunnen voorbereiden. Ondanks dat het rond dezelfde periode is, is het nog steeds van belang om het precieze moment te timen. Een vroege waarschuwing leidt tot de mogelijkheid om proactief te handelen.

Die vroege waarschuwingen kunnen dankzij PATS-C nu ook inderdaad gegeven worden. Het camerasysteem detecteert motten al in een vroeg stadium, tot weken eerder dan traditionele methoden, en deelt deze informatie dagelijks via een dashboard. In dit project hebben we gezien dat de PATS-C data niet alleen de aanwezigheid van motten tijdig signaleren, maar ook gebruikt kunnen worden om te voorspellen wanneer rupsen tevoorschijn zullen komen, kennis die telers direct kunnen gebruiken om schade te voorkomen, bijvoorbeeld door de gerichte inzet van Bt-middelen, waarbij timing essentieel is voor de effectiviteit. De opgedane inzichten in voorkeurplekken (bijv. cultivar ‘Talent’) en klimaatfactoren (motten blijven actief bij milde winters) helpen bovendien om gericht maatregelen te nemen (extra monitoring of bestrijding op hotspots, temperatuurmanagement, etc.).

Samenvattend kunnen we stellen dat PATS-C een effectief hulpmiddel is gebleken voor het monitoren van Turkse mot in kassen en dat het geïntegreerd in de teeltpraktijk van grote waarde kan zijn voor besluitvorming in IPM (Integrated Pest Management). Telers, onderzoekers en adviseurs beschikken met dergelijke systemen over veel nauwkeurigere en real-time informatie over plaagpopulaties, wat zich vertaalt in snellere en duurzamere beheersing van plagen. De strijd tegen de Turkse mot rups kan hiermee preventiever en gericht worden gevoerd, wat uiteindelijk leidt tot minder schade en minder inzet van correctieve (chemische) middelen. De komende tijd zal verdere optimalisatie plaatsvinden, maar de eerste ervaringen – zoals beschreven in dit rapport – stemmen zeer positief voor de toekomst van hightech biologische plaagbestrijding.

3.2 Nieuwe methoden voor mass-trapping van Turkse mot adulten

Mass-trapping is een milieuvriendelijke methode waarbij grote aantallen plaaginsecten worden gevangen met behulp van lokstoffen zoals feromonen of voedselgeuren. Door het plaatsen van meerdere vallen worden de populaties aanzienlijk verminderd en wordt economische schade voorkomen.

Het is bijzonder effectief tegen soorten die gevoelig zijn voor feromonen en zich slechts beperkt verspreiden. Veelvoorkomende toepassingen zijn onder andere de rode palmkever, fruitvliegen en de tomatenmineermot. Mass-trapping is een soortspecifieke methode met lage milieu-impact die goed te combineren is met andere IPM-strategieën, maar het is arbeidsintensief en minder effectief bij plagen met een snelle voortplanting of risico op herbesmetting.

Een andere methode waarbij feromonen worden gebruikt, is paringsverstoring. Hierbij worden synthetische seksferomonen in een gewas losgelaten om de mannetjes van een plaagsoort te verwarren of te overweldigen, waardoor ze geen vrouwtjes meer kunnen vinden. Dit resulteert in minder paring, een dalende eiproductie en een krimpende populatie.

Op het moment dat dit rapport wordt geschreven, loopt er een grootschalige praktijkproef (in de gerbera- en paprikateelt) met feromonen voor de Turkse mot van twee fabrikanten: SEDQ uit Spanje en Hortipro uit Nederland. Het feromoon van SEDQ is gebaseerd op paringsverstoring, terwijl dat van Hortipro gebaseerd is op mass-trapping. Deze pilots worden begeleid door Glastuinbouw Nederland en Wouter Mooij van mooijgewasbescherming.

4 Inventarisatie en vestiging van sluipwespen van Turkse mot

4.1 Inleiding

Binnen dit project zochten we naar sluipwespen die de grote larven van de Turkse mot parasiteren om ook dit stadium biologisch te kunnen bestrijden. Dit deden we door de sluipwespen in de kasomgeving te inventariseren. De volgende stap was het vinden van een geschikte gastheer voor de geselecteerde sluipwesp. Eerst hebben we de literatuur gescreend. Ondertussen werden bestrijdingsproeven uitgevoerd met de sluipwespen die op de larven van de Turkse mot waren gekweekt. Uiteindelijk werd een alternatieve rups geselecteerd voor de kweek en werd de kweekmethodiek ontwikkeld. De in dit project geselecteerde en geteste sluipwesp wordt momenteel al op de markt gebracht. De kweekmethodiek is te vinden in bijlage 2.

4.2 Inventarisatie in het veld

Jonge paprikaplanten werden op de onderstaande 6 locaties in de glastuinbouwgebieden geplaatst:

1. Locatie WUR Bleiswijk, braakliggend terrein met diverse vegetatie
2. Stolk, Berkel en Rodenrijs, veld met aangelegde biodiversiteit (nabij natuur Rotte)
3. Ovata Bleiswijk, veld met aangelegde biodiversiteit
4. Themato, Berkel en Rodenrijs, veld met aangelegde biodiversiteit
5. Duijvestijn, Pijnacker, veld met aangelegde biodiversiteit
6. Diamond Flowers, Zuilichem, houtig struweel naast de kas

De planten werden op de locaties geplaatst en de eieren werden over de planten verspreid. De eieren werden eerst afgezet op het filterpapier in de kweek. Vervolgens zijn ze uitgeknipt en op verschillende bladeren geplaatst met een paperclip. De planten werden per twee op elke locatie uitgezet. Een plant was geplaatst in een koker van plexiglas bedekt van boven met een vogelgaas maaswijdte 12 mm (figuur 4.1). De andere plant was geplaatst in een vierkante kooi met houten frame en tripsgaas aan 3 kanten. De voorkant was gemaakt van dezelfde vogelgaas (figuur 4.2). Na 2- 3 weken werden de planten weer verwijderd en alle rupsen verzameld om door te kweken op artificieel medium in het lab. Rupsen die geparasiteerd waren, werden doorgekweekt tot het volwassen stadium van de sluipwespen (figuur 4.3 en 4.4) en morfologisch en moleculair geïdentificeerd. Vervolgens zijn de sluipwespen verder doorgekweekt om gebruikt te worden in de testen. Deze ronde met 12 planten werd 3 keer herhaald: in juli, augustus en september.



Figuur 4.1 Paprikaplanten in kokers van Plexiglas.



Figuur 4.2 Paprikaplanten in houten kooien.



Figuur 4.3 Doorkweken van de sluipwespen.



Figuur 4.4 Geparasiteerde rupsen. Links 1, 2, 3. *Microplitis* sp. Rechts 4. *Euplectrus* sp.

4.3 Resultaten

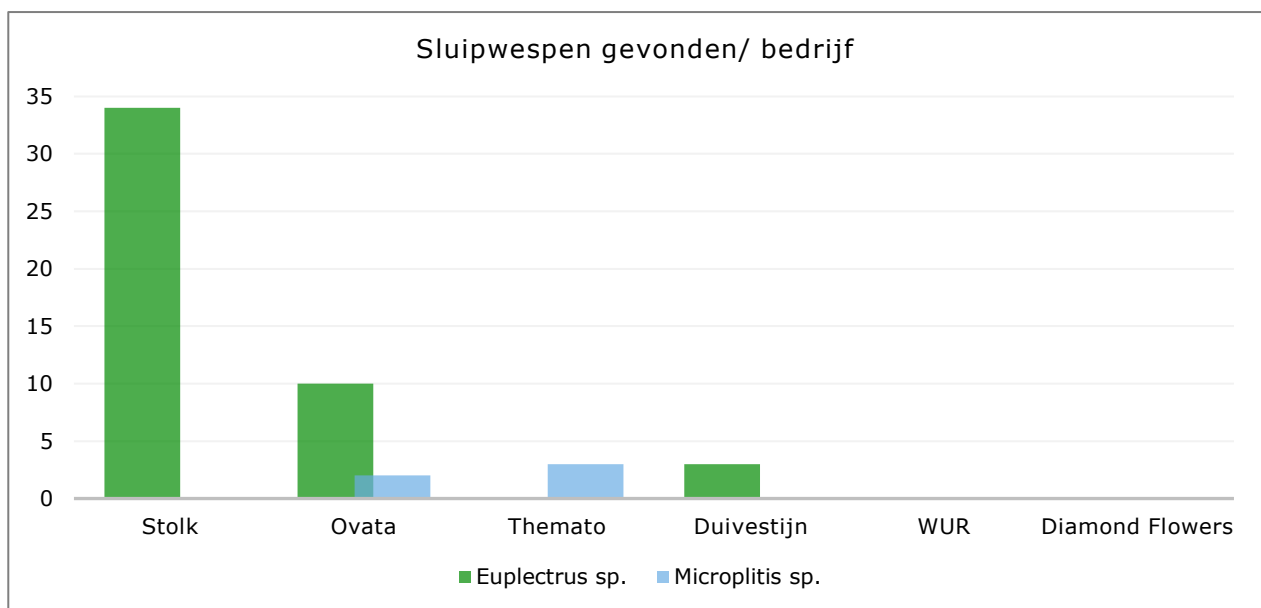
Op vier van de zes locaties hebben we geparasiteerde rupsen gevonden. In totaal zijn er 52 sluipwespen uitgekweekt die tot 2 families behoren: Eulophidae en Braconidae (figuur 4.5). De sluipwesp van de familie Braconidae is *Microplitis* sp. (figuur 4.6). *Microplitis spinolae* wordt al enkele jaren spontaan waargenomen in Nederlandse kassen met paprika en aubergine (Grosman en Bloemhard 2013). Deze sluipwesp is zeer generalistisch en vormt twee verschillende typen cocons, wat mogelijk wijst op een overwinteringsstrategie. Dit zou gunstig kunnen zijn voor massaproductie.

Vervolgonderzoek zou zich moeten richten op het stimuleren van het spontane voorkomen van *Microplitis spinolae* in het veld. Daarnaast is het belangrijk te achterhalen of de overwinteringsvorm een rol kan spelen bij massaproductie en welke alternatieve gastheren hiervoor geschikt zijn.

De sluipwesp *Euplectrus phthorimaeae* (figuur 4.6), behorend tot de familie Eulophidae, parasiteert de rupsen van de Turkse mot. Vrouwjes leggen hun eitjes op rupsen in de stadia L3 tot L5, waarna de rupsen direct of enkele dagen na parasitering stoppen met eten (Woelke, 2019, Woelke et al., 2025).

De ontwikkeling van deze wesp van ei tot volwassen insect duurt 19-23 dagen bij 22°C, terwijl de rupsen van de Turkse mot zich bij 25°C in 30 dagen ontwikkelen. De voorkeur van *Euplectrus phthorimaeae* voor oudere larvale stadia maakt deze sluipwesp een waardevolle aanvulling op ei-parasitoïden. Hierdoor is *Euplectrus phthorimaeae* een veelbelovende kandidaat voor de bestrijding van de Turkse mot.

De uit het veld verzamelde *Euplectrus* werd opgestuurd naar een taxonoom van het National History Museum in Londen. De sluipwesp werd geïdentificeerd als *Euplectrus carinifer* (Hansson en Schmidt). *E. carinifer* behoort tot een soortencomplex, dan is een groep nauw verwante organismen, die qua uiterlijk en andere kenmerken zo op elkaar lijken dat de grenzen tussen hen vaak onduidelijk zijn. Ondanks dat het niet de verwachte species bleek te zijn hebben we de sluipwesp verder doorgekweekt op Turkse mot rupsen en ingezet in de bestrijdingsexperimenten (hoofdstuk 5).



Figuur 4.5 Soorten sluipwespen gevonden op locaties.



Figuur 4.6 Links *Microplitis* sp., rechts *Euplectrus* sp.

4.4 Overzicht alternatieve rupsen en waardplanten voor van nature voorkomende sluipwespen

Om de sluipwespen te kunnen kweken, werd gezocht naar een alternatieve rupsensoort die onschadelijk is voor het teeltgewas maar tegelijkertijd gemakkelijk te kweken is op een plant in de kas. Het idee hierachter was een open kweekstelsel dat kwekers zelf zouden kunnen toepassen.

We hebben de literatuur en de website *waarnemingen.nl* doorgespit op zoek naar een geschikte vervanger voor de rups van de Turkse mot. Dit leverde de volgende rupsensoorten op:

- Voorjaarsuil (*Orthosia incerta*)
- Donker marmaruil (*Deltote pygara*)
- Donker brandnetelkapje (*Abrostola triplasia*)
- Stimpvleugel grasuil (*Mythimna impura*)
- Schedeldrager (*Craniophora ligustri*)
- Perzikkruiduil (*Melanchra persicariae*)
- Nunvlinder (*Orthosia gothica*)
- Meldevlinder (*Trachea atriplicis*)

De morfologische kenmerken van alle geselecteerde rupsen kwamen overeen met deze van Turkse mot (figuur 4.7, 4.8, 4.9).



Figuur 4.7 Voorjaarsuil rups.



Figuur 4.8 Melde vlinder rups.



Figuur 4.9 Turkse mot rups.

Door de huidige wetgeving, die het niet toestaat om zelf insecten uit de natuur te introduceren, werd het idee van een open kweekstelsel verlaten. De verdere zoektocht richtte zich daarom op het vinden van een rupsensoort die eenvoudig te kweken is, om de massakweek van de sluipwesp te kunnen ontwikkelen. De rups die het meest geschikt leek, was die van de Floridamot (*Spodoptera exigua*). De Floridamot is zeer polyfaag en heeft in het verleden aanzienlijke schade toegebracht aan kasgewassen. Echter, morfologisch lijkt de rups sterk op die van de Turkse mot (figuur 4.10). Hoewel deze rups een baculovirus kan dragen, is er een goede kweekmethode beschikbaar. De rups is eenvoudig te kweken op een artificieel medium in tegenstelling tot Turkse mot.



Figuur 4.10 Florida mot rups. Foto: Russ Ottens, Universiteit van Georgia.

4.4.1 Kweekmethode *Euplectrus carinifer*

De rupsen van *S. exiqua* (wij hebben deze verkregen van WUR collega's van vakgroep virologie, rupsen zijn ook commercieel beschikbaar bij Entocare) werden bij de WUR doorgekweekt op artificieel medium volgens het recept van de WUR. Vervolgens werden rupsen in het L4 stadium in een kleine kooi geplaatst op een tomatentak in een vaasje met water. Ook werden *Euplectrus carinifer* sluipwespen in de kooi geïntroduceerd. Voor het overleven van de sluipwespen werd een cupje met watten en suikerwater in de kooi geplaatst. De rupsen werden in de kooi geparasiteerd. Geparasiteerde rupsen werden uit de kooi verwijderd en overgeplaatst naar een vergelijkbare schone kooi met tomatenplant, waar de *Euplectrus* larven konden verpoppen en uit konden komen.

Rupsen die alleen artificieel medium hadden gegeten, en niet van de tomatenplant, werden niet geparasiteerd. Op rupsen die na parasitering op medium werden teruggeplaatst stopte de ontwikkeling van de sluipwesplarven.

De kweekmethode (bijlage 2) werd overgedragen aan Sjors van den Berg van Quabio B.V. die al ruime ervaring had met het kweken van de *Euplectrus* sluipwespen. Sjors was ook geïnteresseerd in de massakweek van deze sluipwesp.

5 Biologische bestrijding van Turkse mot met de sluipwesp *Euplectrus carinifer*

5.1 Inleiding

In het verleden zijn met name verschillende soorten sluipwespen getoetst op hun effectiviteit tegen Turkse mot (Bloemhard & Messelink, 2003; Bloemhard & Haaring, 2005; Grosman & Bloemhard, 2013). Deze soorten zijn echter nooit opgepakt als product door commerciële producenten van biologische bestrijders doordat het zeer lastig en kostbaar is om massakweken van sluipwespen op rupsen in stand te houden. Een alternatieve manier om sluipwespen van rupsen in te zetten voor biologische bestrijding in de kas, is door de populatie-opbouw van deze bestrijders in de kas zelf te ondersteunen. Dit kan met behulp van planten met een niet-schadelijke rupsensoort die door de sluipwespen kan worden geparasiteerd en waarin de sluipwesplarven zich succesvol kunnen ontwikkelen. Om door middel van een dergelijk ondersteunend systeem op een effectieve manier een populatie sluipwespen in de kas op te bouwen en in stand te houden is het belangrijk om zogenaamde 'gregaire' sluipwespsoorten te gebruiken. Dit betekent dat uit elke rups meerdere sluipwespen kan ontwikkelen. Daarnaast is het belangrijk om een sluipwespsoort te kiezen die een brede range aan rupsensoorten kan parasiteren, omdat hiermee de kans op identificatie van een plantensoort die goed inpasbaar is in het teeltsysteem met daarop een rupsensoort die gemakkelijk jaarrond te kweken is, veel groter wordt.

De sluipwesp *Euplectrus carinifer* komt reeds spontaan voor in verschillende Nederlandse glastuinbouw gewassen waar de rupsen van Turkse mot voorkomen (gerbera, roos, potplanten, paprika, tomaat). Deze sluipwesp kan succesvol de rupsen van Turkse mot bestrijden, en haar voorkeur gaat uit naar de grote rupsen van de derde, vierde en vijfde stadium (Woelke 2019, Woelke et al, 2025). Doordat *Euplectrus* voorafgaand aan het leggen van haar eitjes een toxine in de rupsen injecteert, stoppen de rupsen direct of enkele dag na parasiteren met eten, zodat verdere schade door deze grotere rupsen wordt voorkomen. Bovendien voldoet *Euplectrus carinifer* aan de in bovenstaande alinea beschreven criteria. De vrouwelijke sluipwespen van deze soort leggen meerdere eieren tegelijk op de buitenkant van de rups en ze behoren daardoor tot de gregaire ectoparasitoïden. Het aantal eieren dat ze leggen is afhankelijk van de grootte van de rupsen, en bij zeer grote rupsen kunnen ze wel enkele honderden eitjes per rups leggen. Tevens is er een breed gastheerspectrum en gastheeroverlap in Europese *Euplectrus*-soorten (Hansson & Schmidt, 2018), en dit doet ons vermoeden dat er een grote kans is om een plantensoort met alternatieve gastheer te vinden die niet storend is voor kasgewassen. Daarom denken we dat deze sluipwesp een kansrijke aanvulling is op de bovenbeschreven reeds beschikbare biologische bestrijders.

5.2 Materiaal en methoden

De *Euplectrus* sluipwespen werden buiten verzameld en verder doorgekweekt op Turkse mot. De proef werd uitgevoerd in kooien (Bugdorm) in een kas van 24 m² ingericht met tafels (figuur 5.1). In week 16 werd er in elke kooi 1 jonge biologisch opgegroeide paprikaplant geplaatst nadat die werd belegd met motteneieren gedurende 3 dagen in de aparte kas. Deze procedure werd 3 keer herhaald en het aantal eieren per plant per week was ongeveer 15. Samen met de eieren belegde planten werden de sluipwespen geïntroduceerd. Het verloop van de ontwikkeling van de rupsen en de vraatschade aan het gewas werden gevolgd tot aan de ontwikkeling van de volwassen motten. Het klimaat in de kas werd ingesteld in lijn met commerciële paprikateelt.

De proef werd uitgevoerd met vijf behandelingen in vier herhalingen. De behandelingen waren als volgt:

- A- Controle Turkse mot alleen
- B- *Trichogramma achaeae* (samen met de eitjes van Turkse mot)
- C- *Euplectrus carinifer* (1 week na de eerste eitjes Turkse mot)
- D- *T. achaeae* (samen met de eitjes Turkse mot) + *E. carinifer* (1 week na de eitjes Turkse mot)
- E- *T. evanescens* (samen met de eitjes Turkse mot)

De Trichogramma sluipwespen werden als poppen in de kooien geplaatst en kwamen uit producten. De poppen werden in een klein eppendorf buisje geplaatst en aan de voet van de plant gelegd. In elk buisje waren er 6 poppen in behandeling B en D. In behandeling E waren er 18 poppen per kooi. Euplectrus in behandeling C en D werd geïntroduceerd als volwassene (2 vrouwtjes + 1-2 mannetjes). Deze introducties werden uitgevoerd in week 16, 17 en 18. De poppen van *T. achaeae* waren even oud en de poppen van *T. evanescens* hadden verschillende leeftijden. Daarom werd besloten om 3 keer zoveel poppen van *T. evanescens* te introduceren. De geselecteerde poppen verschilden in kleur. Voor de Trichogramma-soort werden 10 poppen (6 poppen per soort) per soort gemaakt om het uitkomen van de eieren te controleren.

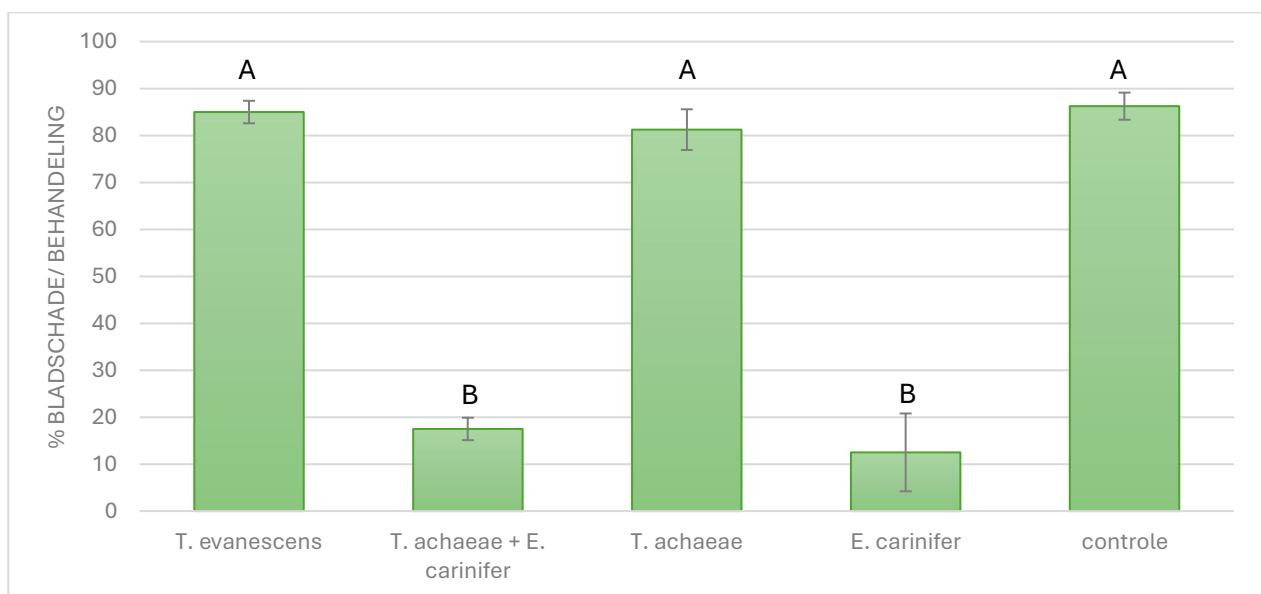


Figuur 5.1 Kas ingericht met kooien op tafels- tweede inzetronde van planten.

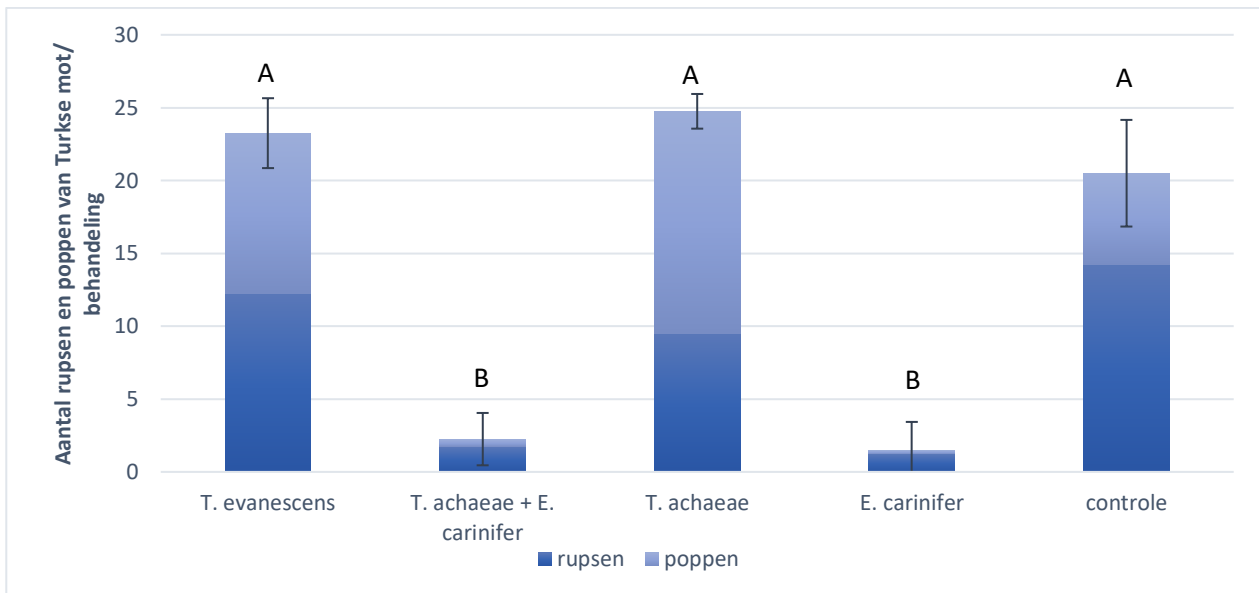
5.3 Resultaten

Twee behandelingen binnen deze opzet bleken zeer succesvol te zijn, beide met *E. carinifer*. Dat is te zien aan de percentage van bladschade door rupsen in figuur 5.2 en 5.4 en de aantallen teruggevonden rupsen en poppen van Turkse mot op het eind van de experiment in figuur 5.3.

Er werden vergelijkbare aantallen rupsen geparasiteerd door de Euplectrus (figuur 5.5) en bijna geen eieren aangepakt door Trichogramma (figuur 5.6).



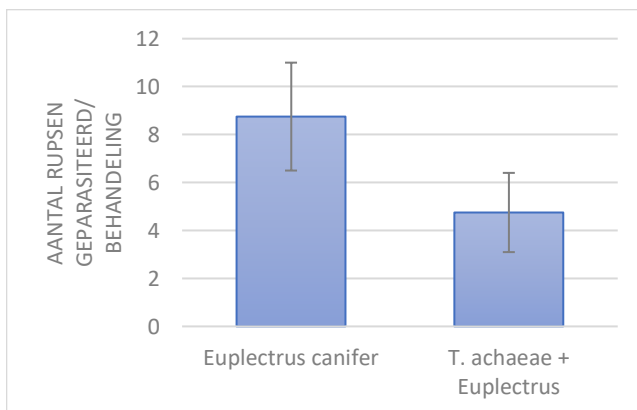
Figuur 5.2 Percentage schade aan blad per behandeling. ANOVA en Tukey HSD ($p < 0,05$) tonen significante verschillen tussen behandelingen; gelijke labels (A/B) duiden op geen significant verschil.



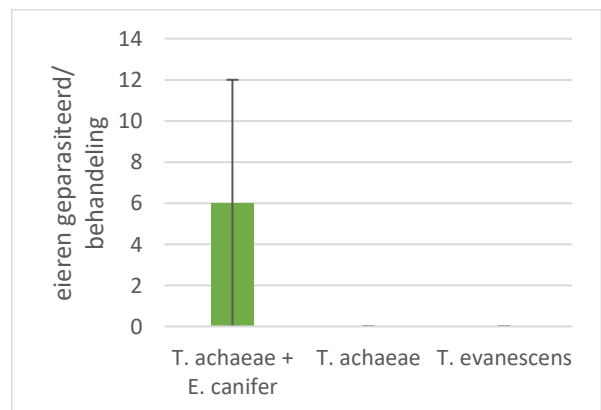
Figuur 5.3 Aantallen teruggevonden rupsenstadia (larven en poppen). Dunn-test met BH-correctie ($p < 0,05$) toont significante verschillen; gelijke labels (A/B) duiden op geen significant verschil.



Figuur 5.4 Planten aan het eind van de proef. Twee planten van de behandelingen met Euplectrus nauwelijks aangetast door rupsen.



Figuur 5.5 Het aantal rupsen geparasiteerd door Euplectrus.



Figuur 5.6 Het aantal eieren geparasiteerd door Trichogramma.



Figuur 5.7 Links. Eieren van *E. carinifer* op de rups. Rups blijft nog enige tijd dooreten. Rechts. Poppen van *E. carinifer* rondom de dode rups.

5.4 Conclusies en aanbevelingen

Euplectrus carinifer lijkt een uitstekende bestrijder van de latere larvale stadia van *C. chalcites*. In deze proef bleken de twee geteste Trichogramma-soorten minder effectief.

Bij Trichogramma is de juiste introductietiming van de sluipwesppoppen cruciaal. Waarschijnlijk trad in onze proefopzet een mismatch op. Enerzijds kwamen de Trichogramma-sluipwespen niet uit op het juiste moment in verhouding tot het eistadium van de Turkse mot. Anderzijds hebben de rupsen waarschijnlijk een deel van de geparasiteerde eieren opgegeten, waardoor deze niet zichtbaar waren tijdens de telling.

In de proef met Trichogramma was meer dan 80% van het bladoppervlak verdwenen door vraat. Dit benadrukt het belang van een nauwkeurige timing bij de introductie van Trichogramma. De sluipwespen moeten uitkomen op het moment dat de eieren van de Turkse mot nog aanwezig zijn. Het lijkt het meest efficiënt om de sluipwespen te introduceren zodra de eerste beweging wordt waargenomen door de PATS-camera of andere kasobservaties. Vanaf dat moment moeten de introducties herhaald worden.

We weten dat Trichogramma-sluipwespen door hun minuscule afmetingen niet actief kunnen zoeken en daarom dicht bij de eieren van de mot moeten worden uitgezet. Over het zoekgedrag van *Euplectrus* is echter nog niets bekend, wat verder onderzoek vereist. Op basis van dit zoekgedrag kan een gerichte strategie worden ontwikkeld voor controle van de rupsen.

6 Zoekgedrag van *Euplectrus carinifer* in de paprikateelt (KAS2030)

6.1 Introductie

In de kooienproef toonde de sluipwesp *Euplectrus carinifer* een zeer goede parasiteringsgraad van de rupsen van de Turkse mot. Om te bepalen hoeveel sluipwespen per vierkante meter moeten worden geïntroduceerd, is inzicht in hun zoekgedrag noodzakelijk. Daarom hebben we de sluipwespen vrijgelaten in kas 2030 van WUR, waar een volgroeid paprikagewas stond, om meer kennis over hun zoekgedrag te vergaren.

6.2 Materiaal en methode

De kas waarin het zoekgedrag werd onderzocht, was een productiekas waarin de introductie van de Turkse mot was uitgesloten. Om het zoekgedrag te testen, werden twee kooien voorbereid en bekleed met gaas dat de rupsen verhinderde te ontsnappen, maar tegelijkertijd openingen had die groot genoeg waren voor de sluipwespen om door te kunnen (figuur 6.1). De werking van deze opstelling werd eerst in het laboratorium getest.

In de eerste ronde werden twee kooien met in totaal 20 rupsen in het vijfde en zesde larvale stadium op paprikaplanten geplaatst. In het midden van de kas werd een kooi met 36 sluipwespen (een mix van mannetjes en vrouwtjes) neergezet en opengelaten (figuur 6.2). De afstand tussen de kooien met rupsen en de sluipwespenkooi was ongeveer 6 meter. Na één week werden de rupsen verwijderd en gescoord op parasitering.

In de tweede ronde werden dezelfde aantallen rupsen (L3, L4, L5) in de kooien op paprikaplanten geplaatst, maar met twee keer zoveel sluipwespen. De afstand tussen de kooien werd verkleind tot 2,2 meter (figuur 6.3).



Figuur 6.1 Kooi met rupsen op paprikaplant.



Figuur 6.2 Introductiekooi van sluipwespen.



Figuur 6.3 Links. Pad in kas 2030 met goten met paprikaplanten aan beide kanten. Tijdens ronde 2 van de proef stonden de rupsenkooi en het Euplectrus uitzetpunt schuin tegenover elkaar op 2,25m afstand van elkaar. Rechts. Paprikaplant in rupsenkooi op dag 8 van ronde 2, vlak voor het leegknippen. Veel rupsenvraat zichtbaar.

6.3 Resultaten en discussie

In beide ronden werden geen geparasiteerde rupsen in de kooien gevonden. Dit resultaat is moeilijk te verklaren. Het zoekgedrag van de sluipwespen, die op dezelfde manier buiten werden getest, leek goed te zijn, maar dit werd niet bevestigd in de kas met paprika.

Het enige verschil met de buitensituatie was de gaasconstructie. De kooien buiten waren bekleed met grof kippengaas om de planten tegen vogels te beschermen, terwijl de kooien in de kas anders waren afgeschermd. In de laboratorium pretrial onderzochten we of de sluipwespen uit de met gaas bedekte kooi konden ontsnappen, en dat lukte hen. In de kas was de situatie omgekeerd; daar moesten ze de kooi juist binnengaan. Een andere factor die een rol kan hebben gespeeld, is dat de planten met rupsen zich onder het gewas in de schaduw bevonden. Dit lijkt echter minder waarschijnlijk.

Het zoekgedrag zou idealiter opnieuw getest moeten worden in een open kas, waar de sluipwespen zonder belemmering toegang hebben tot de rupsen.

7 Zoekgedrag van *E. carinifer*- kleinschalig proefopzet

7.1 Introductie

Ondanks dat er goede resultaten in de kooienproef met *Euplectrus* zijn behaald lukte het niet om de sluipwespen in de paprikateelt de rupsen (in de kooien tussen het gewas) te laten parasiteren. Om vast te stellen of de gegaasde kooien een belemmering waren voor de zoekvermogen van de sluipwespen is er een proef opgezet in een kleine kas van 24 m².

7.2 Materiaal en methode

Om het zoekvermogen van *Euplectrus carinifer* te testen is een proef uitgevoerd in kas van 24 m² ingericht met 3 tafels (lxbxh=3.75x1.45x0.9 m). De gemiddelde etmaal temperatuur in de kas was 22°C. Op de buitenste twee tafels waren paprikaplanten en *Artemisia vulgaris* planten in potten geplaatst. De middelste tafel was ingericht voor de uitzet van rupsen van *Chrysodeixis chalcites* op paprikaplanten. Op deze tafel stonden 10 paprikaplanten in potten (lxbxh=11x11x12 cm) omringd door 8 tomatenplanten in potten (lxbxh=11x11x12 cm) voor extra plantvolume op de tafel (figuur 7.1, 7.2 en 7.3). Op alle tafels waren per tafel 5 cupjes met watten en suikerwater geplaatst om de sluipwespen te voeden gezien er geen bloemen in de kas aanwezig waren.

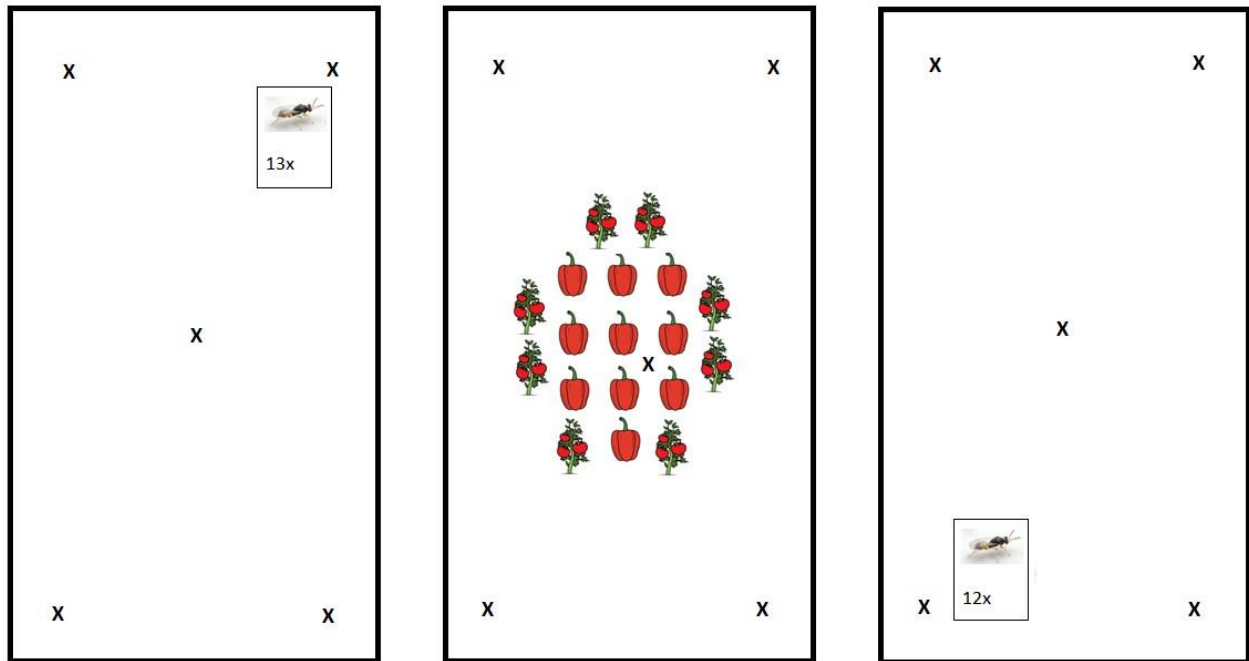


Figuur 7.1 Planten voor rupsen uitzet.



Figuur 7.2 Paprikaplanten omringd door "volume planten".

Euplectrus carinifer was afkomstig van de WUR kweek op *Spodoptera exigua* op tomaat en waren anderhalve week volwassen op het moment van introductie. De sluipwespen hebben kunnen paren voor de inzet van de proef maar hebben nog geen eieren af kunnen zetten. Rupsen van *Chrysodeixis chalcites* waren afkomstig van de WUR kweek in de vertical farm (20 °C, 70% RV) in Vermandel kooien (lxbxh=60x60x90 cm) op tomatenplanten. Deze rupsen waren 2 weken oud op de introductie momenten en in het L3 en L4 stadium. De proef telde 3 rondes. In ronde 1 zijn *Euplectrus* sluipwespen en rupsen uitgezet. Om ook te testen hoe lang uitzet van *Euplectrus carinifer* effect heeft in de kas zijn in ronde 2 en 3 alleen rupsen uitgezet en geen sluipwespen.



Figuur 7.3 Opzet proefkas: Op alle tafels zijn 5 cupjes met watten en suikerwater geplaatst (gemarkeerd met x). Tafel links met schone paprikaplanten, 13 sluipwespen uitgezet op deze tafel. Tafel rechts met schone *Artemisia vulgaris*, 12 sluipwespen uitgezet op deze tafel. Tafel in het midden met 10 paprikaplanten omringd door 8 tomatenplanten, met 1 rups van *Chrysodeixis chalcites* per paprikaplant uitgezet.

In ronde 1 zijn 25 sluipwespen geïntroduceerd (1 per m²), 6 mannetjes en 19 vrouwtjes. Sluipwespen zijn los in reageerbuisjes verzameld en vervolgens afgesloten met watten. Voor het uitzetten is per wesp het geslacht bepaald onder de binoculair. Vervolgens zijn de buisjes gelijkmatig verdeeld, in 2 blokken oase gestoken en geopend op de tafel links en rechts in de kas geplaatst (figuur 7.3 en 7.4). Ook zijn er 10 rupsen geïntroduceerd, 1 per paprikaplant, een mix van L3 en L4 (figuur 7.5). Er was afstand tussen de tafels (ongeveer 50 cm) om te voorkomen dat rupsen naar de andere tafels zouden gaan.



Figuur 7.4 Uitzetten *Euplectrus*.



Figuur 7.5 Introductie rupsen.



Na 2 weken zijn alle rupsen verzameld en is het aantal geparasiteerde en niet-geparasiteerde rupsen van ronde 1 geteld. Hiervoor werden de tomatenplanten destructief onderzocht, de paprikaplanten zijn niet destructief bekeken en weer teruggeplaatst op de middelste tafel om te gebruiken in ronde 2. Gevonden dode geparasiteerde rupsen zaten op de paprikaplanten en zijn dus ook teruggeplaatst.

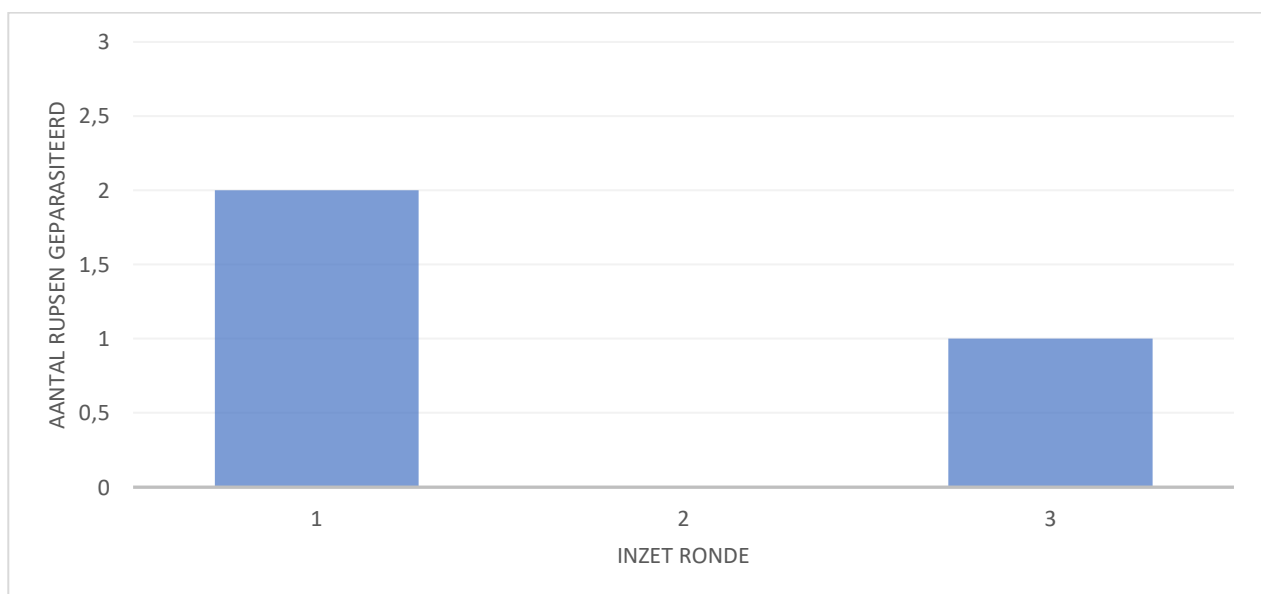
In ronde 3 waren de sluipwesppoppen gevonden in ronde 1 ook volwassen geworden en droegen ook bij aan de parasitering (figuur 7.6). In ronde 3 zijn daarom geen nieuwe sluipwespen geïntroduceerd omdat de sluipwesppoppen uit ronde 1 dan volwassen zijn en bij kunnen dragen aan de parasitering (figuur 7.6). Wel zijn opnieuw 10 rupsen geïntroduceerd zoals in ronde 1 en 2. Er zijn 8 nieuwe tomatenplanten om de paprikaplanten heen geplaatst. Planten met rupsen zijn 2 weken blijven staan waarna alle rupsen verzameld zijn door alle planten destructief te bekijken. Het aantal geparasiteerde en ongeparasiteerde rupsen is geteld zoals in ronde 1 en 2.



Figuur 7.6 Uitgekomen sluipwespen van geparasiteerde rupsen gevonden in ronde 1 dragen bij aan de parasitering in ronde 3.

7.3 Resultaten

Het aantal geparasiteerde rupsen was minimaal. Twee in de eerste en een in de derde ronde (figuur 7.7).



Figuur 7.7 Het aantal rupsen geparasiteerd per inzet ronde.

8 Vallen en lokstoffen Turkse mot en *D. fovealis*

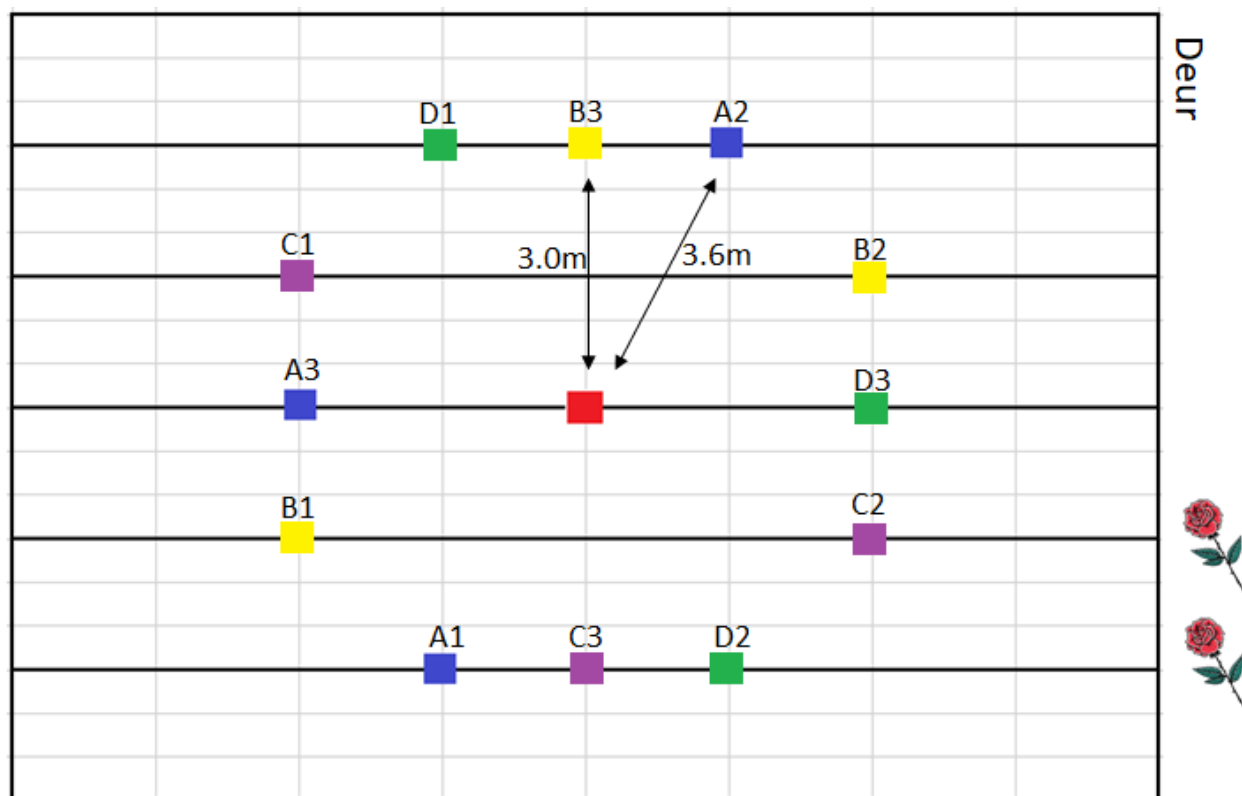
8.1 Introductie

Er zijn verschillende producten op de markt beschikbaar die de motten van *C. chalcites* moeten lokken. Deze producten bevatten feromonen of gewone geurstoffen. Deze worden voor hoge prijzen verkocht. Het is mogelijk dat de gewone bloemgeuren (vanille, amandel) ook aantrekkelijk zijn en de prijs hiervan is vele malen lager. Deze stoffen zijn getest in combinatie met vallen.

8.1.1 Materiaal en methode geuren test

Om te toetsen of gewone bloemgeuren adulten van *Chrysodeixis chalcites* aan kunnen trekken is een kasproef opgezet in kas van 96 m² met rozengewas. Vallen gebruikt in de proef om motten terug te vangen zijn deltavallen geleverd door Biobest. Voor deze proef zijn 4 bloemgeuren geselecteerd. Geur A: Amandel (smaakaroma van dr. Oetker), geur B: Marjolein (etherische olie), geur C: Tijm (etherische olie), geur D: vanille (etherische olie). Deze vloeistoffen zijn op tandartswatten (ca. 1,5 cm lang) gedruppeld tot deze verzadigd waren. Watten zijn in 15 ml epjes gestopt welke geopend in het midden van de plakkaart in de deltavallen zijn geplaatst. Per geur zijn 3 vallen geplaatst met lokstof, 12 vallen in totaal, figuur 8.1.

In de proef zijn alleen mannetjes motten gebruikt afkomstig uit de kooienkweek op tomaat van de WUR, 11 motten en 4 levende poppen. Op de dag van de proefinzet waren de motten +/- 8 dagen oud.



Figuur 8.1 Plattegrond van de kas. Rozenstruiken staan geplaatst op rij 1 en 2, rijen 3, 4 en 5 zijn leeg. Deltavallen zijn rondom het uitzetpunt geplaatst op 3.0m (4x) en 3.6m (8x) afstand van het uitzetpunt. In de deltavallen zijn 4 verschillende bloemgeuren geplaatst. Lokstof A: Amandel (smaakaroma van dr. Oetker), Lokstof B: Marjolein(etherische olie), Lokstof C: Tijm (etherische olie), Lokstof D: Vanille (etherische olie).

Op de dag van proefinzet is op het einde van de middag de maatbeker met motten in de kas geplaatst zoals hierboven beschreven. De deksel is half geopend zodat de motten zelfstandig uit konden vliegen. Na 63 uur zijn de vallen in de ochtend bekeken en de motten per val geteld. Dit is vervolgens elke 24 uur gedaan, gedurende een periode van vier dagen.

8.1.2 Resultaten

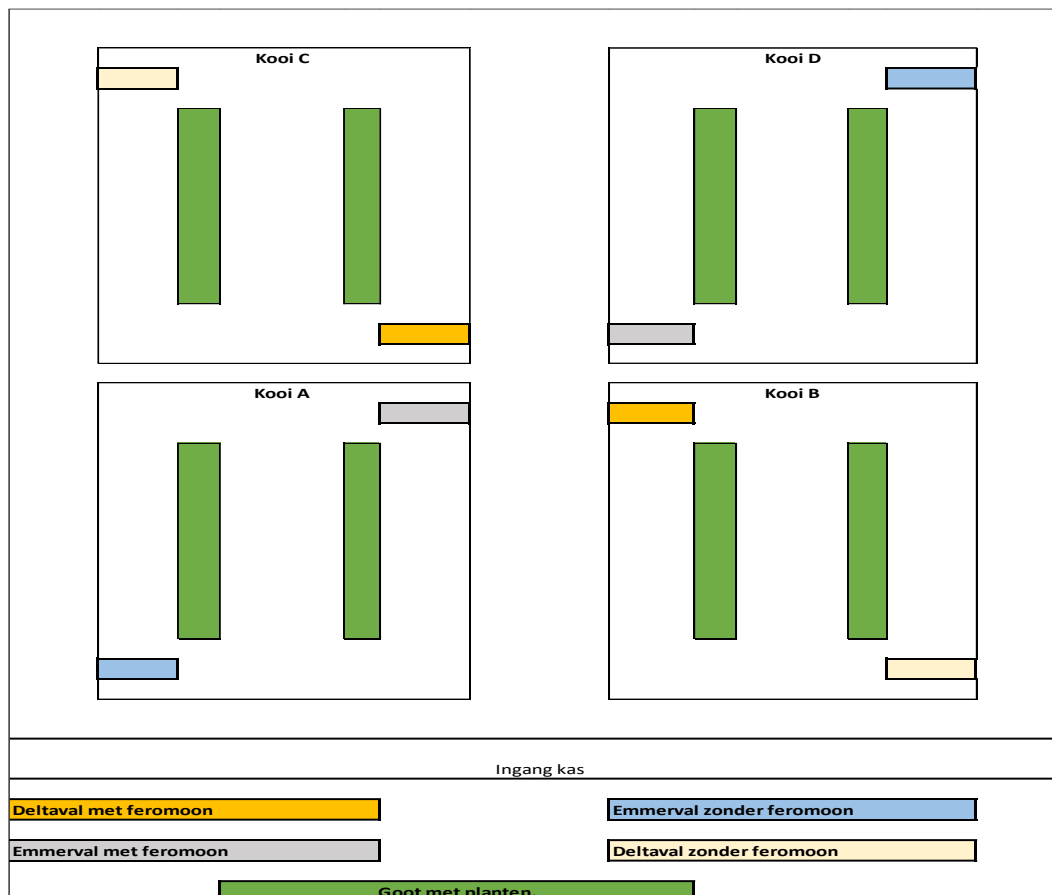
Er zijn geen motten gevangen in de vallen.

8.1.3 Materiaal en methode feromonen test

De proef is uitgevoerd in de kas van 144 m² ingericht met 4 inlooptkooien. Per kooi stonden er 2 goten met de volgende planten: Serapta, Bladrammenas, Spruitkool, Bijvoet, Alsem, Powis, Erwt, Pijlpuntklaver, tarwe en Sorghum.

Per kooi werden er 2 vallen gehangen zoals weergegeven op de plattegrond (figuur 8.2). In de buitenhoeken van de kooien hingen 2 soorten vallen (deltaval en emmerval) zonder feromonen en in de binnenhoeken dezelfde vallen met een feromoon. De emmerval was een zwarte emmer vanbinnen ingesmeerd met insectenlijm. De emmer hing ondersteboven.

De motten werden tussen 9 en 18 juli geïntroduceerd, in totaal werden er 3 vrouwtjes en 4 mannetjes per kooi uitgezet.



Figuur 8.2 Kasplattegrond.

8.1.4 Resultaten

Van de 12 geïntroduceerde mannetjes werden er 2 teruggevonden in de vallen, beide in vallen met feromoon, in kooien A en B. Er werden geen vrouwtjes van de motten gevangen.

Dezelfde proefopzet werd gebruikt voor de *Duponchelia fovealis* motten. Van de 10 geïntroduceerde motten (sexratio 50:50) werden geen Duponchelia in de vallen gevangen.

9 Vertragen ontwikkelingssnelheid Turkse mot

9.1 Inleiding

Biologische bestrijding met *Bacillus thuringiensis* (Bt) en baculovirussen is mogelijk, maar er is één groot probleem: deze producten werken alleen als de rups ze opeet. Zodra de rups de vatbare stadia te snel ontgroeit, neemt de effectiviteit van de producten aanzienlijk af. De sleutel ligt in het vertragen van de groei: hoe kunnen we de rupsen zo sturen dat ze langer klein en gevoelig blijven, zodat het venster waarin biologische middelen effectief zijn zo groot mogelijk wordt? In de PPS voeding en plantgezondheid is het effect van verlaging van de stikstof gift (N-gift) op ziekten en plagen getoetst bij een aantal gewassen waaronder gerbera. Onder andere het effect op trips en meeldauw is getest (Barbagli et al., 2025). In dit project zijn we aangehaakt om ook het effect op Turkse mot rupsen te monitoren.

9.2 Materiaal en methoden

In deze proef hebben gerbera planten voeding gekregen met verschillende stikstof niveaus. De volgende omstandigheden zijn getoetst: N1= 10 mmol NO₃/L; N2= 7 mmol NO₃/L; N3= 5 mmol NO₃/L; N4= 3 mmol NO₃/L; Si= 10 mmol NO₃/L en 1.5 Si mmol/L. De waarden gelden als streefcijfers in de circulerende voedingsoplossing, bij een standaard EC van 2.5 mS cm⁻¹.

Twaalf weken na plaatsing van de gerbera planten in de proefkas zijn rupsen van Turkse mot geïntroduceerd op planten in kleine kooien. Op het moment dat de introductie van rupsen zou plaatsvinden, was het erg warm weer, waardoor de temperatuur in de kas zeer hoog was. Daarom zijn per behandeling bladeren verzameld in een plastic bakje en hierin zijn net uitgekomen rupsen en eitjes geïntroduceerd. De plastic bakjes zijn bij 20°C geplaatst. Na 48 uur zijn de bladeren met L1 larven in de kooien geplaatst met de planten van dezelfde behandeling. Per behandeling zijn zes kooien ingezet met 10 tot 12 L1 rupsen per kooi. Na 18 dagen zijn de rupsen verzameld en individueel gewogen op een microweegschaal (figuur 9.2). Het gewicht van de rups is als maat genomen voor de ontwikkeling van de rups. Daarnaast is het effect van de verschillende stikstof niveaus op de opbrengst bepaald, deze metingen zijn beschreven in het rapport van de PPS voeding en plantgezondheid (Proef Gerbera II). Zie figuur 9.1 voor een impressie van de kas.



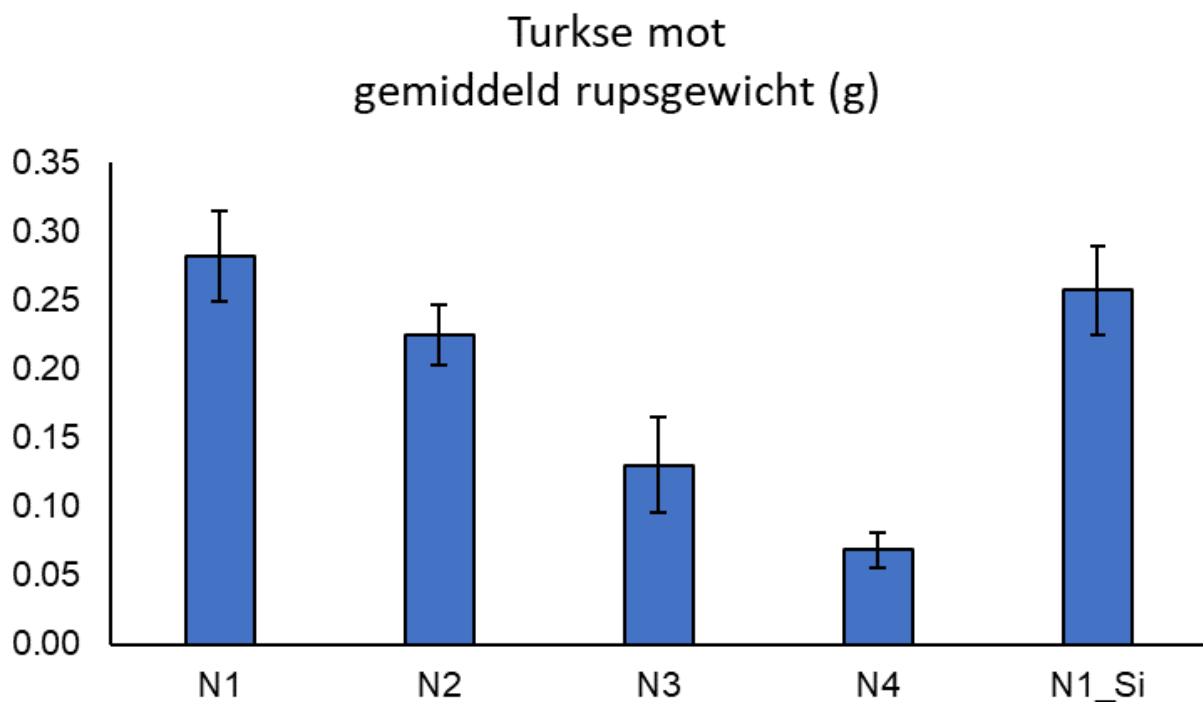
Figuur 9.1 Overzicht van de proef met gerbera planten. De planten staan in groepen die verschillende voeding krijgen (verschillende NO₃ en Si niveaus). Op deze planten zijn verschillende essays uitgevoerd, waaronder een proef met rupsen van Turkse mot. Het effect van de verschillende voedingsrecepten op de ontwikkeling van Turkse mot rupsen is getest.



Figuur 9.2 Links is de terug plaatsing van Gerberablاد uit een plastic bakje in een proefkooi weergegeven, rechts het bepalen van het gewicht per rups op een micro weegschaal.

9.3 Resultaten

De hoeveelheid N heeft een spectaculair effect op Turkse mot (figuur 9.3). Er lijkt een lineair verband te bestaan tussen de afname van N in de voeding en het gewicht van de rupsen.



Figuur 9.3 Het effect van de verschillende NO₃ en Si niveaus op het gewicht van Turkse mot rupsen. N1= 10 mmol NO₃/L; N2= 7 mmol NO₃/L; N3= 5 mmol NO₃/L; N4= 3 mMol NO₃/L; Si= 10 mmol NO₃/L en 1.5 Si mmol/L.

9.4 Conclusies

Uit de resultaten van de PPS voeding en gezondheid blijkt dat een verlaging van N niet direct een effect heeft op de opbrengst. Alleen als de verlaging te drastisch is (4 mmol/L of lager) heeft dit effect op de productie, met een negatief effect op het aantal bloemen en het bloemgewicht (Barbagli et al., 2025). Qua productie lijkt er dus ruimte om de N gift te verlagen. De resultaten uit deze proef laten zien dat een verlaagde N gift een groot effect heeft op het gewicht van de rups. Dit lijkt dus de ontwikkeling van de rups te vertragen. Dit kan er mogelijk voor zorgen dat de rupsen gevoeliger zijn voor middelen als Bt en baculovirussen. Vervolg onderzoek is nodig, waarin gekeken wordt wat het effect is van de voeding van de planten op de gevoeligheid van de rupsen voor deze middelen.

10 *Podisus maculiventris* als bestrijder van Turkse mot in paprika

10.1 Inleiding

Podisus maculiventris is een generalistische roofwants. Zijn voedselaanbod is zeer gevarieerd, maar richt zich vooral op larven van vlinderachtige en larven van kevers. De prooien zijn zacht en kunnen groter zijn dan zijn eigen omvang. *P. maculiventris* is erg mobiel en zowel de adulten als de nimfen (behalve N1 stadium) zijn predatoren.

10.2 Onderzoeksvraag

Is de roofwants *Podisus maculiventris* in staat een populatie ontwikkeling van *C. chalcites* (Turkse mot) in een paprikagewas te voorkomen of te onderdrukken als deze plaag al gevestigd is in een gewas?

10.3 Materiaal en methoden

Deze proef is van week 32 tot en met week 38 uitgevoerd in een kas van 144 m² in het kassencomplex van Wageningen UR te Bleiswijk. Hierin waren grote inlooppkooien van 1,5x1x2 m (lxbxh) geplaatst. Per kooi stonden 4 paprikaplanten, waarbij een drie stengelsysteem is aangehouden (figuur 10.1). Voorafgaand aan dit experiment is in deze kooien een experiment uitgevoerd met *Nezara viridula* (zuidelijke groene stinkwants) en *Podisus maculiventris*. De groene stinkwants prikt plantdelen aan, waarbij deze de voorkeur heeft voor jonge vruchten en groeipunten, en speelt geen rol bij de bestrijding van Turkse mot. Voor de start van de proef zijn de grote paprikaplanten eerst teruggesnoeid, zodat nieuwe jonge scheuten ontwikkelden.



Figuur 10.1 Links. Kasopzet. Rechts. Het gewas in de kooien.

Om de uitgangssituatie te bepalen is voor de eerste introductie van Turkse mot een eindtelling uitgevoerd in de kooien (tabel 10.1) Uit alle kooien is *Nezara viridula* zoveel mogelijk verwijderd. *P. maculiventris* is gedurende de proef zo goed mogelijk uit de kooien verwijderd, waar deze niet of in lage aantallen aanwezig moest zijn.

Tabel 10.1 Uitgangssituatie.

	Behandeling	Herhaling	# Podisus Nimf+Adult
Controle	A	1	0
	A	2	0
	A	3	0
	A	4	0
Podisus hoog + veel bijvoeren	B	1	38
	B	2	34
	B	3	86
	B	4	249
Podisus laag + 1 maal bijvoeren	C	1	11
	C	2	21
	C	3	11
	C	4	36
Curatieve inzet Podisus	D	1	0
	D	2	1
	D	3	0

Er waren vier behandelingen in drie of vier herhalingen (figuur 10.2):

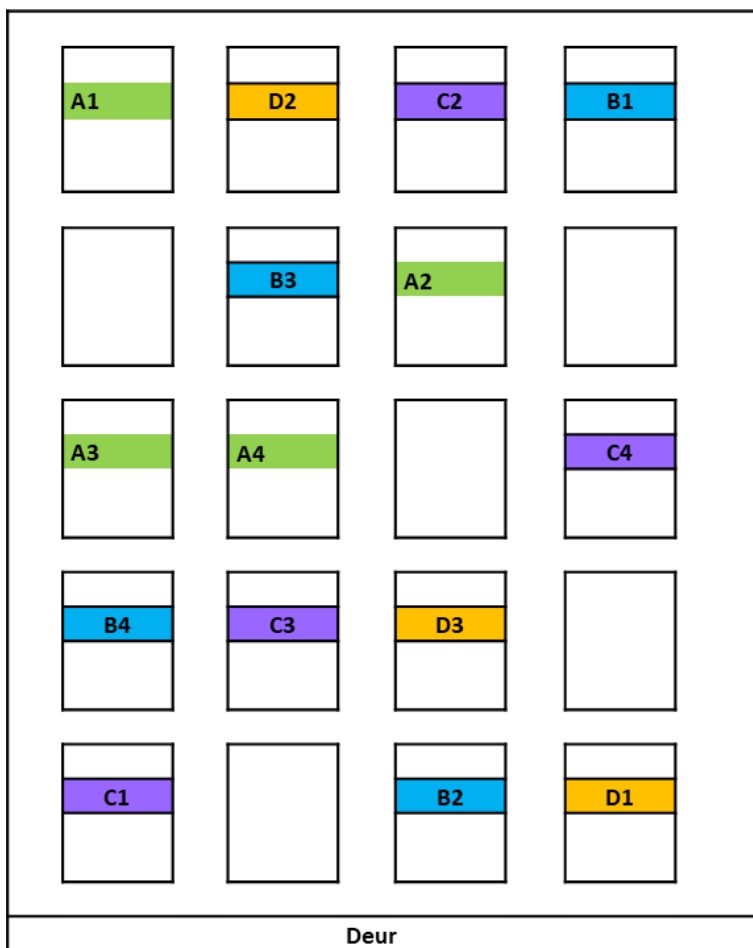
- A. Controle zonder *P. maculiventris* (N=4)
- B. Hoge aantallen *P. maculiventris* + wekelijks bijvoeren (N=4), preventief
- C. Lage aantallen *P. maculiventris* + 1 maal bijvoeren (N=4), preventief
- D. *P. maculiventris* adulten curatief uitgezet, nadat de laatste eitjes van Turkse mot zijn geïntroduceerd (N=3)

Bij behandeling B met hoge aantallen Podisus werd wekelijks bijgevoerd met meelwormen (een eetlepel per plant) die uitgezet werden in een bakje onderin de plant. Bij behandeling C is bijgevoerd in week 33 bij de eerste uitzet van Turkse mot eitjes.

De Turkse mot (*C. chalcites*) werd gedurende vier weken (week 33 -36) wekelijks geïntroduceerd (10 bij behandeling A en B en 20 bij behandeling C en D). In een klimaatkast (20°C, 70% RV) legden motten gedurende een bepaald tijdsbestek eieren op papier, waarna deze zijn uitgeknipt en, verspreid over het gewas, in de toppen van de plant werden uitgezet. Hierbij lagen de eitjes aan de bovenzijde van het papier (figuur 10.3). De eitjes waren bij de eerste, derde en vierde inzet maximaal 24 uur oud en bij de tweede inzet maximaal 72 uur oud.

Bij de curatieve inzet (behandeling D) zijn in week 36, na de laatste introductie van Turkse mot eitjes, per kooi twee paartjes *P. maculiventris* uitgezet.

Tijdens het verloop van de proef werden gewasbehandelingen uitgevoerd zoals oogsten van de paprika's en het indraaien van het gewas. Er werd geen gewas verwijderd. Vanaf week 35, na de derde inzet van de rupseneitjes zijn alle handelingen gestopt om het gewas ongestoord te laten.



Figuur 10.2 Kasplattegrond.



Figuur 10.3 Uitzet van eitjes Turkse mot. Eitjes bevinden zich op het driehoekige papiertje.

10.4 Resultaat

Gedurende het verloop van de proef zijn visuele waarnemingen gedaan, waarbij de ontwikkelingen van de roofwants en rups werden gevolgd (figuur 10.5 en 10.7). Er werden opvallend weinig rupsen terug gevonden. Naast enkele kleine rupsen werden vooral plekken met ontlasting en toenemende vraatschade waargenomen.

Vijf weken na de eerste inzet is er een eindwaarneming uitgevoerd. Hierbij werden het aantal rupsen en poppen van Turkse mot, het aantal *P. maculiventris* nimfen en adulten en het aantal bladeren met bladschade in de kooi gescoord. Bij de eindwaarneming werden slechts enkele rupsen en poppen teruggevonden. Verder werden er zwarte leeggezogen rupsen in het gewas waargenomen (figuur 10.11). Grote verschillen tussen de behandelingen zaten in de vraatschade aan het blad, die door de rupsen was veroorzaakt (figuur 10.9).



Figuur 10.4 Roofwants *P. maculiventris* adult.



Figuur 10.5 Roofwantsen met meelworm.



Figuur 10.6 Nimfen van de roofwants.



Figuur 10.7 *P. maculiventris* nimf met rups.



Figuur 10.8 *P. maculiventris* adult met rups.



Figuur 10.9 Bladschade.



Figuur 10.10 Pop van Turkse mot met bovenop parende *Podisus*.

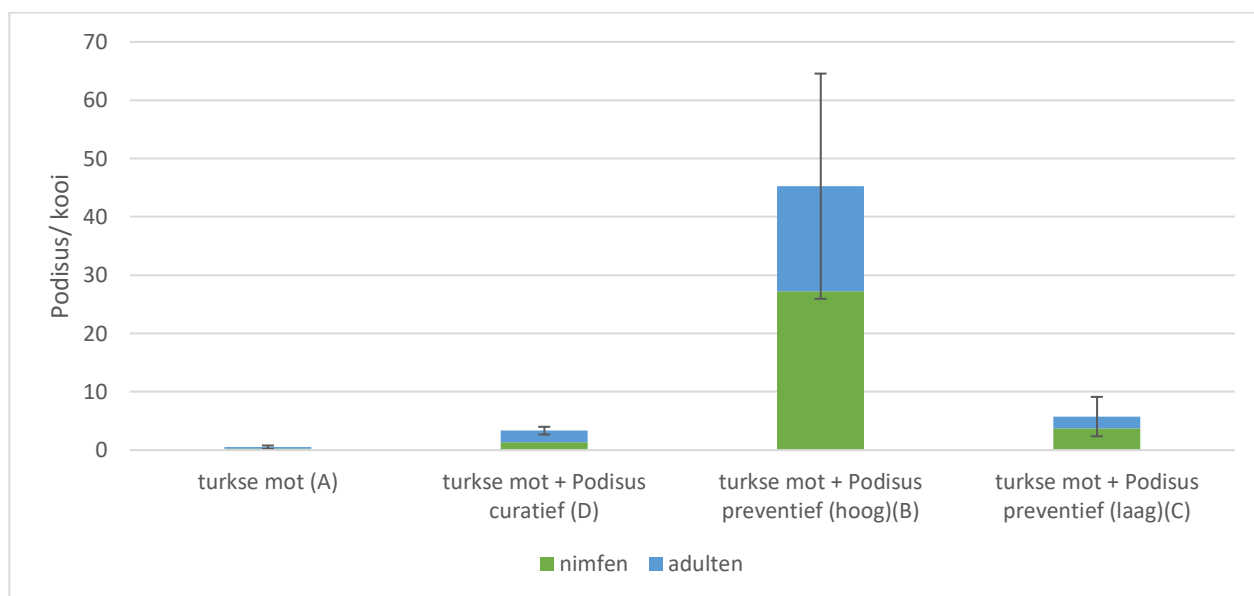


Figuur 10.11 Zwarte leeggezogen rupsen.



Figuur 10.12 Vraatschade door rupsen in de kop van het gewas.

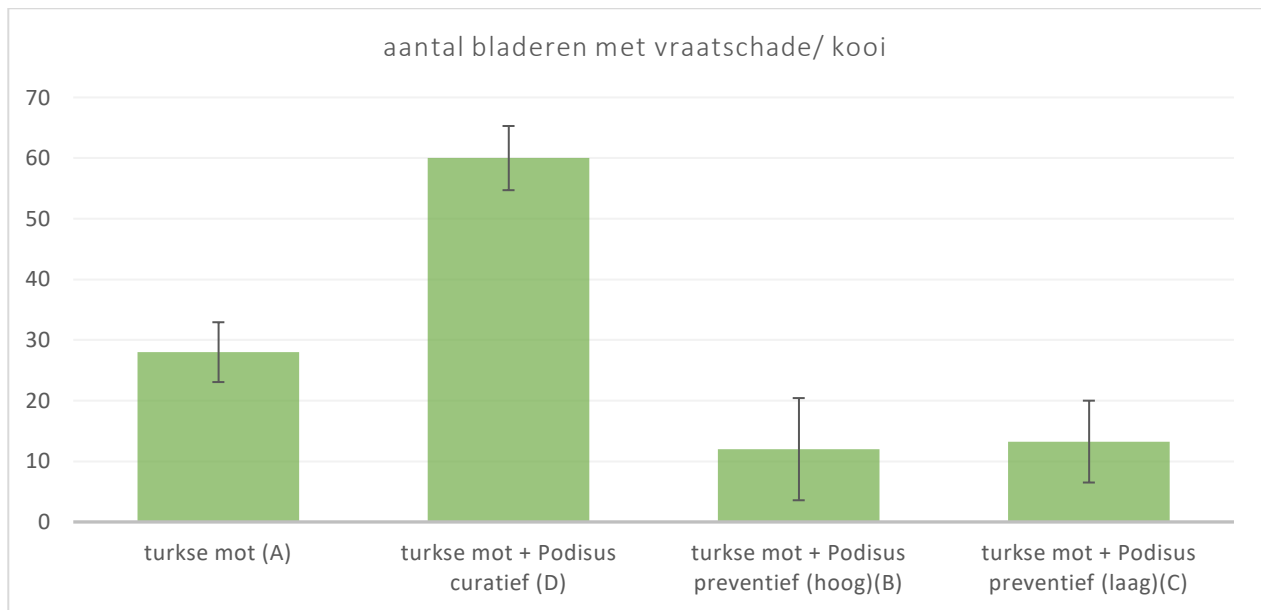
In figuur 10.13 staan de gemiddelde aantallen *P. maculiventris* per kooi gegeven. Met deze cijfers is het gewenste verschil bereikt tussen de behandelingen met hoge en lage preventieve introductie. In behandeling B worden grote aantallen Podisus gevonden en in behandeling C en D lage aantallen. In de controle behandeling zat echter ook een enkele wants die van invloed kon zijn op het eindelijk resultaat.



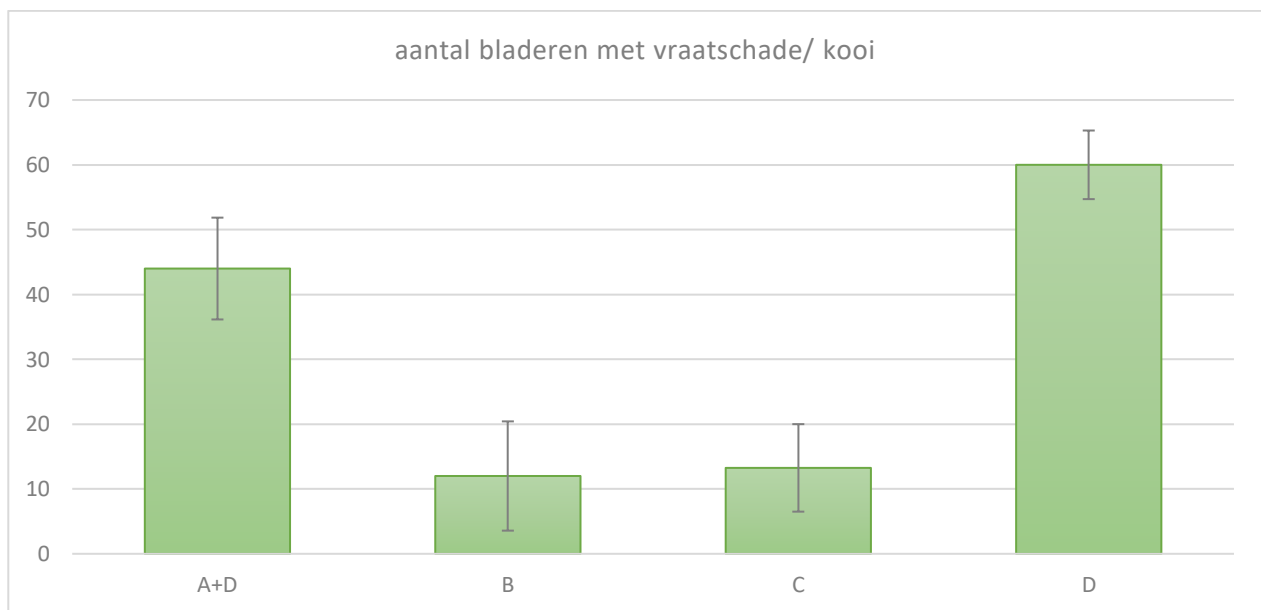
Figuur 10.13 Aantal Podisus nimfen en adulten per behandeling.

De behandelingen B en C met Podisus als preventieve inzet hebben de minste bladschade, weergegeven in gemiddeld aantal bladeren met schade per kooi (figuur 10.14). Hierbij is geen verschil tussen de hoge of lage aantallen roofwantsen die aanwezig waren. De controle behandelingen en de curatieve behandelingen (A en D) hebben veel bladschade. Bij de curatieve behandelingen D is de roofwants na de laatste inzet van Turkse mot eieren geïntroduceerd. Wat betreft bladschade is deze behandeling D in de tijd te vergelijken met de controle behandeling waar rupsen al veel schade aan het gewas hebben gegeven.

In figuur 10.15 zijn voor de bladschade de controle (beh A) en de curatieve inzet (beh D) samengevoegd. De behandelingen (B en C) waar de roofwants *P. maculiventis* preventief is uitgezet heeft duidelijk minder bladschade dan de behandelingen waar geen of curatief roofwantsen (A en D) zijn uitgezet.



Figuur 10.14 Gemiddeld aantal bladeren met bladschade per behandeling.



Figuur 10.15 Bladschade per kooi: de controle behandeling en curatieve inzet samengevoegd. In vergelijking tot de preventieve inzet van *P. maculiventris*.

10.5 Discussie en conclusie

De roofwants *Podisus maculiventris* lijkt verschillende stadia van Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) te kunnen prederen. Bij de eindwaarneming werden slechts enkele rupsen of poppen teruggevonden. In het gewas zijn enkele leeggezogen rupsen van groot formaat teruggevonden (figuur 10.11). Het is aannemelijk dat gedode rupsen, zeker de kleinere stadia, in het algemeen niet of moeilijk terug te vinden zijn.

Vraatschade was beperkt bij de behandeling met preventieve inzet. Bij de hoge inzet zaten gemiddeld 45 roofwantsen per kooi en bij de lage inzet slechts 5. Er was echter geen verschil in bladschade. Blijkbaar waren de lage aantallen wantsen voldoende om de schade door de Turkse mot zeer te beperken. Het is aannemelijk dat in alle behandelingen toch een zeer gering aantal roofwantsen heeft gezeten, waardoor uiteindelijk ook in de controle behandelingen geen rupsen werden gevonden. De vraatschade was daar echter groter.

De curatieve inzet (beh D) was na de laatste inzet van Turkse mot eieren. Twee weken voor de eindwaarneming, wat de grote vraatschade in deze behandeling kan verklaren.

Deze kooiproef geeft aanwijzingen dat lage aantallen *P. maculiventris* voldoende zijn om Turkse mot onder controle te houden. Met de mogelijkheid van bijvoeren en de lange levensduur van *P. maculiventris* zou deze roofwants aantrekkelijk kunnen zijn als preventieve bestrijder van Turkse mot.

11 Interactie roofwantsen *Podisus maculiventris* en *Dicyphus errans* in gerbera (Pilot)

11.1 Inleiding

Podisus maculiventris en *Dicyphus errans* zijn beide roofwantsen. *P. maculiventris* komt uit de familie *Pentatomidae* en zijn predatoren van rupsen en keverlarven. *D. errans* komt uit de *Miridae* familie en dit zijn allemaal omnivoren. Dat wil zeggen dat ze zowel planten als insecten eten. Er is weinig bekend over eventuele plantschade die de roofwantsen veroorzaken. In een pilot proef op gerbera wilden we vaststellen of er enige schade aan het gewas wordt toegebracht door de wantsen (vervuiling of bloemschade). We hebben ook gevolgd hoe de populatie van de wantsen zich heeft ontwikkeld met en zonder toevoeging van de Turkse mot. Dit om indicatie te hebben of de aanwezigheid van de plaag de eventuele interactie tussen de wantsen kan beïnvloeden.

11.2 Materiaal en methode

Deze pilot proef is van week 32 tot en met week 38 uitgevoerd in een kas van 144 m². Acht kooien van 60x60x90 (bxl x h, Vermandel) zijn in de kas geplaatst, waar tegelijk het experiment "Podisus maculiventris als bestrijder van Turkse mot in paprika" werd uitgevoerd (hoofdstuk 10). In elke kooi is een gerbera plant (cultivar Kimsey) geplaatst. De planten stonden op schotels gevuld met vermiculiet en het water werd, drie keer per week, handmatig aan de planten toegediend.

Er zijn 2 behandelingen uitgevoerd in 4 herhalingen:

A- *P. maculiventris* + *D. errans* + bijvoer (meelwormen + HQ Artemia)

B- *P. maculiventris* + *D. errans* + *C. chalcites* + bijvoer (meelwormen + HQ Artemia)

In week 32 werden er twee paartjes van elke wantsensoort per kooi geïntroduceerd en 10 eitjes van de Turkse mot per kooi in de behandeling B. De introductie van de eitjes werd nog 2 keer herhaald. Daarnaast werden er ook meelwormen in een dibox in de plant opgehangen en een halve theelepel Artemia werd over de plant heen geblazen. Het bijvoeren werd wekelijks herhaald. Eén week na de eerste introductie werden alle oude bloemen uit de kooien verwijderd en de jonge bloemen en bloemknoppen achtergelaten.

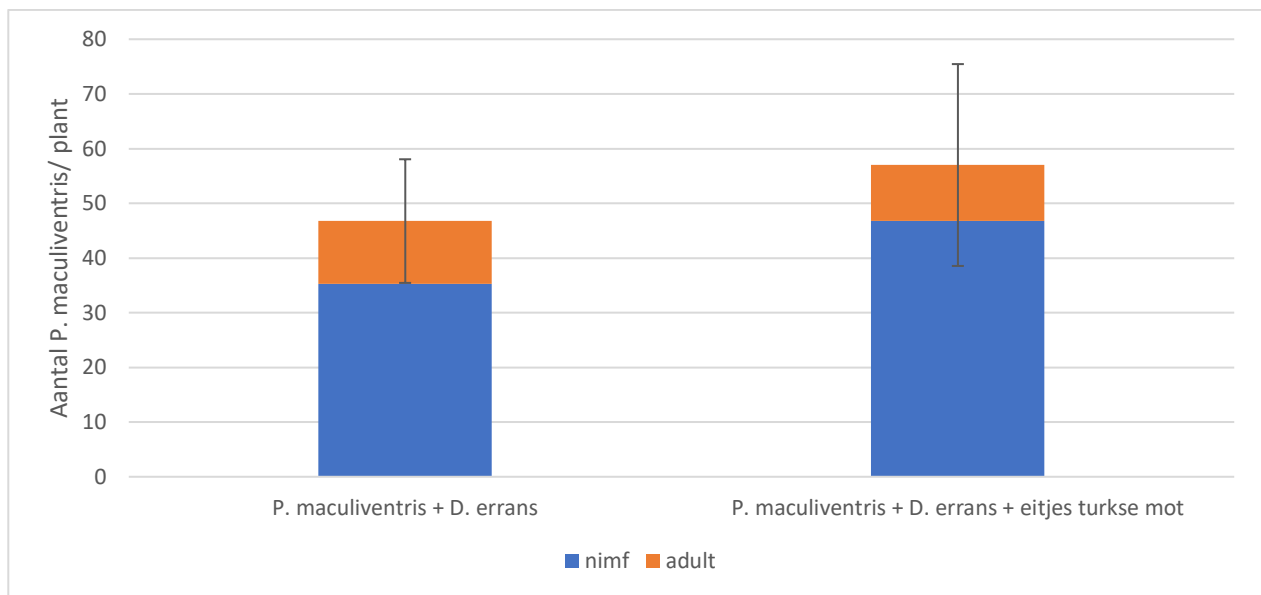
11.3 Resultaten

Podisus maculiventris

De populatie van *P. maculiventris* was explosief gegroeid gedurende 6 weken. Van 2 paartjes naar meer dan 50 wantsen per plant (figuur 11.1). Er werd geen verschil gevonden tussen de behandelingen met en zonder Turkse mot. Een week na de introductie van de wantsen waren er eerste eitjes van *Podisus* op de wand van de kooi gevonden en een week later eerste nimfen op het blad. *Podisus* heeft ook eieren afgezet aan de onderkant van de bloemen en op stengels. De nimfen waren ook daar te vinden (figuur 11.2?). Bij zo hoge dichtheid van de wantsen werden er ook veel vervellingshuidjes en ontlasting op de planten gevonden. De nimfen hebben zich meestal geclusterd aan de onderkant van het blad maar ook onder de bloemen (figuur 11.2).

Dicyphus errans

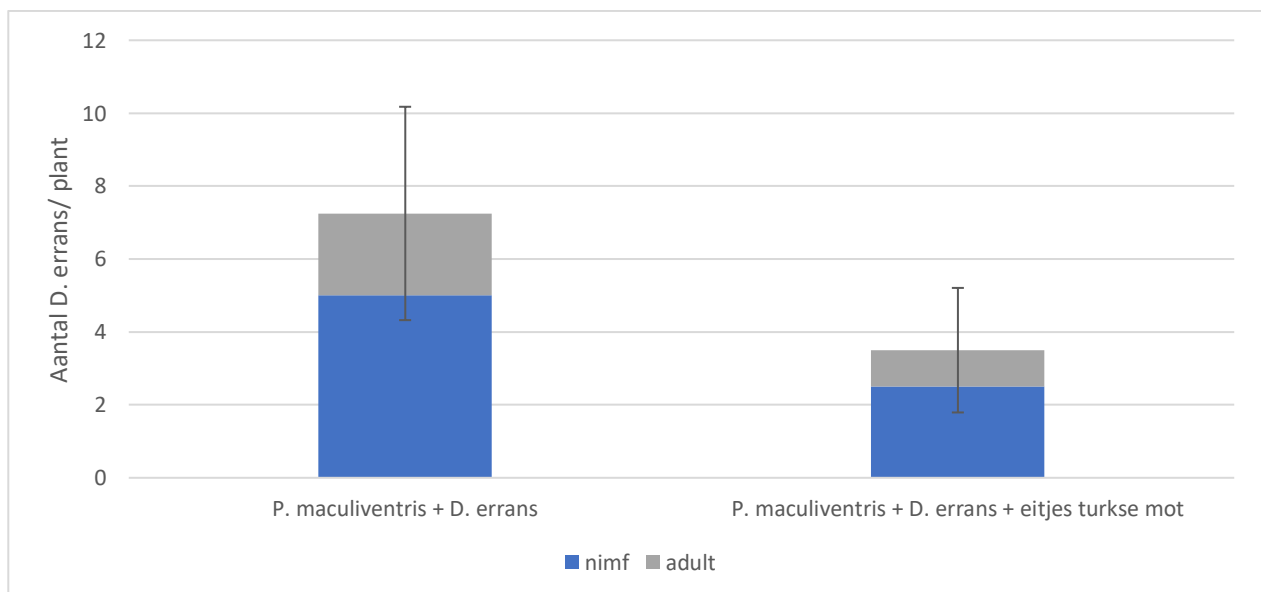
In tegenstelling tot *Podisus* heeft *D. errans* zich niet gevestigd (figuur 11.3). Met de kennis die we nu hebben over *D. errans* bestaat een vermoeden dat dit grotendeels te wijten was aan de extreme temperaturen (boven 30° C) in de kas.



Figuur 11.1 Aantal *P. maculiventris* (nimfen en adulten) 6 weken na de introductie.



Figuur 11.2 Clusters nimfen en eieren *Podisus* in de bloemen en op stengel.



Figuur 11.3 Aantal *D. errans* (nimfen en adulten) 6 weken na de introductie.

11.4 Conclusie

P. maculiventris heeft zich makkelijk gevestigd op de gerbera, maar *D. errans* niet. Mogelijk komt dit door een negatieve interactie tussen de wantsen, dit kon echter in deze proef niet met zekerheid worden vastgesteld. Op basis van deze resultaten is de mogelijke interactie onderzocht in een kooiproef in het najaar om *D. errans* optimale klimaatomstandigheden te kunnen bieden (hoofdstuk 12).

Op basis van praktijkervaringen met *D. errans* in de afgelopen jaren weten we dat de populaties van deze roofwants in de zomer snel afnemen. *D. errans* prefereert gemiddelde temperaturen.

Wat betreft de schade aan het gewas door beide wantsen is te zien dat, bij zeer hoge aantallen, *Podisus* op de plant, vervuiling optreedt door uitwerpselen en vervellingshuidjes. Dit zal echter in de praktijk nooit een rol kunnen spelen. Dergelijk hoge aantallen roofwantsen zijn in een open kas niet haalbaar en niet noodzakelijk voor een effectieve rupsenbestrijding.

Wat betreft de schade aan bloemen, dit kon in deze testopstelling niet exact worden vastgesteld (te korte proefperiode en bloemschade door de begoniamijt). Wij hebben echter geen alarmerende misvormingen aan de bloemen gezien.

12 Interactie roofwantsen *Podisus maculiventris*, *Dicyphus errans* en *Orius laevigatus* in gerbera (kasproef)

12.1 Introductie

Bij het toevoegen van een nieuwe predator aan het systeem is het cruciaal om te weten hoe deze zal interacteren met de andere predatoren. In het geval van "intraguild predation" (predator jaagt op andere predator) kan het hele systeem uit balans raken.

In een kooienexperiment werd de interactie tussen de generalistische roofwantsen *Podisus maculiventris*, *Dicyphus errans* en *Orius laevigatus* onderzocht in afwezigheid van plagen maar met extra voeding. De interactie werd getest op individuele gerberaplanten.

12.2 Materiaal en methode

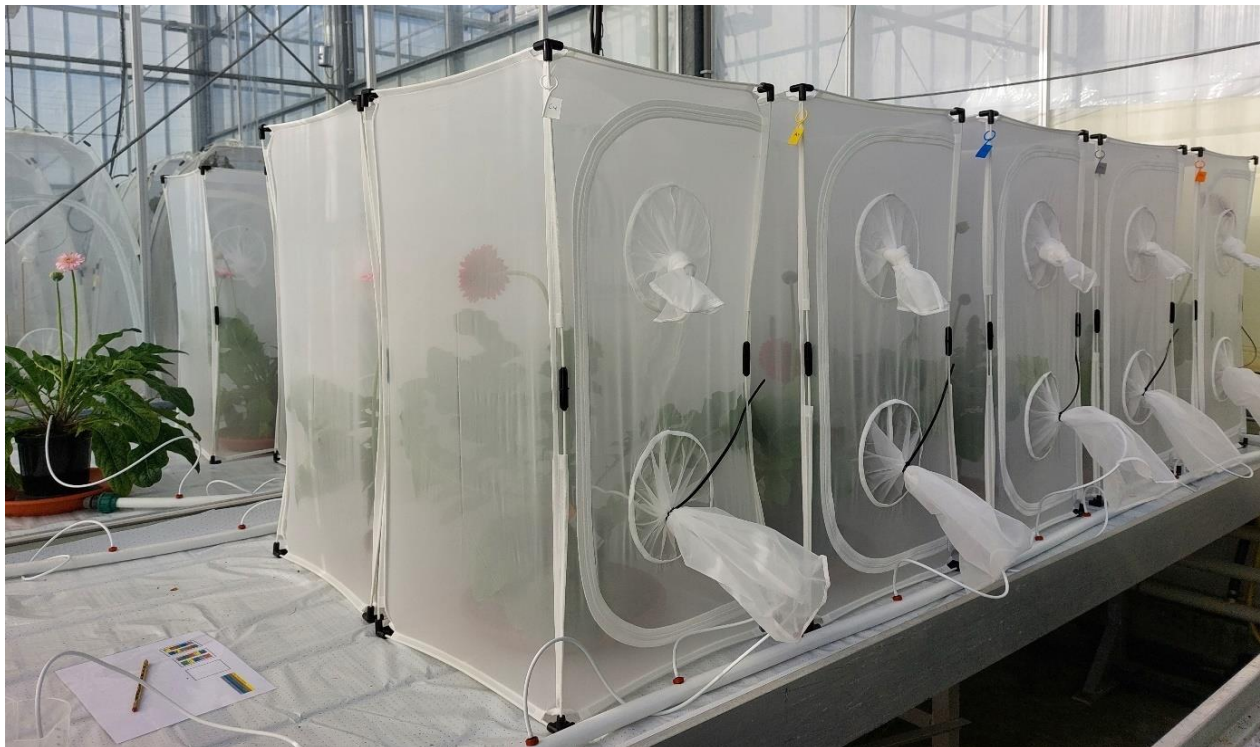
Gerberaplanten werden geplaatst in een kasafdeling van 24m². Op twee tafels zijn 20 tripskooien (Bugdorm, 47x47x95) in vier rijen van vijf kooien geplaatst voor de vier herhalingen (figuur 12.1). Voor drie herhalingen is gebruik gemaakt van de gerbera cultivar Kimsey en voor één herhaling de cultivar Passoa. De Kimsey gerbera's zijn gestript tot 30 bladeren per plant en één bloem en de Passoa gerbera's zijn gestript tot 15 bladeren per plant en één bloem. In elke kooi is een schotel met vermiculiet geplaatst met daarop één gerbera plant met een druppelaar in de pot. De proef is uitgevoerd tussen 15 oktober en 14 december maar het klimaat van de kas was ingesteld op "zomerse temperaturen" en de SON-T lampen in de kas zijn gebruikt om de dag te verlengen tot 11,5 uur per dag.

In oktober zijn er vijf behandelingen ingezet in verschillende combinaties van *Podisus maculiventris*, *Dicyphus errans* of *Orius laevigatus* gevoerd met 50ml meelwormen en/ of 0,05 gram HQ Artemia. Hierna zijn gedurende acht weken elke week de aantallen van de wantsen per kooi geteld en om de week is er bijgevoerd. Gedurende de proef zijn de rijpe bloemen geoogst en achtergelaten in de kooi.

De behandelingen waren als volgt:

- A- Controle *Podisus maculiventris* + *Tenebrio molitor* (meelwormen levend)
- B- Controle *Dicyphus errans* + HQ *Artemia franciscana*
- C- Controle *Orius laevigatus* + HQ *A. franciscana*
- D- *P. maculiventris* + *D. errans* + meelwormen + HQ *A. franciscana*
- E- *P. maculiventris* + *O. laevigatus* + meelwormen + HQ *A. franciscana*

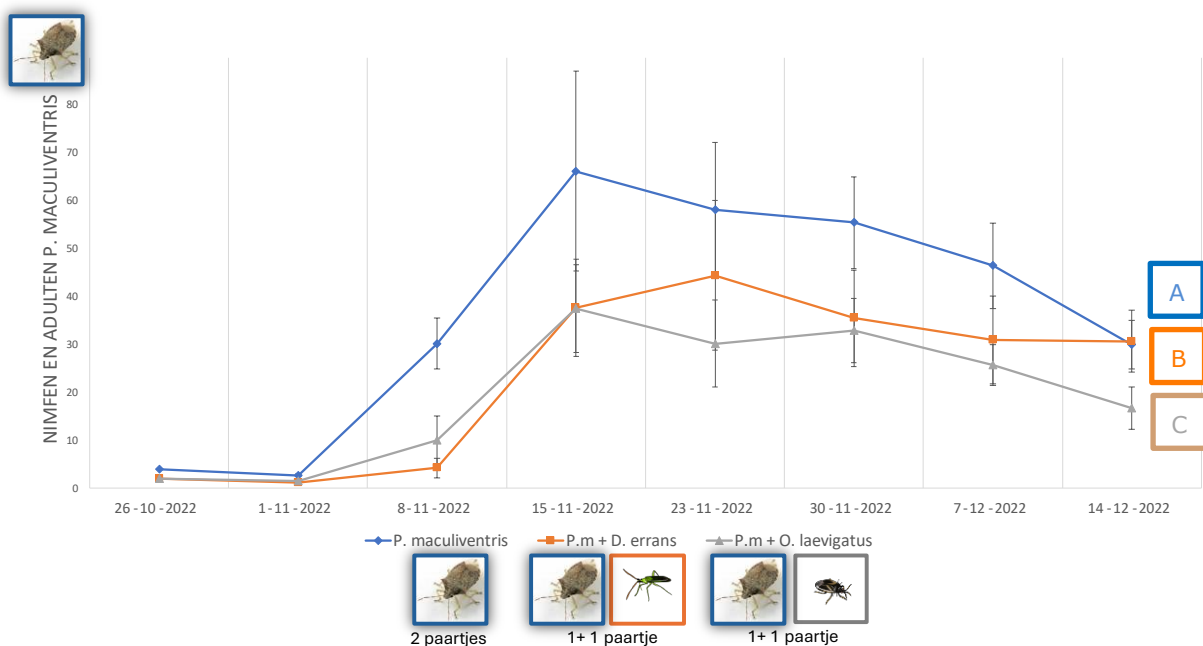
In alle drie controlebehandelingen werden er 2 paartjes roofwantsen geïntroduceerd, in de behandelingen met twee soorten werd er 1 paartje van elke soort geïntroduceerd.



Figuur 12.1 Kasopzet met individuele gerberaplanten in de kooien.

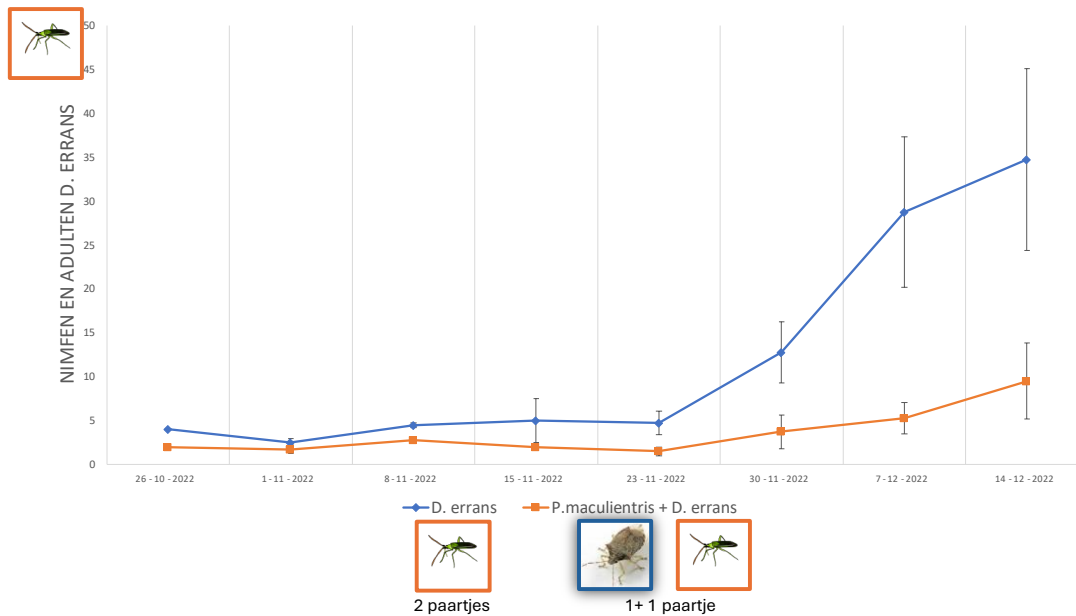
12.3 Resultaten

Op basis van de ontwikkeling van de populatie van *P. maculiventris* in de controlebehandeling en in de behandelingen met de andere twee roofwantsen, kunnen we concluderen dat de twee andere wantsen geen invloed hebben gehad op de populatiegroei van Podisus. De populatie van Podisus in de Podisus-alleen-behandeling is hoger, maar er werden twee keer zoveel Podisus vrijgelaten dan in de gemengde behandelingen (figuur 12.2). Een andere patroon is te zien voor *D. errans* en *O. laevigatus* diens populaties groeiden langzamer in de Podisus behandeling dan in de controle (figuur 12.3 en 12.4).

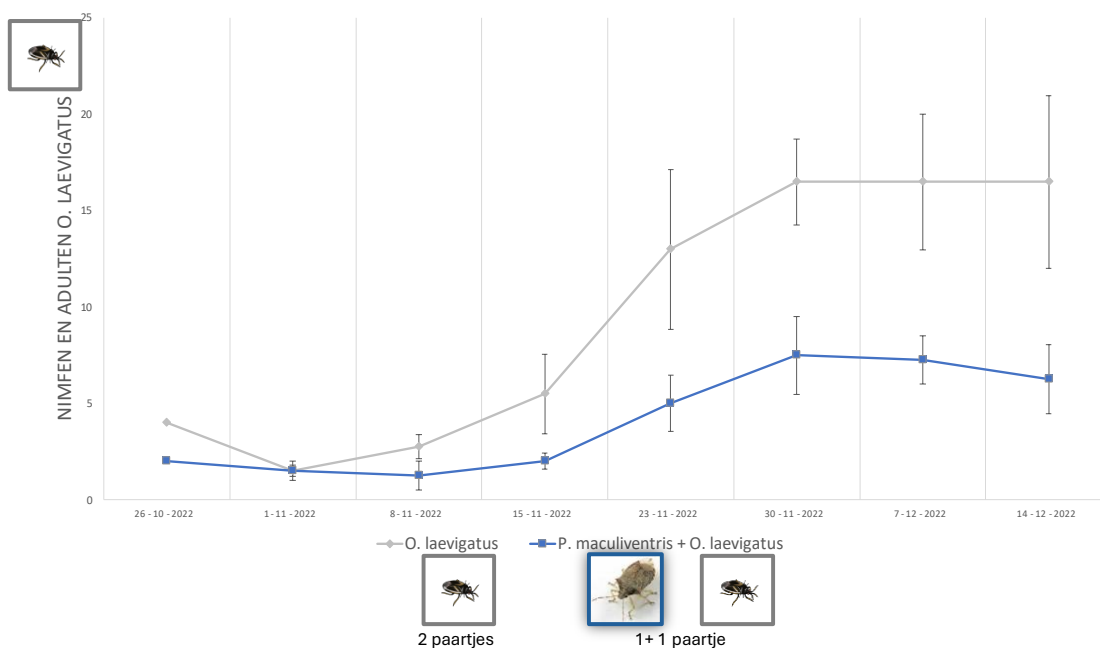


Figuur 12.2 Verloop van de populatie van *Podisus maculiventris* in drie behandelingen.

In beide gevallen lijkt *Podisus* een negatieve impact te hebben gehad op beide wantsen.



Figuur 12.3 Verloop van de populatie van *Dicyphus errans* zonder en met *P. maculiventris*.



Figuur 12.4 Verloop van de populatie van *Orius laevigatus* zonder en met *P. maculiventris*.

12.4 Conclusies

P. maculiventris wordt niet beïnvloed door aanwezigheid van andere wantsen. De populatie nam snel toe en verschilde niet van de controlebehandeling van *Podisus*. Het lijkt erop dat *D. errans* en *O. laevigatus* wel last hebben van *Podisus*. Deze situatie hoeft zich echter niet per se voor te doen in open gewassen. In het geval van het experiment kan de kooi een beperkende factor zijn waarbij alle 3 de insecten gedwongen worden om de kleine ruimte met elkaar te delen. In een open gewas kan elk van de 3 insecten een andere niche innemen. Mogelijke negatieve interacties tussen *Podisus* en andere roofwantsen moeten echter in aanmerking worden genomen bij het bepalen van de bestrijdingsstrategie, vooral in het geval dat de wantsen preventief worden geïntroduceerd en de prooi met elkaar gaan delen.

13 Strategieën bestrijding Turkse mot in gerbera en paprika

13.1 Introductie

Zoals in de vorige proeven is gebleken, zijn twee nieuwe bestrijders, de roofwants *Podisus maculiventris* en de sluipwesp *Euplectrus carinifer* effectieve bestrijders van de grote larvale stadia van de Turkse mot. Een aanvulling op de bestrijdingsstrategie, die is gebaseerd op eibestrijder *Trichogramma achaea* en jonge rupsbestrijdingsmiddelen op basis van *Bacillus thuringiensis*, met de roofwants en sluipwesp zou kunnen leiden tot effectieve bestrijding van de rupsenplaag.

In twee proeven, in de gerbera- en paprikateelt, hebben we verschillende strategieën getest.

13.2 Proef in gerbera

13.2.1 Materiaal en methode

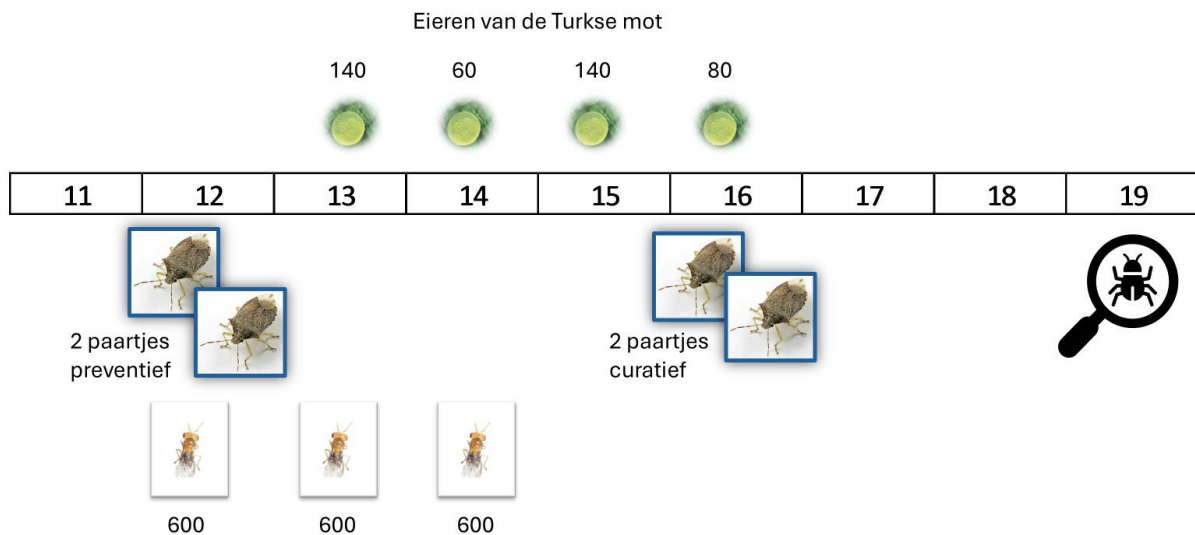
De proef werd uitgevoerd in 4 walk-in kooien gevuld met gerberagewas die afkomstig waren van een andere proef (PPS jaarrond biologische bestrijding). De kooien waren 5,5 m lang en 3,7 m breed, ingericht met goten. Daarop stonden 46 gerberaplanten van twee cultivars Kimsey en Passoa (50/50). Het klimaat in de kas werd afgestemd op de commerciële teelt voor deze periode van het jaar. De proef liep van week 11 (2023) tot en met week 19. De roofwantsen *D. errans* en *O. majusculus* uit de vorige proef waren al op de planten aanwezig en werden niet verder geïntroduceerd.

De behandelingen waren als volgt:

- Controle (alleen Turkse mot)
- *T. achaeae* (preventief) + *P. maculiventris* (preventief) + *D. errans* + *O. majusculus*
- *T. achaeae* (preventief) + *P. maculiventris* (curatief) + *D. errans* + *O. majusculus*
- *T. achaeae* (preventief) + *D. errans* + *O. majusculus*

Voor het experiment werd NeemAzal in de controlekooi gespoten om alle aanwezige insecten te elimineren. Vier planten (2 per cultivar) uit elke kooi werden tot 15 bladeren gestript en in een aparte kooi geplaatst om te worden geënt met eieren van de Turkse mot. Deze procedure werd vier keer uitgevoerd, in week 13, 14, 15 en 16 en leverde respectievelijk 140, 60, 140 en 80 eieren per kooi op. *P. maculiventris* werd gevoerd met meelwormen in plastic containers (1 eetlepel/container) op bamboestokken die net boven het gewas waren bevestigd. De 2 andere roofwantsen werden gevoerd met HQ Artemia (1 gram/kooi) die over het gewas werd gestrooid. Aanvullende voeding vond wekelijks plaats vanaf week 12 tot het einde van het experiment. De preventief gebruikte bestrijders zijn in week 12, een week voor de eerste partij Turkse motteneieren, in de kooien geplaatst: 600 poppen van *T. achaeae* en 2 paar *P. maculiventris*. De introductie van *T. achaeae* werd nog 2 keer herhaald, in week 13 en 14. *P. maculiventris* in de curatieve behandeling werd in week 16 geïntroduceerd (2 paar per kooi). Voor de schema van de introducties zie figuur 13.1. In week 19 werd de telling uitgevoerd, het aantal bladeren met vraatschade, het aantal rupsen en roofwantsen en het aantal geparasiteerde eieren werden gescoord.

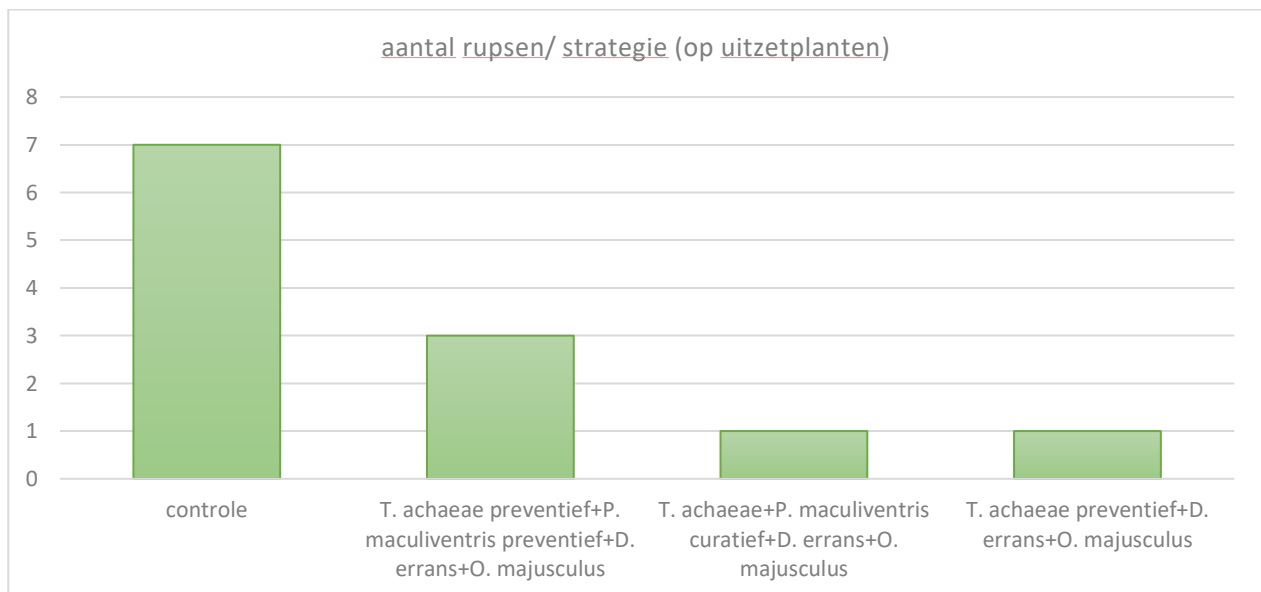
Het aantal motteneieren van elke partij werd afzonderlijk in de klimaatkamer geplaatst om het uitkomstpercentage te controleren.



Figuur 13.1 Schema van de introducties.

13.2.2 Resultaten

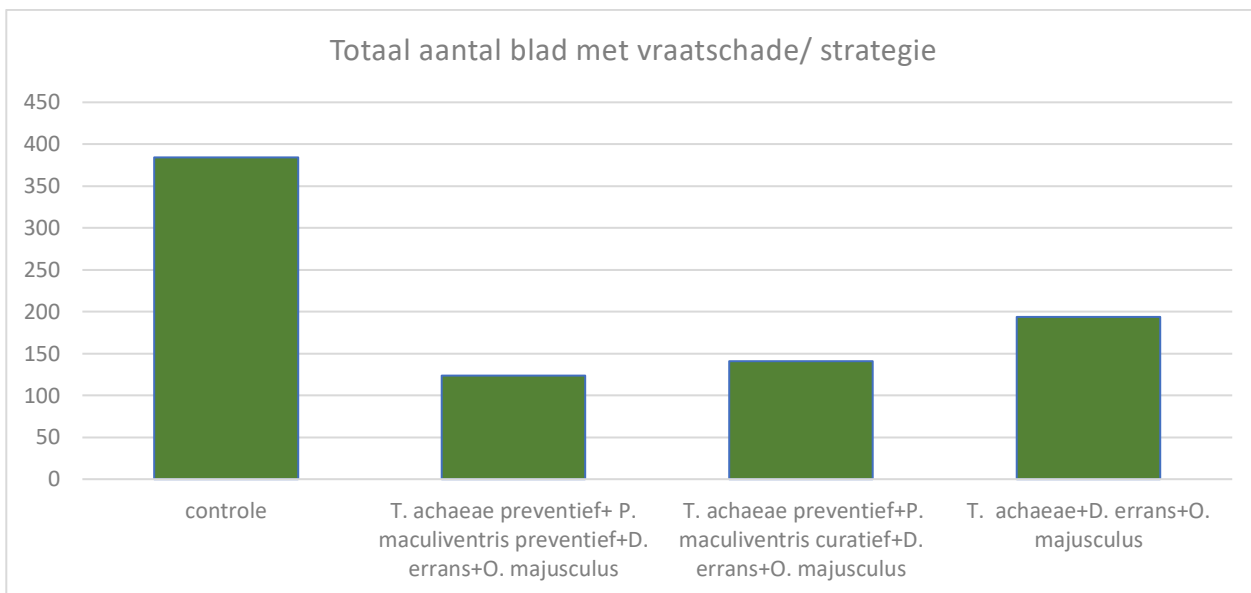
Het aantal rupsen dat in de proef op de uitzetplanten werd teruggevonden, was aanzienlijk lager dan het aantal eieren dat in de controlebehandeling in de klimaatkamer uitkwam. Van de 420 eieren die per strategie werden geïntroduceerd, werden 7 (1.6%) rupsen teruggevonden in de controlebehandeling (figuur 13.2 en 13.6), terwijl het percentage eieren dat in de klimaatkamer uitkwam tussen de 30 en 83% lag (ingezet 613 eieren). Dit verschil is moeilijk te verklaren, maar beïnvloedt wel de interpretatie van de resultaten.



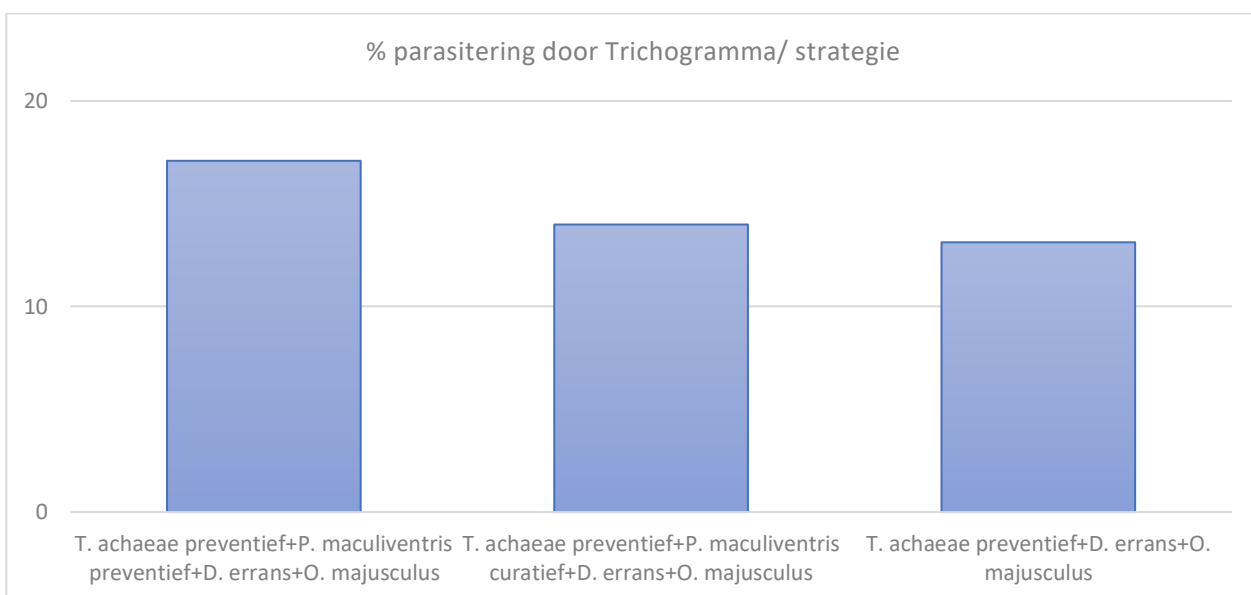
Figuur 13.2 Het aantal rupsen teruggevonden op de uitzetplanten van elke strategiekoel op het eind van de proef.

Een betere manier om de strategie te beoordelen lijkt te zijn om te kijken naar het verschil in het aantal bladeren met vraatschade. In de controlebehandelingen hadden drie keer zoveel bladeren vraatschade als in de twee behandelingen met *Podisus* en twee keer zoveel als in de behandeling zonder *Podisus* (figuur 13.3). De aantallen door *Trichogramma* geparasiteerde motteneieren was bijna gelijk in alle drie behandelingen en lag tussen 13 en 17% per strategie (figuur 13.4).

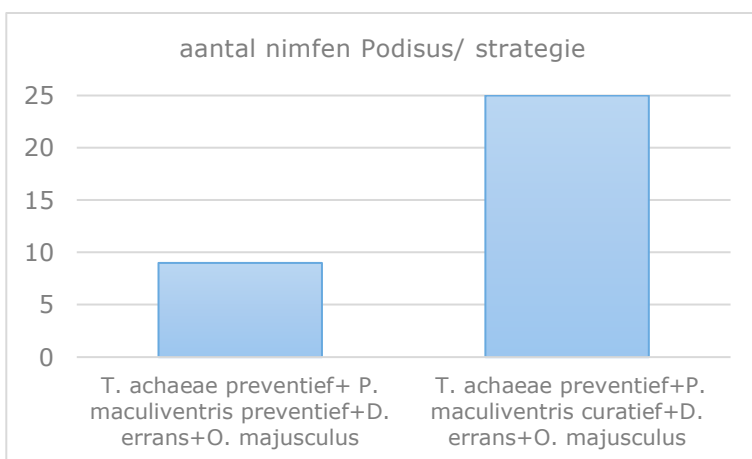
Er werden geen volwassene *Podisus* roofwantsen teruggevonden in de kooien van beide behandelingen met *Podisus*. Echter in de curatieve behandeling werden er bijna drie keer zoveel nimfen geteld (figuur 13.5).



Figuur 13.3 Het totaal aantal bladeren met vraatschade per strategie op het eind van de proef.



Figuur 13.4 Percentage motteneieren geparasiteerd door Trichogramma op het eind van de proef.



Figuur 13.5 Het aantal nimfen van Podisus geteld op het eind van de proef.



Figuur 13.6 Een rups van Turkse mot in de controlebehandeling op het eind van de proef.

13.3 Proef in paprika

13.3.1 Materiaal en methode

Het experiment met 3 verschillende strategieën werd in paprika, uitgevoerd in dezelfde opstelling met 4 inlooptkooien als het gerbera-experiment. Het paprikagewas was volgroeid en kwam uit een ander experiment (PPS jaarrond biologische bestrijding). Na afloop van dit experiment werden de kooien opgeruimd en klaargemaakt om de strategieën te testen. Per kooi stonden 4 rijen paprikagewas en in totaal 32 planten van de Mallentra-variëteit (figuur 13.7). De proef werd uitgevoerd tussen week 20 en 26 en het klimaat werd ingesteld overeenkomstig met een commerciële paprikateelt in deze periode.

De behandelingen waren als volgt:

- Controle (alleen Turkse mot)
- *T. achaeae* preventief
- *T. achaeae* preventief + *P. maculiventris* preventief
- *T. achaeae* preventief + *P. maculiventris* curatief

Er werden op verschillende momenten Turkse mot eieren of rupsen in de kooien geïntroduceerd. In week 20 werden er per kooi 2 jonge paprikaplanten belegd met eieren per kooi geplaatst. Daarna 2 weken achter elkaar was de eileg mislukt (de motten gingen dood door waarschijnlijk te hoge temperatuur). In week 22 was de eileg succesvol er werden weer 2 planten belegd met eieren in de kooien geplaatst. In week 24 werden er 2 planten per kooi gezet met eieren van de Turkse mot gelegd op een stukje papier en vastgemaakt met een klem op de plant en in week 25 nogmaals 2 planten per kooi met daarop 50 rupsen in totaal (figuur 13.8).

De eerste introductie van Trichogramma-poppen vond plaats in week 20 en werd herhaald in week 22. 600 poppen werden op 18 post-it geplakt die aan de onderkant van het blad werd bevestigd op verschillende planten. Podisus werd geïntroduceerd in week 20 met 2 paren per rij (8 paartjes per kooi) en 1 voerstation per rij. Het voerstation was een bakje met meelwormen zoals in het experiment met gerbera. Het bakje werd bevestigd aan de stengel in het midden van de plant. De curatieve introductie van Podisus vond plaats in week 22 met dezelfde aantallen zoals de preventieve. In week 25 werd de telling van de vraatschade uitgevoerd, het aantal rupsen en roofwantsen werd geteld in week 26.



Figuur 13.7 Planten in de kooi.

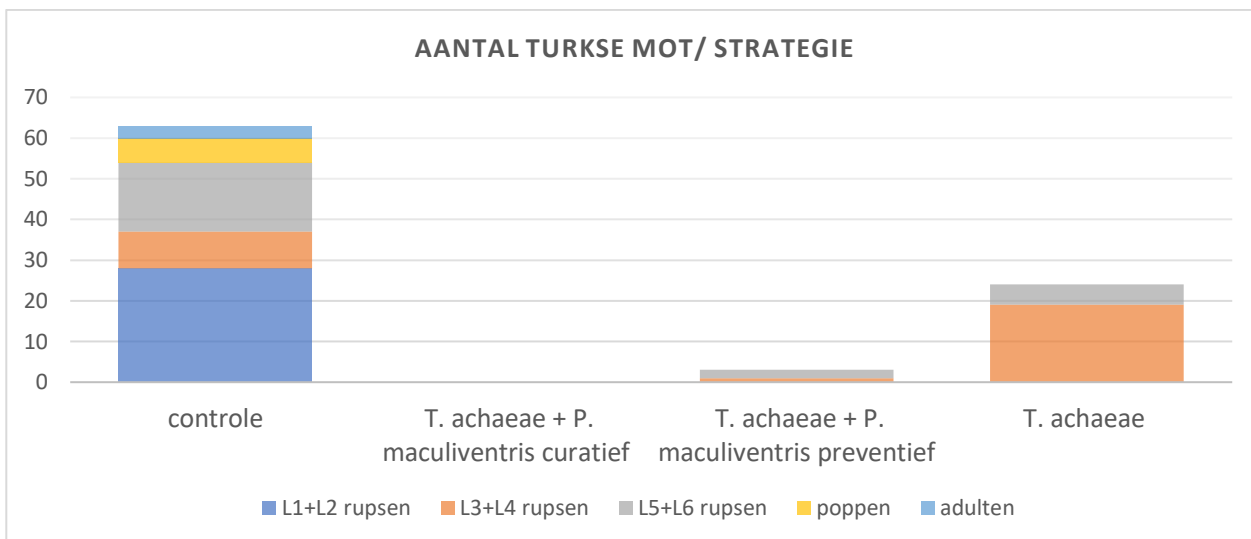


Figuur 13.8 Plant met rupsen geplaatst in de kooien in week 25.

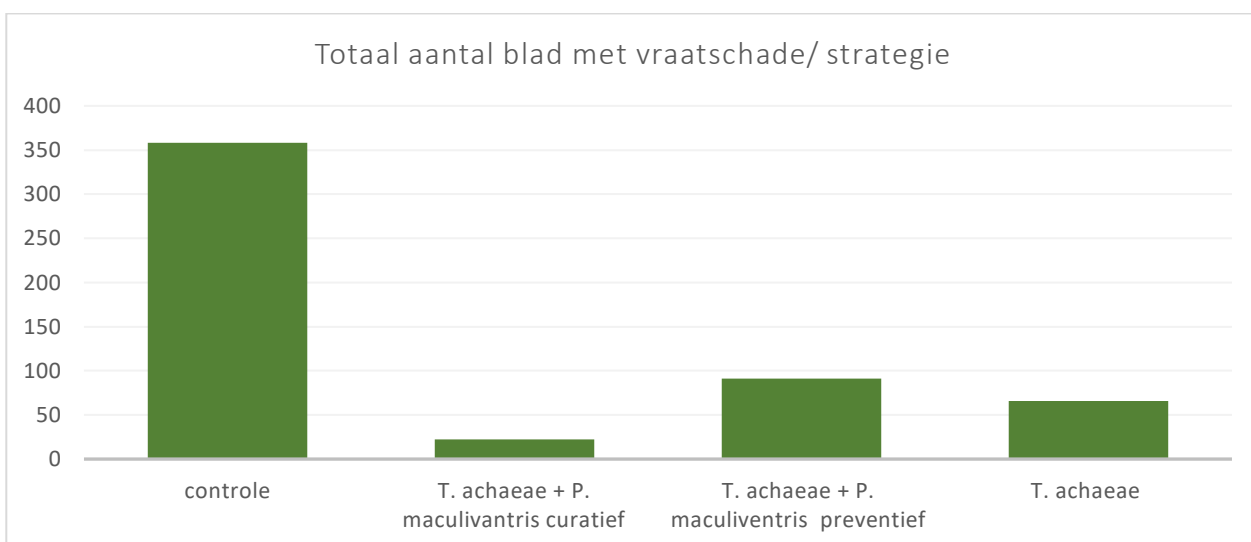
13.3.2 Resultaten

In de controlebehandeling werden alle stadia van de Turkse mot teruggevonden, inclusief de volwassenen. Dit ondanks dat er ook enkele *Podisus* werden geteld aan het eind van de proef. In de strategie met preventieve inzet van *Podisus* werden 3 rupsen terug gevonden en in de strategie met de curatieve inzet geen. In de strategie met de sluipwesp *Trichogramma* werden meer dan 20 grote rupsen geteld, die ontsnap waren aan de parasitering (figuur 13.9).

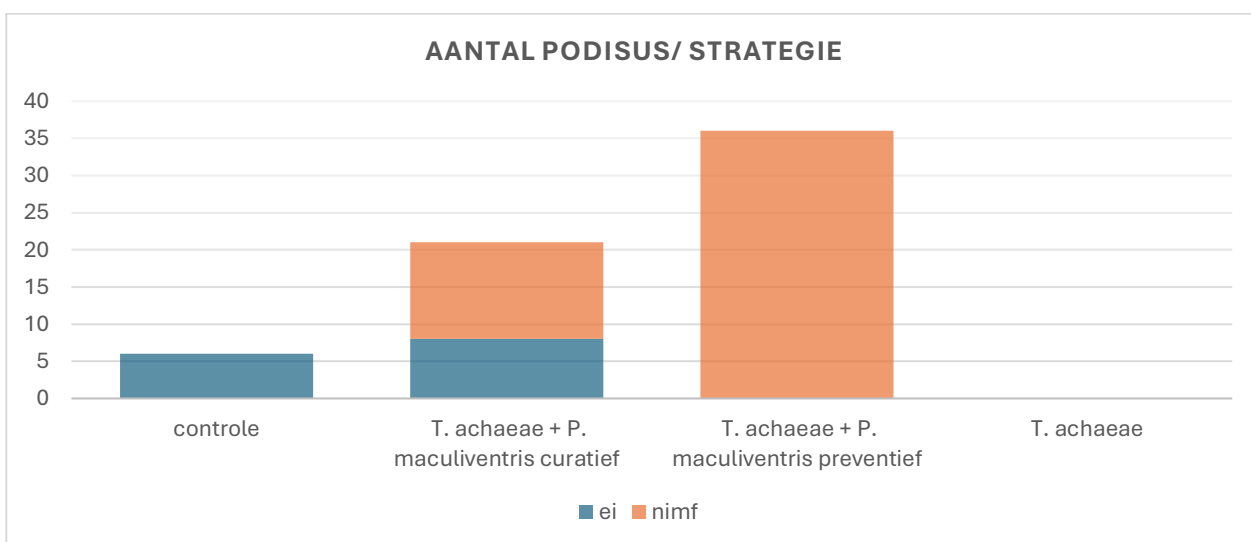
Bijna hetzelfde beeld is te zien in de telling van de bladeren met vraatschade, het aantal bladeren met schade was 17 keer hoger in de controle dan in de curatieve strategie met *Podisus*. Echter werden er meer met vraat aangetaste bladeren gevonden in de preventieve *Podisus* strategie als in de strategie met *Trichogramma* alleen (figuur 13.10). In alle drie strategieën was de vraatschade aanzienlijk minder dan in de controle. Op het eind van de proef werden er geen volwassene *Podisus* teruggevonden, wel nimfen en eieren (figuur 13.11).



Figuur 13.9 De aantallen Turkse mot per stadium aan het eind van proef.



Figuur 13.10 Het totaal aantal bladeren met vraatschade per strategie een week voor het eind van de proef.



Figuur 13.11 Het aantal eieren en nimfen van Podisus geteld op het eind van de proef.

13.3.3 Conclusie en discussie

Er kunnen geen definitieve conclusies worden getrokken, omdat het experimentele ontwerp, zonder herhalingen, dit onmogelijk maakt. We kunnen echter voorlopig stellen dat het mogelijk is om de Turkse mot te bestrijden met de twee geteste natuurlijke vijanden. De timing van de introducties moet altijd in overweging worden genomen. Optimale timing is waarschijnlijk een voorwaarde voor succesvolle bestrijding. Deze strategieën moeten nog worden gevalideerd in een open kas.

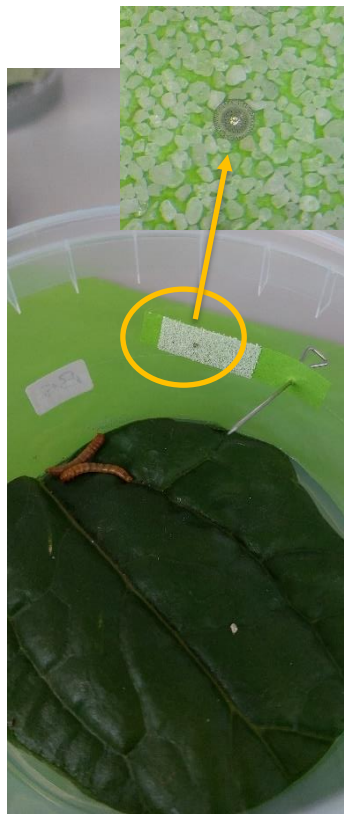
13.4 Labproef bijvoeren Podisus

Uit de kooiproeven bleek dat preventieve introducties van Podisus en aanvullende voeding met meelwormen geen gewenst effect hadden op de aantallen roofwantsen; er vond geen daadwerkelijke vestiging van de populatie plaats. Nadat de kooiexperimenten met verschillende strategieën waren afgerond, introduceerden we Podisus in de demo gerberakas 2030 om de vestiging van de roofwants in de open teelt te volgen. De wantsen werden gevoerd met meelwormen die op dezelfde manier werden aangeboden als bij de kooienproef in gerbera (H13.2). We konden echter 2 weken na de introductie geen wantsen vinden. Hetzelfde resultaat kwam uit de praktijktest in de paprikateelt waar Podisus werd losgelaten tegen *Nezara viridula*. Daarom werd besloten om terug te gaan naar het laboratorium en de ontwikkeling van Podisus op verschillende diëten te onderzoeken.

13.4.1 Materiaal en methode

Het experiment werd uitgevoerd in de klimaatkamer bij 20° C en een dag/nachtregime van 16:8. De RV in de klimaatkamer werd ingesteld op 70%. In 280 ml-containers werden gerberabladdons op een laag wateragar geplaatst om te voorkomen dat het blad uitdroogde (figuur 13.12). In elke container werd 1 Podisus-ei aan een stuk klevend papier bevestigd. De rest van het papier werd bestrooid met zand om te voorkomen dat de nimf aan het lijmgedeelte zou blijven plakken. De op deze manier gemaakte papiertjes werden met een speld aan de zijkant van de container bevestigd (figuur 13.13). Dit om eipredatie door meelwormen te voorkomen. Verschillende soorten voedsel werden ad libitum op de ponsen gestrooid (figuur 13.14). Bij de meelwormbehandelingen werden 2 meelwormen aangeboden. Containers werden elke 2-3 dagen gecontroleerd om het stadium van de roofwants te bepalen en om indien nodig voedsel of bladpons te verversen. De volgende diëten werden getest:

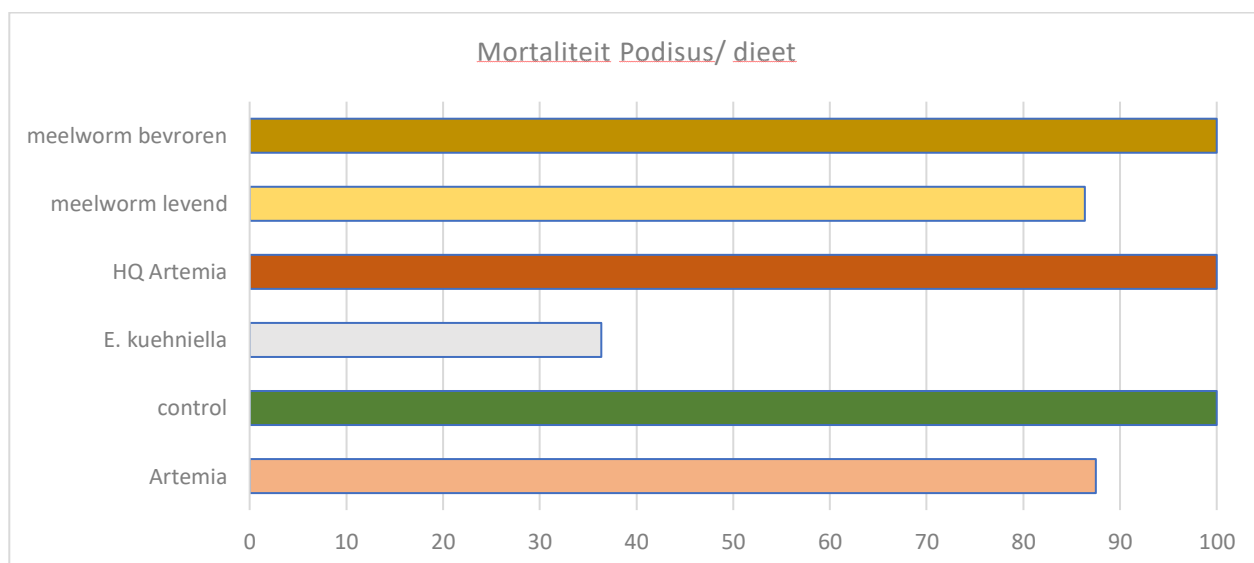
- Controle- geen voedsel
- Meelwormen levend
- Meelwormen dood (ingevroren bij -20° C gedurende 24 uur)
- HQ Artemia
- Artemia
- *Ephesia kuehniella* eieren



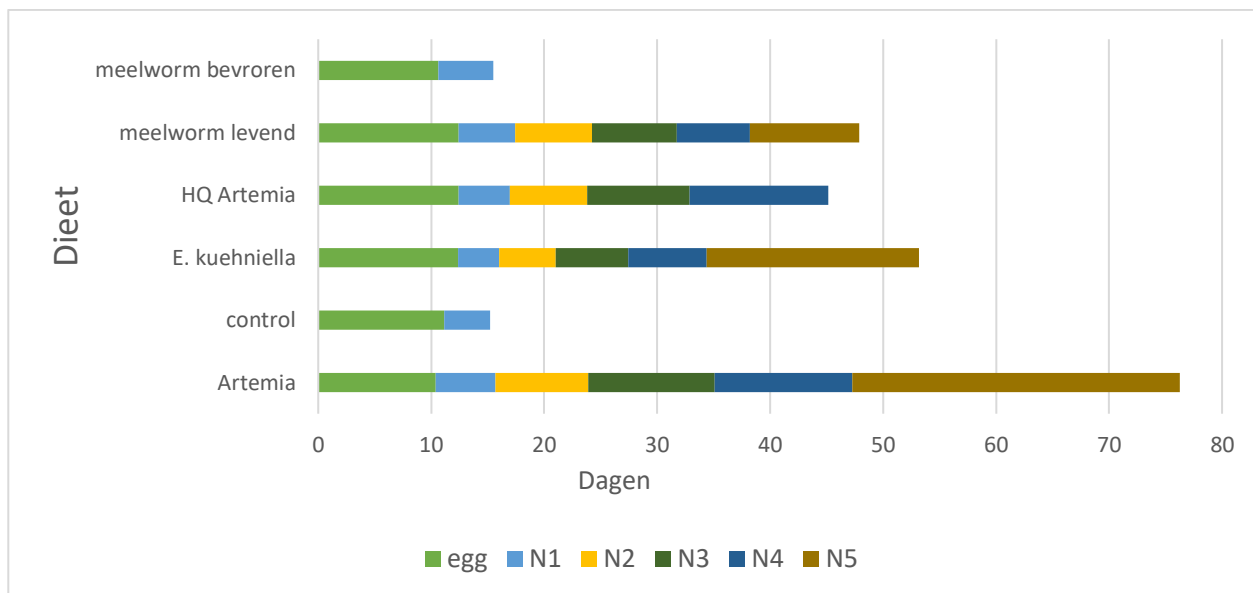
Figuur 13.12 Bakjes met ponsen **Figuur 13.13** Een ei van Podisus. **Figuur 13.14** Een Podisus nimf in het bakje met Ephestia.

13.4.2 Resultaten

De diët met de laagste mortaliteit door alle stadia heen was de diët van Ephestia (figuur 13.15). De ei mortaliteit was tussen 9% (meelworm levend) en 27% (controle, Ephestia en meelworm bevroren). Ongeveer 40% van de eerste nimfale stadium overleed in de behandeling waar levende meelwormen aan de roofwants werden aangeboden. De mortaliteit van alle nimfale stadia op verschillende diëten is weergegeven in figuren a, b, c, d, e (in bijlage 1). Ondanks dat er de laagste mortaliteit van de nimfale stadia was op diët van de eieren van Ephestia alleen 60% van de ingezette eieren had zich uiteindelijk ontwikkeld tot volwassen wants. Echter duurde de ontwikkeling van ei tot adult meer dan 50 dagen (figuur 13.16).



Figuur 13.15 Totale mortaliteit van Podisus stadia per diët.



Figuur 13.16 De ontwikkelingsduur van *Podisus* van ei tot adult afhankelijk van het gegeven dieet.

13.4.3 Conclusies en discussie

Het experiment toonde aan dat het vinden van een kunstmatig dieet om *Podisus* in de kas bij te voeren een uitdaging is. De wantsen hebben waarschijnlijk een zeer gevarieerd dieet nodig om zich te ontwikkelen. Op basis van observaties in de kweekkooien (de kweek wordt uitgevoerd met peperplanten en meelwormen en zeer goed verloopt) concludeerden we dat de meelwormen voldoende zijn om de cyclus te voltooien. Nadat de vestiging in de kasexperimenten mislukte, voerden we een labexperiment uit met verschillende voedselbronnen en verdiepten we ons tegelijkertijd in het gedrag van *Podisus* in de kweekkooien. Wat we in de kweek observeerden, is dat de jonge nimfen zich altijd voegen bij het meelwormmaaltijd dat de volwassen nimfen hen geven. Ze kunnen hun prooi niet zelfstandig aanvallen. Dit werd ook bevestigd in het labexperiment. Het labexperiment toonde aan dat met name de grotere nimfenstadia waarschijnlijk meer eiwitten moeten consumeren om de levenscyclus te voltooien.

De complexiteit van de voedingsbehoeften van de nimfenstadia maakt het twijfelachtig of preventief gebruik van *Podisus* in gewassen ooit mogelijk zal zijn. Momenteel worden er nog experimenten met verschillende diëten uitgevoerd binnen andere projecten van WUR en bij het proefstation Hoogstraaten in België.

14 Gedragsbeïnvloeding rupsen van Turkse mot

14.1 Inleiding

Het gedrag van rupsen van de Turkse mot kan een aanzienlijke invloed hebben op de effectiviteit van biologische en chemische bestrijdingsstrategieën. Wanneer eten de rupsen? Overdag, 's nachts? Een eenduidig antwoord op deze vraag is nog niet beschikbaar in de wetenschappelijke literatuur. Deze kennis is belangrijk want dat kunnen telers beter besluiten wanneer ze de behandelingen moeten toepassen. Een andere belangrijke vraag is wat het effect is van verschillende behandelingen op het gedrag van de rupsen? Bijvoorbeeld, hoe beïnvloedt *Bacillus thuringiensis* (Bt), een entomopathogene bacterie die veel door telers wordt gebruikt tegen *C. chalcites*, het gedrag van *C. chalcites*-larven in het gewas? En hoe lang is Bt effectief na bespuiting? Het antwoord op deze vragen helpt ons te bepalen wanneer rupsen het meest worden blootgesteld aan biologische en chemische behandelingen en om de toepassing van deze behandelingen te optimaliseren.

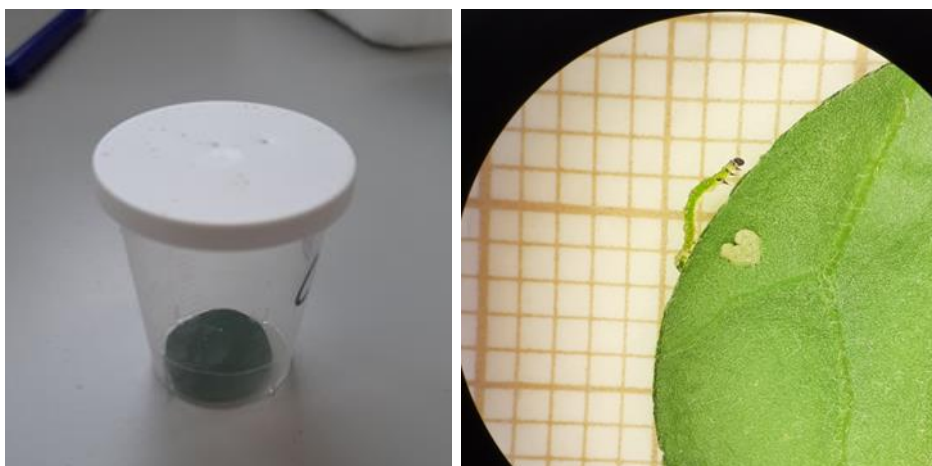
14.2 Invloed van licht op voedingsgedrag rupsen

14.2.1 Materiaal en methoden

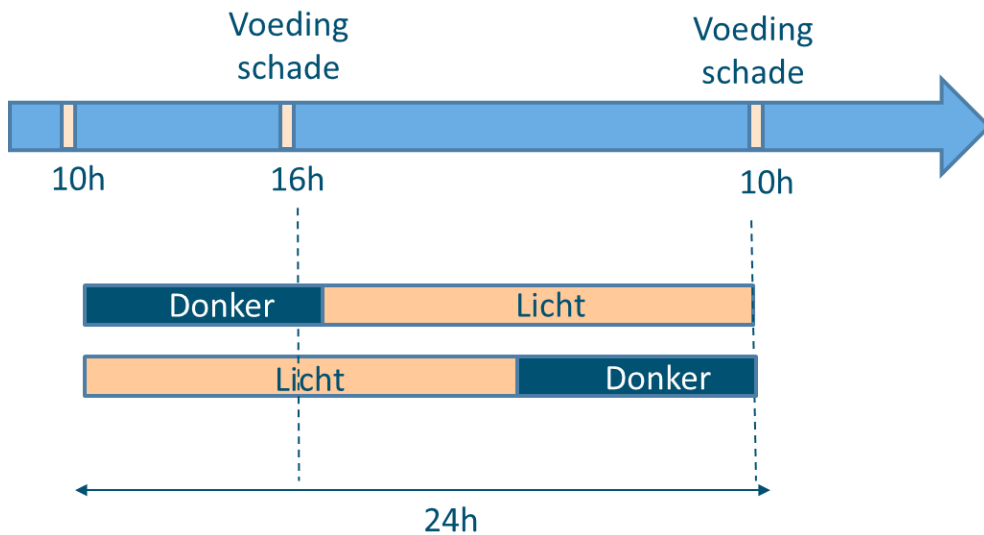
Om het voedingsgedrag van *C. chalcites* te begrijpen, voerden we een laboratoriumexperiment uit met L2-larven in plastic bekertjes (figuur 14.1 links). In elk bekertje plaatsten we een gerberabladschijfje en een L2-larve van *C. chalcites*. We hebben gedurende 24 uur 2 lichtregimes toegepast (figuur 14.2), door de cups in 2 verschillende klimaatcellen te plaatsen:

- Begin met donker: 8 uur donker gevolgd door 16 uur licht (36 bekertjes)
- Begin met licht: 16 uur licht gevolgd door 8 uur donker (33 bekertjes)

Na 6 uur en 24 uur keken we naar de aanwezigheid van vraatschade op het gerberablade en maten we het beschadigde gebied (mm²) met grafiekpapier in elk bekertje (figuur 14.1 rechts). De behandeling "Begin met donker" werd 36 keer herhaald en de behandeling "Begin met licht" werd 33 keer herhaald.



Figuur 14.1 Links: Beker met een gerberabladschijf en een L2-larve van *C. chalcites*. Rechts: Grafiekpapier gebruikt om het beschadigde gebied op elke bladschijf te meten.



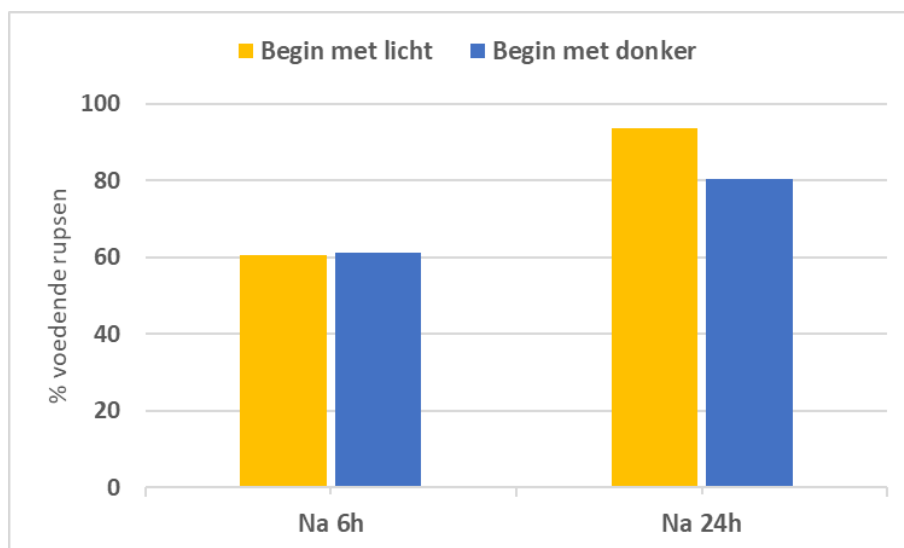
Figuur 14.2 Tijdlijn van het voedingsgedragsexperiment met 2 lichtregimes.

We analyseerden de data in Excel en RStudio. Om de voedingsschade tussen de twee lichtbehandelingen te vergelijken, voerden we een non-parametric two-way ANOVA uit met behulp van de Aligned Rank Transform (ART)-methode (omdat de variantie tussen de groepen significant verschilde).

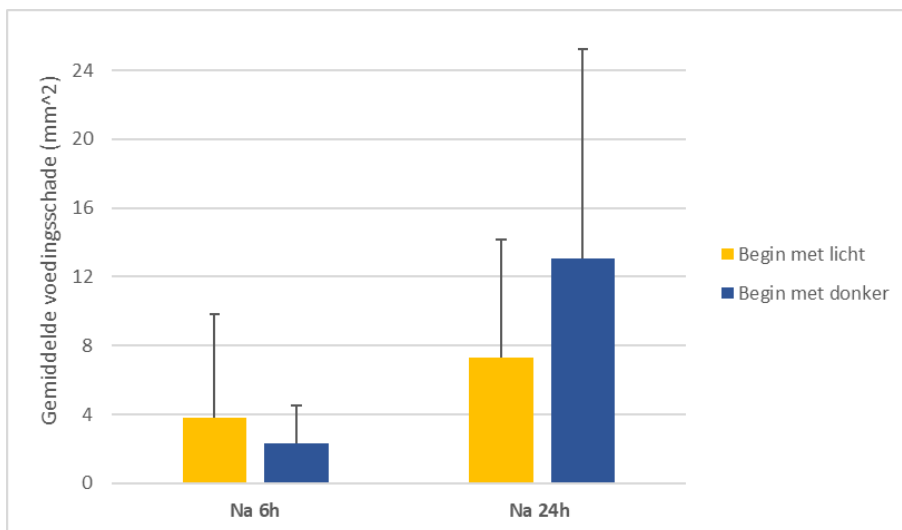
14.2.2 Resultaten

Na 6 uur in de klimaatcellen had 60,6% en 61,1% van de rupsen zich gevoed op de gerberabladschijf, respectievelijk in de "Begin met licht" en "Begin met donker" behandeling (figuur 14.3). Na 24 uur had 93,8% en 80,6% van de rupsen zich gevoed op het blad, respectievelijk in de "Begin met licht" en "Begin met donker" behandeling.

Wat betreft het schadegebied, aten de rupsen in de "Begin met licht" behandeling gemiddeld 5,7 mm² en 10,3 mm² na respectievelijk 6 en 24 uur (figuur 14.4). De rupsen in de "Begin met donker" behandeling aten gemiddeld 3,2 mm² en 16,8 mm² na respectievelijk 6 en 24 uur. Er werd geen statistisch significant verschil gevonden in het schadegebied tussen de twee lichtbehandelingen ($Df=1$; $F=3,5$; $p=0,06$), en ook geen significante interactie tussen lichtbehandeling en tijd ($Df=1$; $F=3,2$; $p=0,07$). We vonden echter wel een significant effect van de tijd op de vraatschade ($Df=1$; $F=18,7$; $p<0,001$): bij beide lichtbehandelingen aten de rupsen significant meer na 24 uur dan na 6 uur (wat te verwachten was).



Figuur 14.3 Percentage *C. chalcites* L2-larven dat na 6 uur en 24 uur onder 2 lichtregimes van de bladschijf at.



Figuur 14.4 Gemiddelde vraatschade (mm^2) $\pm$ SE op een gerberablade van een *C. chalcites* L2 larve na 6 uur en 24 uur onder 2 lichtregimes.

14.2.3 Conclusies en discussie

Concluderend tonen deze resultaten aan dat *C. chalcites* L2-larven zowel onder lichte als donkere omstandigheden eten, wat erop wijst dat *C. chalcites*-larven zich waarschijnlijk zowel overdag als 's nachts in een kas voeden met de gewassen.

We kunnen daarom de hypothese stellen dat spuiten in de ochtend of avond geen sterk effect zal hebben op de blootstelling van de rupsen. Het is echter belangrijk om in gedachten te houden dat uv-straling de effectiviteit van microbiologische behandelingen zoals Bt- en baculovirussen negatief kan beïnvloeden.

14.3 Effect van *Bacillus thuringiensis* (Bt) op het gedrag van *C. chalcites* rupsen

14.3.1 Materiaal en methoden

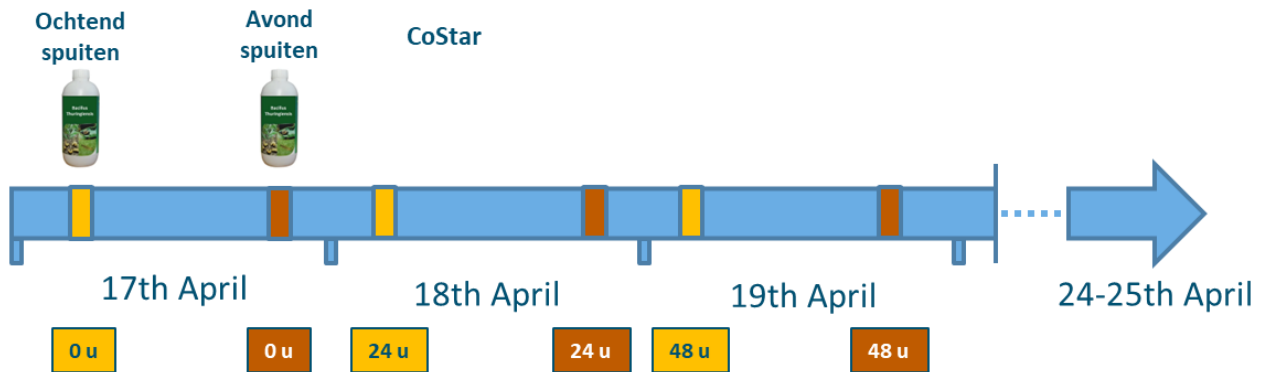
Om het effect van Bt op het gedrag van rupsen van de Turkse mot te begrijpen, hebben we een kasexperiment met gerberaplanten uitgevoerd. Op een ochtend (8:30 uur) in april 2023 hebben we Bt en water gespoten op twee verschillende gerberaliijnen (30 planten per lijn) in demokas 2030 bij WUR (Bleiswijk). 4 liter Bt (CoStar, 5 g/10 liter) en 4 liter water werden apart gespoten, elk op één lijn. Diezelfde dag, 's middags (17:00 uur), hebben we dezelfde behandelingen toegepast op twee verschillende gerberaliijnen. In totaal werden 4 gerberaliijnen bespoten met twee verschillende behandelingen (water en Bt): 2 in de ochtend en 2 in de avond (figuur 14.5 en 14.6 links).

Voor elk spuitmoment (ochtend en avond) en elke behandeling (water en Bt) verzamelden we 10 bladeren van de bespoten planten, 0 uur, 24 uur en 48 uur na het spuiten. We brachten deze bladeren naar het laboratorium en maakten er bladschijfjes van (3-cm diameter), die we in bekertjes plaatsten (figuur 14.6 midden). In elk bekertje plaatsten we 2 bladschijfjes, 1 aan de linkerkant en 1 aan de rechterkant, waardoor de volgende 3 groepen ontstonden:

- Mix: 1 bladschijfje van de Bt-behandeling en 1 bladschijfje van de waterbehandeling
- Water: 2 bladschijfjes van de waterbehandeling
- Bt: 2 bladschijfjes van de Bt-behandeling

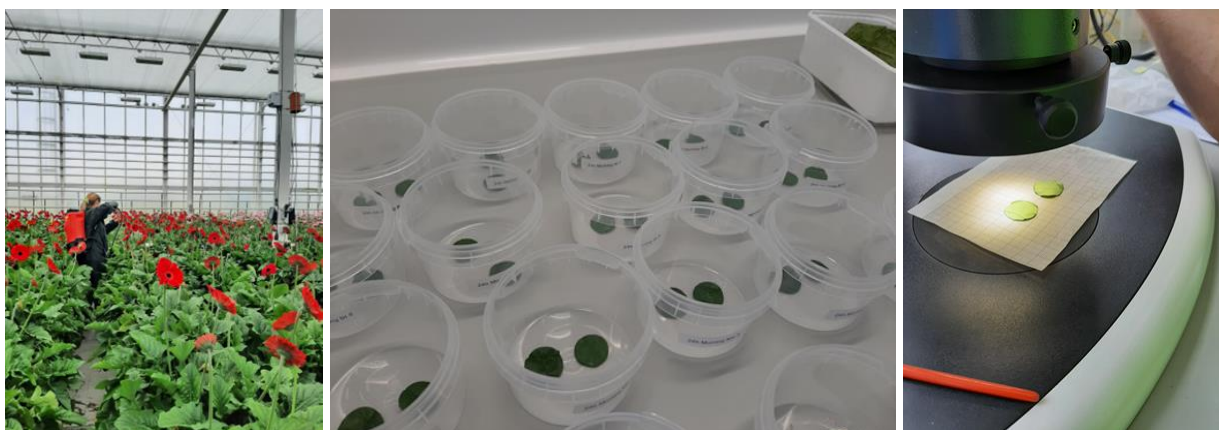
In elk bekertje plaatsten we 1 L1-L2 *C. chalcites*-rups in het midden van de twee bladschijfjes. We testten in totaal 180 rupsen: 10 per categorie (Mix, Water, Bt), per spuitmoment (ochtend, avond) en per tijdstip na de spuit (0 uur, 24 uur, 48 uur). De bekertjes werden bewaard bij 25 °C en 75% RV, met 14 uur licht en 10 uur donker.

Na 24 uur maten we de schade (mm²) met grafiekpapier op elk bladschijfje in elk bekertje (figuur 14.6 rechts). Na 7 dagen controleerden we of de rups in elk bekertje levend of dood was. Om de rupsen gedurende 7 dagen in de bekertjes in leven te houden, voegden we elke 48 uur verse gerberabladschijfjes (niet behandeld met Bt of water) toe aan elk bekertje.



Figuur 14.5 Tijdlijn van de Bt-kasproef.

We analyseerden de data in Excel en RStudio. Om het effect van het spuitmoment (ochtend, avond) en de behandeling (water, Bt, Mix) op de vraatschade te bestuderen, voerden we een non-parametric two-way ANOVA uit met behulp van de Aligned Rank Transform (ART)-methode. Om de voorkeur van de rupsen voor de Mix-behandeling te analyseren, voerden we een Wilcoxon-ranktest uit. Om de sterfte van de rupsen te analyseren, voerden we een Generalized Liner Model (GLM) met binominale verdeling (logistieke regressie) uit.



Figuur 14.6 Links: Het bespuiten van de gerbera-rijen. Midden: Bekers met 2 gerbera-bladschijven en 1 rups. Rechts: Het meten van de vraatschade op elke bladschijf na 24 uur.

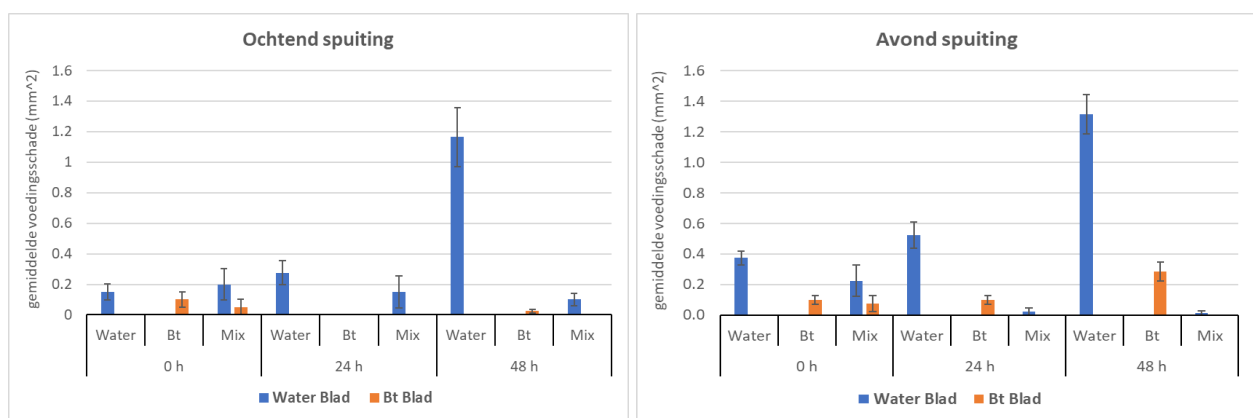
14.3.2 Resultaten

Het tijdstip van bespuiten (ochtend, avond) had alleen bij de Bt-behandeling een significante invloed op de vraatschade (figuur 14.7, $p < 0,001$). Wanneer rupsen werden blootgesteld aan 2 bladeren die 's avonds met Bt werden bespoten, aten ze gemiddeld 0,08 mm², terwijl ze van de bladeren die 's ochtends waren bespoten, 0,02 mm² aten.

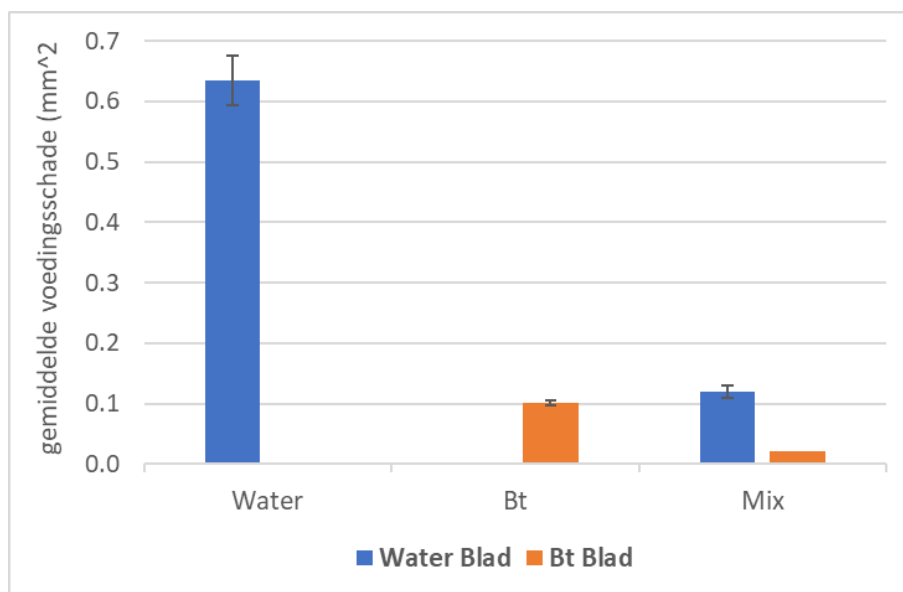
Vergelijken we deze getallen echter met de resultaten van het vorige experiment (14.2), dan zien we dat de rupsen na de avondbespuiting nog steeds een zeer klein bladoppervlak aten. In het vorige experiment (14.2) lag de gemiddelde vraatschade na 24 uur tussen de 10 en 16 mm², terwijl deze in het huidige experiment met de Bt-behandeling niet boven de 0,3 mm² uitkwam. We kunnen daarom niet concluderen dat het tijdstip van bespuiten daadwerkelijk van invloed was op de effectiviteit van de Bt-behandeling: na zowel de ochtend- als de avondbespuiting aten de rupsen een zeer kleine hoeveelheid blad.

De rupsen aten significant meer bladoppervlak in de bekertjes van de waterbehandeling (2 bladschijfjes bespoten met water) dan in de bekertjes van de Bt-behandeling (2 bladschijfjes bespoten met Bt) en de Mix-behandeling (1 bladschijfje bespoten met Bt, 1 bladschijfje bespoten met water) (figuur 14.8, $p < 0,001$). Het gemiddelde schadeoppervlak in de waterbehandeling was 0,3 mm², terwijl dit respectievelijk slechts 0,05 en 0,07 mm² was in de Bt- en Mix-behandeling.

Tot slot hadden de rupsen in de bekertjes van de Mix-behandeling een significante voorkeur voor het bladschijfje bespoten met water (figuur 14.7, $p = 0,006$). Gemiddeld was het schadeoppervlak op het met water bespoten blad 0,1 mm², terwijl dit op het met Bt bespoten blad 0,02 mm² was.



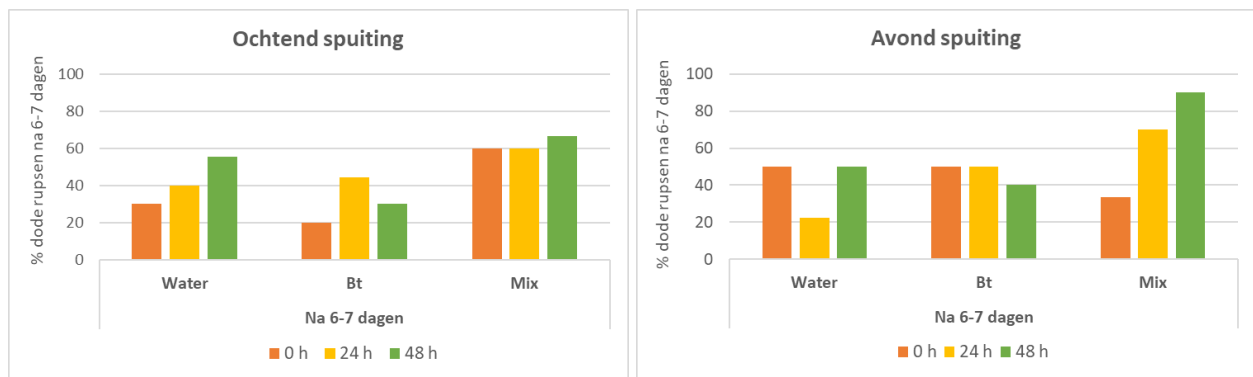
Figuur 14.7 Gemiddelde ($\pm$ SE) voedingsschade (mm²) van *C. chalcites* rupsen per bladschijfcategorie (Water, Bt, Mix) en per spuitmoment (links: ochtend, rechts: avond); 0u, 24u en 48u na spuiten.



Figuur 14.8 Gemiddelde ($\pm$ SE) voedingsschade (mm²) van *C. chalcites* rupsen per bladschijfcategorie (Water, Bt, Mix).

Na 7 dagen in de bekertjes was de sterfte van de rupsen significant hoger in de Mix-behandeling dan in de Water- en Bt-behandeling (figuur 14.9, $p=0,04$ respectievelijk $p=0,01$). Gemiddeld stierf 64% van de rupsen in de Mix-behandeling, terwijl respectievelijk 41% en 39% stierf in de Water- en Bt-behandeling. Het tijdstip van bespuiten (ochtend, avond) en het tijdstip na het bespuiten (0 uur, 24 uur, 48 uur) hadden geen significant effect op de sterfte van de rupsen.

In totaal voedden 16 rupsen zich met een met Bt bespoten blad, en 6 van hen stierven na 7 dagen. Het lichaam van een dode rups die met Bt is besmet, kleurt meestal bruin. In ons experiment hadden de dode rupsen echter een heel ander uiterlijk (figuur 14.10). Het was daarom niet mogelijk om te bevestigen of een rups was gestorven door een Bt-infectie of niet.



Figuur 14.9 Percentage *C. chalcites*-rupsen die dood zijn 7 dagen na blootstelling aan 3 verschillende behandelingen: Water, Bt of Mix, waarbij bladeren 0 uur, 24 uur of 48 uur na het spuiten (ochtend of avond) zijn verzameld.



Figuur 14.10 Drie dood *C. chalcites* rupsen 7 dagen na blootstelling aan gerberabladeren bespoten met Bt.

14.3.3 Conclusies en discussie

Bacillus thuringiensis (Bt) lijkt een sterk afstotend effect te hebben op larven van *C. chalcites*. Wanneer ze de keuze hebben tussen een blad bespoten met water of met Bt, eten de rupsen het liefst het met water bespoten blad.

In ons experiment stierven de rupsen die werden blootgesteld aan de met Bt bespoten bladeren niet significant vaker dan de rupsen die werden blootgesteld aan de met water bespoten bladeren. We kunnen daarom veronderstellen dat rupsen die worden blootgesteld aan met Bt bespoten bladeren deze bladeren niet eten. Een andere hypothese is dat de werkzaamheid van Bt in de kas na verloop van tijd afneemt, waardoor de rupsen zich kunnen blijven voeden met de met Bt bespoten bladeren zonder dood te gaan. We zullen deze hypothese verifiëren in hoofdstuk 14.4.

14.4 Duur van de Bt-werkzaamheid in het gewas

14.4.1 Materiaal en methoden

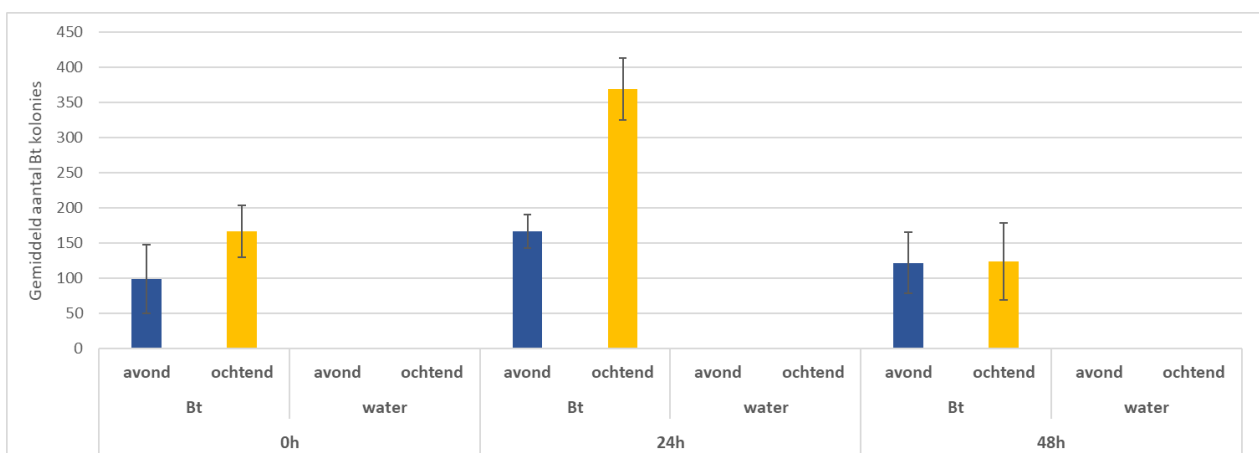
We evalueerden het effect van tijd op de werkzaamheid van *Bacillus thuringiensis* in het gewas. Hiervoor namen we enkele bladmonsters van de gerberaplanten die in paragraaf 14.3 met Bt en water waren bespoten. Voor elk bespuitingstijdstip (ochtend en avond) verzamelden we 5 bladschijfjes van de planten, 0 uur, 24 uur en 48 uur na de bespuitingen. We bewaarden deze bladschijfjes eerst in de vriezer. Na een paar dagen plaatsten we ze in een buisje gevuld met gedestilleerd water en schudden het buisje (figuur 14.11, links). Vervolgens verzamelden we het water, spotten het op een agarplaat met voedingsstoffen en wachtten tot de Bt-kolonies op de agar groeiden (figuur 14.11, rechts). We plaatsten deze agarplaten in een klimaatcel bij 25 °C en 75% RV en telden het aantal Bt-kolonies op elke plaat na 48 uur.



Figuur 14.11 Links: Buisen met water en bladschijfjes. Rechts: Agarplaten gebruikt om de Bt-kolonies te laten groeien.

14.4.2 Resultaten

Zoals verwacht vonden we Bt-kolonies alleen in de agarplaten met de met Bt bespoten bladschijfjes, en niet in de met water bespoten bladschijfjes (figuur 14.12). Het aantal Bt-kolonies op de bladeren 48 uur na het bespuiten was vergelijkbaar met het aantal 0 uur na het bespuiten, zowel bij de ochtend- als avondbespuiting. We vonden gemiddeld 130 en 123 Bt-kolonies per plaat, respectievelijk 0 uur en 48 uur na het bespuiten.



Figuur 14.12 Gemiddeld (±SD) aantal Bt-kolonies per plaat, 0 uur, 24 uur en 48 uur na het bespuiten van Bt en water op gerberaplanten, bij een ochtend- en avondbespuiting.

14.4.3 Conclusies en discussie

Onze resultaten tonen aan dat de Bt-kolonies die onder kasomstandigheden op planten worden gespoten, gedurende ten minste 48 uur relatief stabiel blijven. Het bespuiten van Bt 's ochtends of 's avonds had gedurende de eerste 48 uur na de bespuiting geen effect op de overleving van de Bt-sporen in de kas. We kunnen onze eerdere hypothese, dat de werkzaamheid van Bt onder kasomstandigheden met de tijd afneemt, waardoor de rupsen eten zonder te sterven, verwerpen: in ieder geval gedurende de eerste 48 uur na de bespuiting zijn de Bt-kolonies nog steeds aanwezig en levend op de bladeren.

14.5 Effect van *Bacillus thuringiensis* (Bt) op het gedrag van *C. chalcites* motten

14.5.1 Materiaal en methoden

In dit experiment testten we het effect van Bt op het gedrag van volwassen vrouwtjes van *C. chalcites*. Omdat we zagen dat Bt een afwerend effect heeft op rupsen van *C. chalcites*, veronderstelden we dat het ook een afwerend effect zou kunnen hebben op volwassen *C. chalcites*, die hun eitjes mogelijk liever leggen op planten waar geen Bt-spray is toegepast.

We testten deze hypothese met een experiment in kasomstandigheden. We plaatsten 10 kooien in de gerbera demokas 2030. In elke kooi plaatsten we 2 gerberaplanten: 1 plant bespoten met Bt (CoStar, 5 g/10 liter) en 1 controleplant die niet bespoten was (figuur 14.13). In het midden van de kooi plaatsten we een kopje met daarin een stukje katoen, gedrenkt in water en suiker, als voedselbron. 5 uur na het bespuiten met Bt plaatsten we 4 volwassen *C. chalcites* (2 mannetjes en 2 vrouwtjes) in elke kooi. Twee dagen later telden we het aantal eitjes dat op elke plant was gelegd.

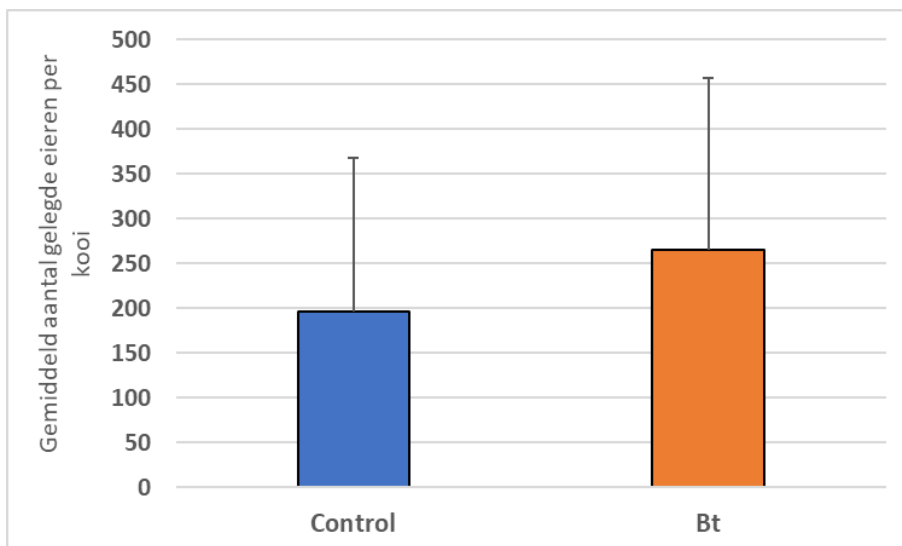
We analyseerden de data in Excel en RStudio. We voerden een paired t-test uit om het aantal eitjes dat op Bt-planten en controleplanten in elke kooi was gelegd, te vergelijken.



Figuur 14.13 Kooi met 2 gerbera planten: één bespoten met Bt en één niet bespoten, en 4 volwassen *C. chalcites*.

14.5.2 Resultaten

Het aantal eieren dat de vrouwtjes van *C. chalcites* op de controle- en Bt-planten legden, verschilde niet significant (figuur 14.14, $p=0,3$). Gemiddeld legden de vrouwtjes van *C. chalcites* respectievelijk 196 en 265 eieren op de controle- en Bt-planten.



Figuur 14.14 Gemiddeld ($\pm$ SD) aantal gelegde eieren van *C. chalcites*-vrouwtjes op gerberaplanten die met Bt zijn bespoten en op controle-gerberaplanten (niet met Bt bespoten) onder kasomstandigheden.

14.5.3 Conclusies en discussie

Onze resultaten tonen aan dat Bt-spray op gerberabladeren geen afwerend effect heeft op volwassen vrouwtjes van *C. chalcites*: wanneer ze worden blootgesteld aan een met Bt bespoten plant en een niet-bespoten plant, leggen ze op beide planten evenveel eitjes.

Dit gedrag heeft belangrijke gevolgen voor de effectiviteit van Bt-behandelingen in kassen: het is belangrijk voor telers om te weten dat Turkse motten hun eitjes nog steeds in hun gewas leggen, zelfs nadat het met Bt is bespoten.

15 Attract & kill methode *Duponchelia fovealis* rupsen

15.1 Inleiding

Duponchelia fovealis rupsen leven in de grond en naast de wortels van planten, waar ze organisch materiaal eten. Bestrijdingsstrategieën tegen deze plaag vereisen daarom het toepassen van behandelingen in de grond. Een strategie is het gebruik van de entomopathogene bacterie *Bacillus thuringiensis* in de grond om de rupsen te doden. In dit hoofdstuk hebben we een methode ontwikkeld om Bt in de vorm van korrels in de grond toe te passen. Om deze korrels aantrekkelijk te maken voor *D. fovealis*-rupsen, ondanks het afstotende effect van Bt, hebben we twee ingrediënten aan de formule toegevoegd: zetmeel en suiker. We hebben de werkzaamheid van deze korrels eerst in het laboratorium en vervolgens in kasomstandigheden getest. Tot slot hebben we ook getest hoe lang Bt-sporen actief blijven in de korrels.

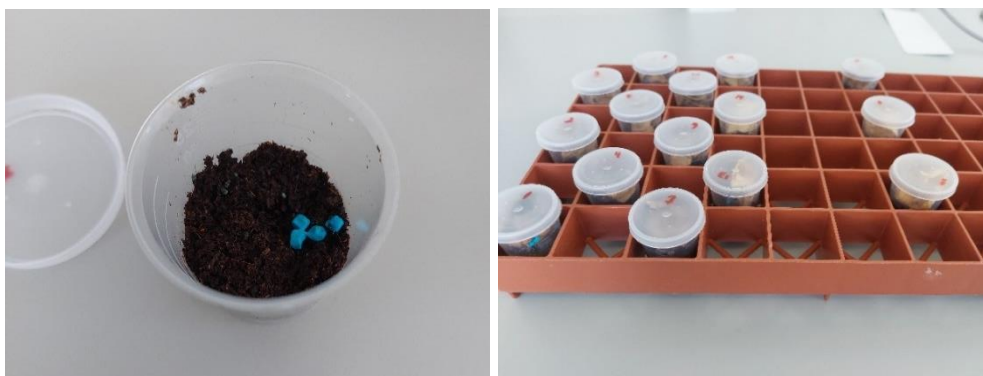
15.2 Werking van aantrekkelijke Bt-korrels tegen *D. fovealis*-rupsen in het laboratorium

15.2.1 Materiaal en methoden

In dit experiment hebben we de werkzaamheid van Bt-korrels tegen *D. fovealis*-rupsen getest.

De Bt-korrels werden bereid met de volgende ingrediënten: 25 g gelatine, 25 g maïszetmeel, 2 g sucrose, blauwe kleurstof, 3,5 g Bt (CoStar) en 50-100 mL water (tot een pasta ontstaat). Met deze formulering was de concentratie Bt per korrel 70 g/kg (protocol van Rosas-Garcia et al., 2009). Dit materiaal werd vervolgens 24 uur gedroogd in een oven bij 50 °C en droog bewaard tot de start van het experiment. Vlak voor de start van het experiment met de rupsen hebben we de korrels gerehydrateerd door gedestilleerd water toe te voegen aan de droge substantie.

Om de aantrekkingskracht van de korrels op de rupsen te testen, gebruikten we 15 plastic cupjes: op de bodem van elk cupje plaatsten we een beetje natte aarde, een stukje droog gerberablاد en een Bt-korrel (figuur 15.1). In elk cupje plaatsten we 1 *D. fovealis*-rups (stadium L2-L3) en controleerden we in hoeveel cupjes de rupsen zich voedden met de korrels, iedere 2 dagen gedurende 7 dagen. We konden bevestigen dat een rups zich aan de korrel had gevoed toen zijn lichaam blauw werd (door de blauwe kleurstof).



Figuur 15.1 Cupjes met aarde, dood gerberablاد en Bt-korrels gebruikt op *D. fovealis*-rupsen.

In een tweede experiment testten we de werkzaamheid van de Bt-korrels op de mortaliteit van L2- en L3-rupsen van *D. fovealis*. Hiervoor gebruikten we 80 plastic cupjes met twee behandelingen: 40 cupjes bevatten natte grond en een Bt-korrel, en 40 cupjes bevatten natte grond en een korrel zonder Bt (dezelfde formulering, maar dan zonder toevoeging van Bt). Voor elke behandeling plaatsten we 20 L2-rupsen in 20 cupjes en 20 L3-rupsen in de andere 20 cupjes. Na 3 dagen telden we het aantal levende en dode rupsen in elke cupje.

Ten slotte evalueerden we in een derde experiment hoe lang de Bt-sporen actief bleven in de korrels, onder invloed van natuurlijke zon en uv-straling. Hiervoor testten we Bt-korrels met verschillende levensduur: korrels die 11 maanden tot een week vóór het experiment waren gemaakt en droog waren bewaard. We hebben deze korrels gerehydrateerd en op twee manieren aan de zon blootgesteld (figuur 15.2):

- in vloeibare vorm, verdund met water, in een buisje voor het raam van het laboratorium.
- in pastavorm, zoals de korrels die op de rupsen werden getest, in een plastic schaalje aan de voet van de gerberaplanten in demokas 2030.

We lieten deze twee soorten korrels een week lang blootgesteld aan natuurlijk licht. Na een week verzamelden we de monsters uit het laboratorium en de kas, verdunden ze 20 keer in gedestilleerd water en besproeiend deze verdunde oplossing in een agarplaat met voedingsstoffen. Drie dagen later telden we het aantal levende Bt-kolonies op elke plaat (figuur 15.4 rechts).



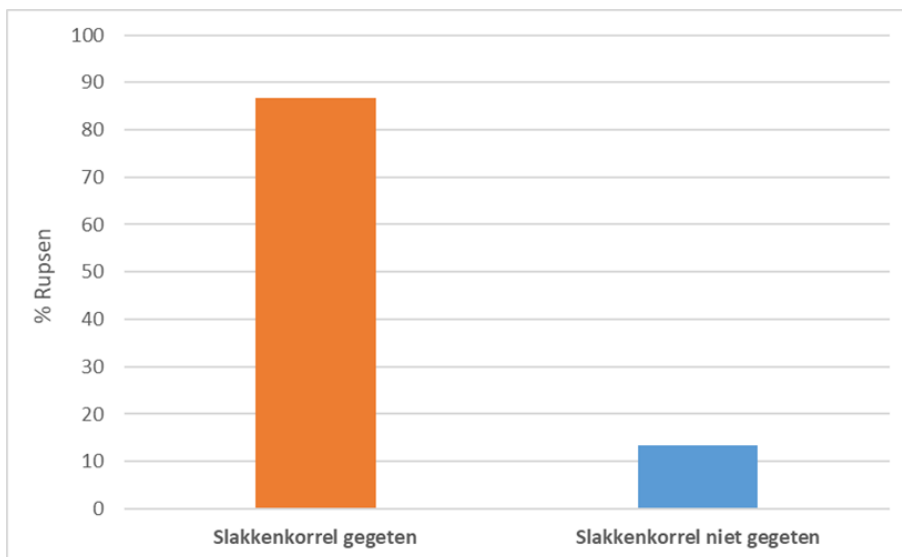
Figuur 15.2 Vloeibare (links) en pastavormige (rechts) korrels getest in het laboratorium en de kas.

15.2.2 Resultaten

In het eerste experiment naar de aantrekkelijkheid van de Bt-korrels zagen we dat 87% van de geteste rupsen zich voedde met de Bt-korrels (figuur 15.3 en 15.4 links).

In het tweede experiment zagen we dat meer dan 50% van de L2- en L3-rupsen die waren blootgesteld aan Bt-korrels na 3 dagen stierven (figuur 15.5). Van de L2-rupsen stierven 12 van de 20 rupsen, terwijl 15 van de 20 L3-rupsen stierven. In de cupjes met controlekorrels (zonder Bt) stierf slechts 1 L2-rups na 3 dagen. In de bekertjes met Bt-korrels konden we respectievelijk 8 en 5 L2- en L3-rupsen niet vinden. We vermoeden dat deze rupsen gestorven zijn en dat hun lichaam in de grond is afgebroken en moeilijk te onderscheiden is geworden.

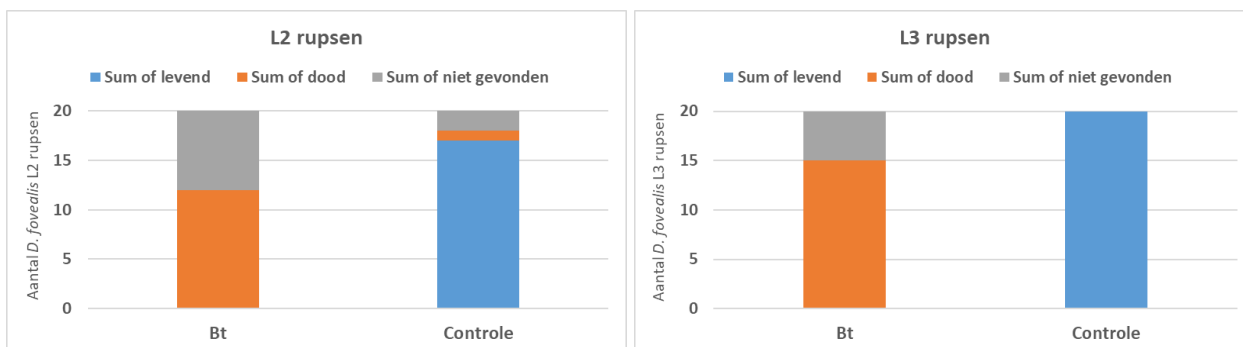
De test naar het effect van zonlicht op de overleving van de Bt-sporen in de korrels lied zien dat na één week in alle geteste monsters dezelfde concentratie levende Bt-sporen aanwezig was: ongeveer 10^{13} CFU/kg (Colonie Forming Unit), de aanbevolen concentratie voor CoStar.



Figuur 15.3 Percentage *D. fovealis* rupsen dat zich na 7 dagen voedde met de Bt-korrels.



Figuur 15.4 Links: *D. fovealis*-rups die zich heeft gevoed met een blauwe Bt-korrel (haar lichaam is blauw geworden). Rechts: Levende Bt-kolonies in een agarplaat.



Figuur 15.5 Totaal aantal rupsen van *D. fovealis* L2 en L3, levend, dood en niet gevonden, 3 dagen na blootstelling aan Bt-korrels en korrels zonder Bt (controle).

15.2.3 Conclusies en discussie

Uit deze resultaten kunnen we concluderen dat onze formulering van Bt-korrels aantrekkelijk is voor L2 en L3 *D. fovealis* rupsen: wanneer ze samen met aarde en droog gerberabladeren aan deze korrels worden blootgesteld, voeden ze zich nog steeds met de Bt-korrels. Ten tweede, wanneer L2 en L3 *D. fovealis* rupsen zich voeden met deze Bt-korrels, sterft meer dan 50% van hen na 3 dagen. Tot slot toonden we aan dat de Bt-sporen in de korrels minstens een week actief blijven na blootstelling aan natuurlijk zonlicht in kasomstandigheden, en dat Bt-korrels die in donkere en droge omstandigheden worden bewaard, nog steeds actief zijn na 11 maanden opslag.

Deze resultaten tonen aan dat Bt-korrels een veelbelovend potentieel hebben tegen *D. fovealis* rupsen in kassen: ze zijn aantrekkelijk, doden de rupsen binnen 3 dagen en blijven minstens een week actief in kasomstandigheden.

15.3 Effectiviteit van Bt-korrels tegen *D. fovealis*-rupsen in kasomstandigheden

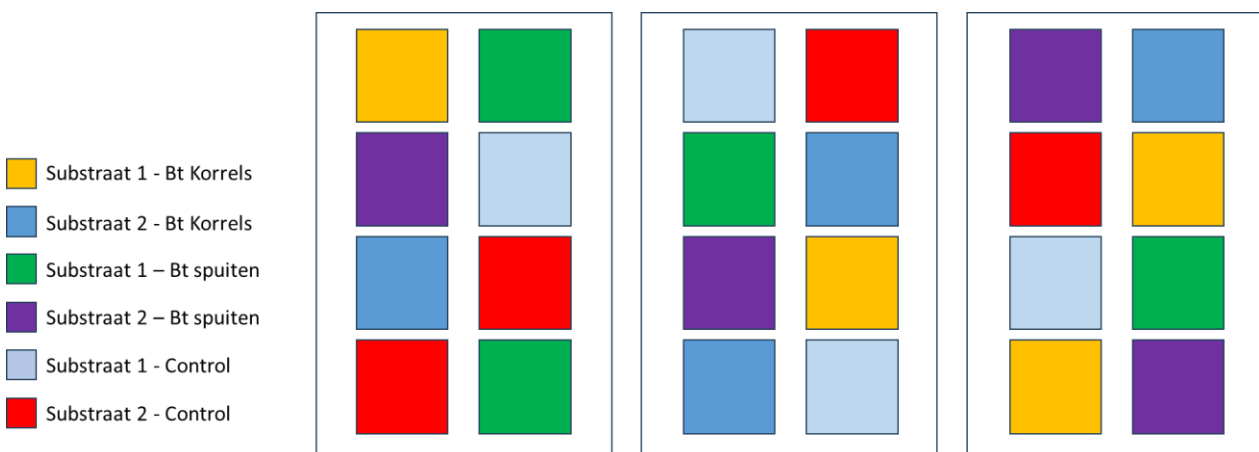
15.3.1 Materiaal en methoden

We hebben twee experimenten uitgevoerd om de werkzaamheid van de Bt-korrels onder kasomstandigheden te evalueren.

In het eerste experiment, met *Phalaenopsis*-planten, testten we de combinaties van twee verschillende substraten (MeeGaa Bark, 100% fractie 1 (substraat 1) en 100% fractie 2 (substraat 2)) en drie behandelingen (figuur 15.6):

- Bt-korrels (CoStar, 70 g/kg)
- Bt-besputting (CoStar, 0,5 g/l)
- Controle (geen Bt)

Deze bark substraat kent diverse fracties van fijn tot grof. Bark, houdt afhankelijk van de gebruikte fractie meer of minder water vast. Voor elke substraat-behandelingscombinatie gebruikten we 4 insectenproof kooien (herhalingen) met in elke kooi 6 *Phalaenopsis*-planten (Nottingham-variëteit) (figuur 15.7 links). In de eerste week van de proef plaatsten we 12 L2-rupsen en 10 *D. fovealis*-eieren per kooi. Eén week en twee weken later plaatsten we de Bt-korrels en bespotten we de Bt in de bijbehorende kooien (figuur 15.7 rechts). Vijf weken na het uitzetten van de eieren en rupsen van *D. fovealis* telden we het aantal *D. fovealis*-motten in elke kooi. De gemiddelde klimaatomstandigheden in de kas waren 24 °C en 77% RV.



Figuur 15.6 Verdeling van de 6 behandelingen met *Phalaenopsis* planten in de kas.

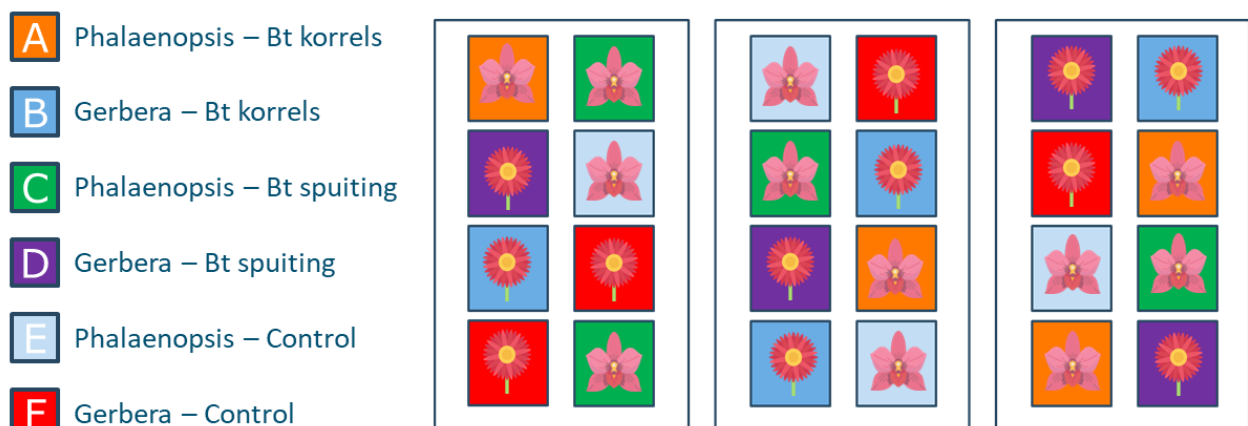


Figuur 15.7 Links: kooien gebruikt voor de kasexperimenten. Rechts: Bt-korrels verdeeld over de potten.

In het tweede experiment testten we de werkzaamheid van de Bt-korrels in Phalaenopsis (Nottingham-variëteit) en gerbera (Alliance-variëteit) planten. We testten opnieuw de volgende 3 behandelingen:

- Bt-korrels (CoStar, 70 g/kg)
- Bt-besputting (CoStar, 0,5 g/l)
- Controle (geen Bt)

Voor elke gewas/behandelingscombinatie gebruikten we 4 kooien met 6 planten per kooi (figuur 15.8). In de eerste week van het experiment plaatsten we 18 L1- en 3 L3/L4-rupsen van *D. fovealis* per kooi. Eén week en twee weken later plaatsten we de Bt-korrels en bespotten we de Bt in de bijbehorende kooien. Zes weken na de introductie van de *D. fovealis*-rupsen telden we het aantal *D. fovealis*-motten in elke kooi. De gemiddelde klimaatomstandigheden in de kas waren 26,4°C en 68% RV.



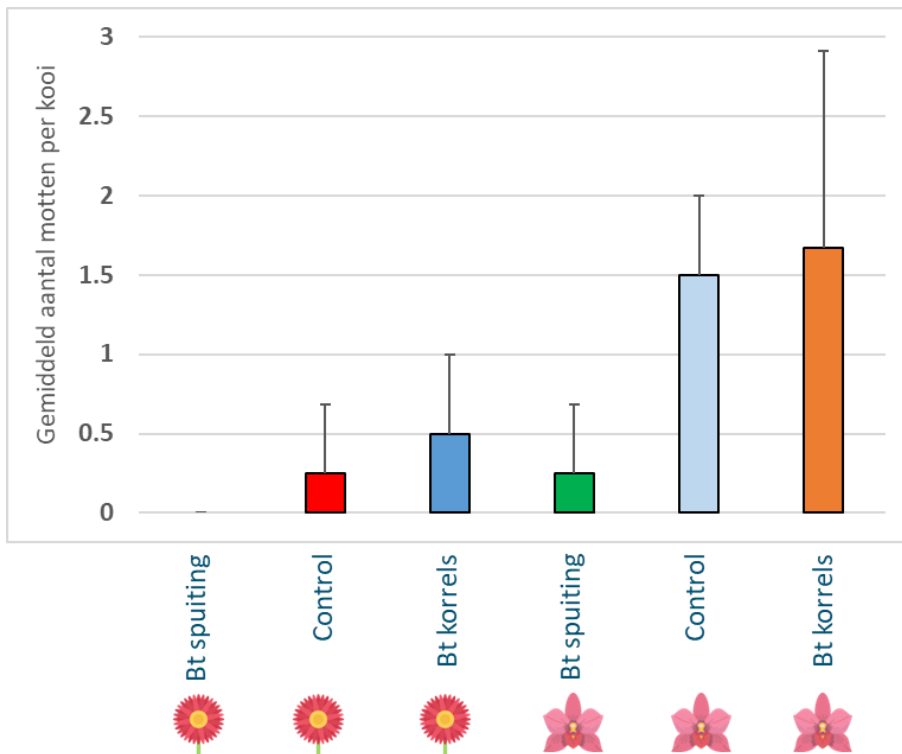
Figuur 15.8 Verdeling van de 6 behandelingen met Phalaenopsis en gerbera planten in de kas.

15.3.2 Resultaten

In het eerste experiment (alleen met *Phalaenopsis*-planten) vonden we aan het einde van de proef in geen enkele kooi een *D. fovealis*-mot.

In het tweede experiment (met *Phalaenopsis*- en gerbera-planten) vonden we aan het einde van de proef zeer weinig motten (figuur 15.9). Van de 21 rupsen per kooi die we plaatsten, vonden we er niet meer dan 3 per kooi. We vonden het hoogste aantal motten (gemiddeld 1,65) in de Bt-korrel/*Phalaenopsis*-kooien en het laagste aantal (0) in de Bt-bespuiting/gerberakooien.

Deze zeer lage aantallen (en de grote variaties tussen kooien) laten ons echter niet toe om conclusies te trekken over de werkzaamheid van de Bt-korrels in vergelijking met de andere behandelingen.



Figuur 15.9 Gemiddeld ($\pm$ SD) aantal *D. fovealis*-motten per kooi 6 weken na introductie van de rupsen, voor 6 behandelingen.

15.3.3 Conclusies en discussie

In deze twee kasexperimenten vestigden de *D. fovealis*-populaties zich niet in het gewas. Ondanks het introduceren van grote aantallen rupsen en eitjes in de kooien aan het begin van de proeven, vonden we 5 en 6 weken later nauwelijks nog motten, zelfs niet in de controlekooien. Deze lage vestiging zou te wijten kunnen zijn aan de kwetsbaarheid van de *D. fovealis*-rupsen. We behandelden ze zo voorzichtig mogelijk met een borstel om ze in de kooien te introduceren, maar dit kan hen veel stress hebben bezorgd. Bovendien vonden deze proeven plaats tussen mei en juli, een periode waarin de temperatuur in de kas soms boven de 30 °C uitkwam. Dit zou een negatief effect op de rupsen kunnen hebben gehad.

Concluderend kunnen we stellen dat, ondanks het feit dat Bt-korrels effectief zijn tegen *D. fovealis*-rupsen onder laboratoriumomstandigheden, we nog niet kunnen bevestigen dat ze ook effectief zijn onder kasomstandigheden. Er moeten meer kasproeven worden uitgevoerd om dit te bevestigen.

15.4 Kan *Trichogramma achaeae* de eieren van *D. fovealis* parasiteren?

Trichogramma achaeae is een sluipwesp, commercieel verkrijgbaar, die de eieren van verschillende mottensoorten kan parasiteren. We hebben een laboratoriumexperiment uitgevoerd om te onderzoeken of *T. achaeae* de eieren van *D. fovealis* kan parasiteren.

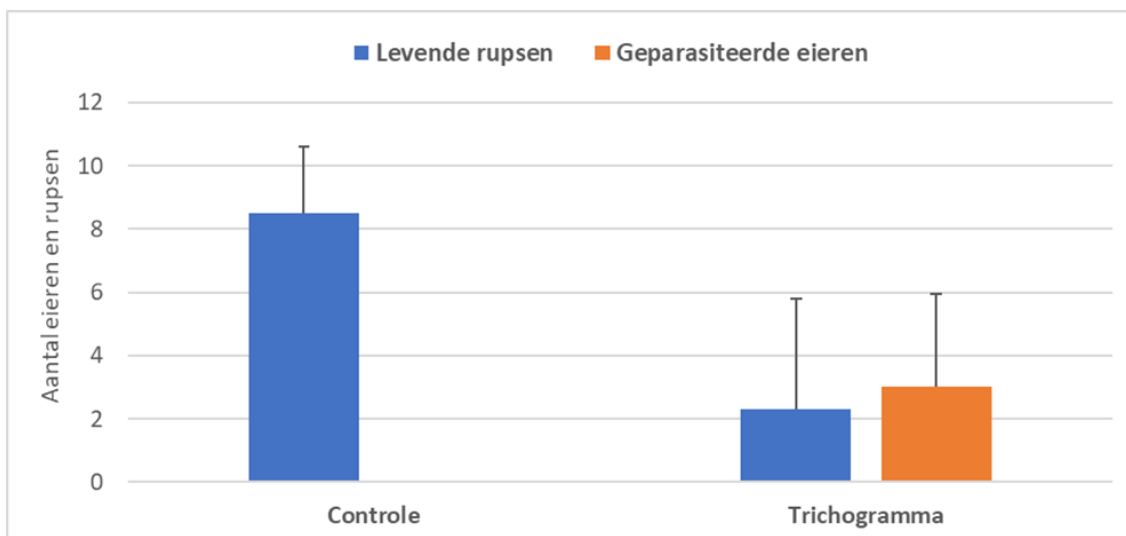
15.4.1 Materiaal en methoden

In het laboratorium gebruikten we 20 plastic cupjes: in elk cupje plaatsten we 10 verse *D. fovealis* eitjes (0 tot 48 uur oud) met honing en een stukje katoen gedrenkt in water en suiker (voedselbron voor de sluipwespen). In 10 cupjes voegden we 10 volwassen *T. achaeae* toe. De 10 cupjes zonder *T. achaeae* waren controlecupjes. Na 24 uur haalden we de sluipwespen uit de cupjes. Vier dagen later telden we het aantal geparasiteerde *D. fovealis* eitjes en uitgekomen rupsen in elk cupje. Geparasiteerde *D. fovealis* eitjes zijn zwart, terwijl niet-geparasiteerde eitjes roodbruin zijn.

15.4.2 Resultaten

In de cupjes met de *T. achaeae*-wespen vonden we gemiddeld 3 geparasiteerde eitjes (van de 10 eitjes) en 2,3 levende rupsen per cupje (figuur 15.10). In 2 cupjes met *T. achaeae* vonden we 8 geparasiteerde eieren. De overige eitjes kwamen niet uit. Naast het parasiteren van eieren, kunnen vrouwtjes van *T. achaeae* zich ook voeden met de eieren door de eierschaal met hun legboor te doorboren. Dit fenomeen zou kunnen verklaren waarom sommige niet-geparasiteerde eieren helemaal niet uitkwamen: ze zouden door de wespen opgegeten kunnen zijn (de inhoud is eruit gezogen).

In de controlecupjes, zonder sluipwespen, vonden we gemiddeld 8,5 levende rupsen en geen geparasiteerde eitjes.



Figuur 15.10 Gemiddeld ($\pm$ SD) aantal geparasiteerde *D. fovealis*-eieren en levende rupsen per cupje, bij een behandeling met *Trichogramma achaeae* en een controlebehandeling.

15.4.3 Conclusies en discussie

De resultaten van dit experiment tonen aan dat vrouwtjes van *T. achaeae* de eieren van *D. fovealis* kunnen parasiteren. Deze soort heeft daarom potentie om te worden gebruikt als natuurlijke vijand tegen *D. fovealis* in kassen. Er zijn echter meer experimenten nodig om de mate van parasitisme en het vermogen om de eieren in het gewas te vinden onder kasomstandigheden te evalueren.

16 Baculovirussen als gewasbeschermingsmiddel

16.1 Inleiding

Baculovirussen kunnen worden gebruikt als gewasbeschermingsmiddel. Deze virussen zijn heel specifiek voor een soort en kunnen daarom als zeer gerichte bestrijding worden ingezet. Rupsen raken geïnfecteerd door het eten van baculovirus deeltjes (Occlusion Bodies, OBs). Deze OBs zijn vrij stabiel en vallen door de basische omgeving (hoge pH) in de darm van de rups uit elkaar, waar ze vervolgens de rups binnendringen. Het virus kan zich dan vermeerderen en verspreiden door de rups, waarna de rups komt te overlijden en vloeibaar wordt ("liquifies"). Door deze liquification worden nieuwe OBs verspreidt in het milieu.

In Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) is het baculovirus *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus (ChchNPV) gevonden. Een baculovirus brak uit in de kweek van Turkse mot bij het PPO in Naaldwijk (Messelink et al. 2005). Dit virus is vervolgens uit de rupsen geïsoleerd en door het Laboratorium voor Virologie van Wageningen geïdentificeerd als een uniek en nog niet eerder beschreven baculovirus, dat ChchNPV is genoemd (Van Oers et al 2004). Kasproeven met paprika en gerbera lieten zien dat het ChchNPV isolaat zeer infectieus is, met 100% doding van *C. chalcites* rupsen van verschillende ontwikkelingsstadia met slechts één bespuiting. Ook andere isolaten in Spanje lieten een goede effectiviteit zien tegen Turkse mot in bananen plantages (Fuentes et al, 2017, Bernal et al, 2013 en 2018). Registrering van microbiële producten is echter zeer kostbaar, en een goede kweekmethode van de gastheer is noodzakelijk om het virus op te kweken. Hierdoor is ChchNPV nog niet op de markt.

Voor verschillende andere soorten rupsen zijn er commercieel beschikbare baculovirus-isolaten, zoals het *Spodoptera exigua* nucleopolyhedrovirus (SeNPV) tegen de Florida mot, het *Cydia pomonella* granulovirus (CpGV) tegen de gelijknamige fruitmot. Ook is er in Canada een baculovirus op de markt tegen de aan Turkse mot verwante soort *Chrysodeixis includens* (ChinNPV, Loopovir). Deze laatste lijkt meer soorten dan alleen *Chrysodeixis includens* te kunnen infecteren en mogelijk werkt dit virus ook tegen Turkse mot. Dit virus is al ontwikkeld tot een product (op de markt in bijvoorbeeld Brazilië en Canada), wat een eventuele toepassing tegen Turkse mot mogelijk sneller maakt dan wanneer een volledig nieuw product op basis van ChchNPV ontwikkeld wordt.

In dit hoofdstuk is gekeken naar verschillende aspecten van de baculovirussen ChinNPV (loopovir) en ChchNPV in relatie tot gewasbeschermingsmiddel tegen Turkse mot. In onderdeel 17.2 is gekeken naar de latente aanwezigheid van het baculovirus ChchNPV in de Nederlandse kas. In onderdeel 17.3 zijn gewastoeepassingen met het baculovirus ChchNPV getest na een spontane uitbraak van Turkse mot en aan het einde van kooi-experimenten. De efficiëntie van ChinNPV (Loopovir) en ChchNPV is vergeleken in labtesten in onderdeel 17.4, en vervolgens in een gewastoeepassing in gerbera (onderdeel 17.5). Ten slotte is er een kweekmethode voor Turkse mot ontwikkeld, welke noodzakelijk is om het baculovirus ChchNPV te produceren (onderdeel 17.6).

16.2 Latente aanwezigheid van ChchNPV in de Nederlandse kas

16.2.1 Inleiding

Baculovirussen zijn latent aanwezig. ChchNPV is in het verleden aangetroffen in een kweek van Turkse mot bij het PPO in Naaldwijk (Messelink et al. 2005) en kwam dus toen al voor in Nederland. Ook op de Canarische eilanden komt dit baculovirus voor: Op de Canarische eilanden waren rupsen van Turkse mot verzameld en gescreend op de aanwezigheid van ChchNPV en 2,3% van de rupsen droeg het virus latent bij zich (Fuentes et al, 2017).

Wij vroegen ons af hoeveel het virus in Nederland voorkomt: als dit veel voorkomt zou mogelijk een alternatieve strategie kunnen zijn om te kijken of het latente virus door bepaalde stress factoren geactiveerd kan worden.

16.2.2 Materialen en methode

Bij een gerbera en paprika teler zijn rupsen eitjes (en eventueel rupsen wanneer die werden gevonden) verzameld. De meeste telers gebruiken Bt in hun gewas en het verzamelen van rupsen is daardoor lastig: een deel zal waarschijnlijk overlijden door de blootstelling aan Bt. De bladeren waar eitjes op aanwezig waren zijn verzameld en meegenomen naar het laboratorium in Bleiswijk. Daar zijn de rupsen eitjes uitgesneden, zodat eventueel aanwezige Bt op het blad de net uitgekomen rupsen niet kan doden. De eitjes zijn individueel op een artificieel dieet geplaatst (zie figuur 16.1). Dit is een dieet met de volgende ingrediënten: agar, tarwekiemen, maïsmeel, sojameel, caseïne, zoutmix, suiker cholesterol, ascorbinezuur, sorbinezuur, methylparabeen, vitaminemix, lijnzaadolie.

De eitjes/rupsen zijn geplaatst in een klimaatcel. Om onbekende reden kwamen de eitjes verzameld in de paprika kas niet uit, de eitjes uit de gerbera kas wel. Deze zijn gevolgd of ze overlijden door baculovirus o.b.v. uiterlijk: zwart en vloeibaar. Wanneer ze verpopten, zijn ze ingevroren om te analyseren met PCR op de aanwezigheid van het baculovirus ChchNPV. Hiervoor is DNA geïsoleerd en een PCR uitgevoerd met primers die het polyhedrin gen van het virus herkennen (van Oers et al 2004). Om te controleren of het DNA van goede kwaliteit is, worden als controle primers gebruikt die het DNA van de Turkse mot herkennen. De PCR op ChchNPV is uitgevoerd met een probe en taqman (hogere gevoeligheid, de PCR op het Turkse mot DNA is uitgevoerd met SybrGreen.



Figuur 16.1 Het verzamelen van eitjes van Turkse mot in de praktijk, waarna de eitjes werden uitgesneden en individueel op dieet geplaatst om uit te komen.

16.2.3 Resultaten

Van de 117 verzamelde eitjes in de Gerbera kas, zijn er 77 uitgekomen. Geen van deze rupsen is doodgegaan met baculovirus symptomen, de meesten zijn verpopt. Een aantal waren heel klein doodgegaan of verschimmeld waardoor ze niet konden worden ingevroren voor DNA isolatie. Van de 77 rupsen zijn er 68 getest met PCR. Vier monsters waren positief, maar net boven de detectie grens (hoge Ct waarde) dus het virus was in heel lage concentratie aanwezig. Dit betekent dat 5,8% van de geteste rupsen positief testte in de PCR.

16.2.4 Conclusie

Doordat deze test maar op één locatie is uitgevoerd, is het niet mogelijk om aan het gevonden percentage hele harde conclusies aan te verbinden. Wel is duidelijk dat het baculovirus ook in de Nederlandse kas aanwezig is in lage percentages. Dit is in lijn met de resultaten uit de literatuur: op de Canarische eilanden werden op verschillende locaties percentages gevonden tussen de 0% en 13,8% met een gemiddelde van 2,3% (Fuentes et al, 2017).

16.3 Het baculovirus ChchNPV toegepast in verschillende gewassen

16.3.1 Inleiding

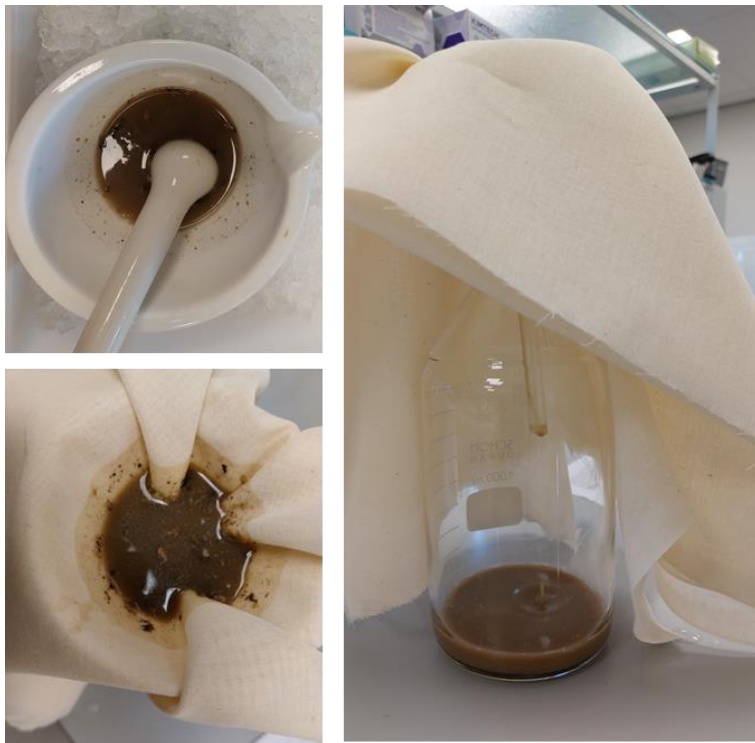
In het verleden zijn er een aantal kasproeven uitgevoerd met het baculovirus ChchNPV, welke was gevonden in een kweek van Turkse mot bij het PPO in Naaldwijk (Messelink et al. 2005). Kasproeven met paprika en gerbera lieten zien dat het ChchNPV isolaat zeer infectieus is, met 100% doding van *C. chalcites* rupsen van verschillende ontwikkelingsstadia met slechts één bespuiting. In een kasproef met tomaat vielen de resultaten echter tegen. De reden van deze resultaten was onbekend.

Binnen dit project is ook de effectiviteit van ChchNPV bespuitingen in het gewas getest. Er zijn ChchNPV baculovirus bespuitingen tegen Turkse mot uitgevoerd in tomaat, gerbera en paprika. In tomaat was een spontane uitbraak van Turkse mot wat een goede kans gaf om een bespuiting in tomaat te testen. De gerbera en paprika bespuiting zijn uitgevoerd aan het einde van de kooi experimenten zoals beschreven in Hoofdstuk 13 - Strategieën bestrijding Turkse mot in gerbera en paprika.

16.3.2 Materialen en methode

Tomaat

In een kas met een teelt van tomaten (100 m²) heeft een spontane uitbraak van Turkse Mot plaatsgevonden. In deze kas is een bespuiting met het baculovirus ChchNPV uitgevoerd. In de kweek van Turkse mot gaan regelmatig rupsen dood door een baculovirus infectie, te herkennen aan de typische symptomen: zwart en "liquified". Deze rupsen zijn ingevroren in de -20. Het virus is geïsoleerd door deze dode rupsen, ongeveer 30 stuks, te malen met water en dit mengsel te filteren over kaasdoek om grove delen te verwijderen (zie figuur 16.2). Dit mengsel is met in totaal 30 Liter water en Elasto als uitvloeier gespoten in de kas. Na 5 en 7 dagen zijn per rij tien rupsen geteld en bijgehouden of deze levend of dood waren. Na de bespuiting is het virus gekwantificeerd door te tellen in een telkamer onder de microscoop, hiermee kon de toegepaste dosis worden bepaald. Dit was $\sim 3,4 \cdot 10^{13}$ OBs/hectare.



Figuur 16.2 Het bereiden van een ChchNPV baculovirus oplossing door rupsen, die dood zijn gegaan door een baculovirus infectie, te malen met water.

Gerbera

In de proef, zoals beschreven in hoofdstuk 13, waren in de controle kooi aan het eind van het experiment rupsen aanwezig. In deze controle kooi is de effectiviteit van het baculovirus ChchNPV vergeleken met de effectiviteit van aaltjes. Het baculovirus is opgelost in water, net zoals bij het experiment voor tomaat, en Elasto is toegevoegd als uitvloeier. Dit is gespoten aan één kant van de kooi (2×16 planten, ongeveer 6 m^2). De hoeveelheid vloeistof over na de bespuiting is teruggemeten, zodat de toegepaste dosering uitgerekend kan worden. Dit was $\sim 5,1 \times 10^{13}$ OBs/hectare.

Aan de andere kant van de kooi, zijn aaltjes gespoten: 9 miljoen nematoden (Capsanum) zijn opgelost in 3 liter water met Addit als uitvloeier. Na het bespuiten (2×16 planten) is ook hier de hoeveelheid vloeistof over na de bespuiting teruggemeten, zodat de toegepaste dosering uitgerekend kan worden. Er was 2,7 liter gespoten, wat overeenkomt met $13,5 \times 10^9$ nematoden/hectare.

Voor de bespuiting en 10 dagen na de bespuiting zijn het aantal bladeren met vraatschade en het aantal levende en dode rupsen en poppen geteld.

Paprika

In de proef, zoals beschreven in hoofdstuk 13, waren in de controle kooi en de kooi met alleen Trichogramma aan het eind van het experiment rupsen aanwezig. In deze kooien is de effectiviteit van het baculovirus ChchNPV vergeleken met de effectiviteit van aaltjes. Het baculovirus is opgelost in water, net zoals bij het experiment voor tomaat, en Elasto is toegevoegd als uitvloeier. Dit is gespoten aan één kant van deze kooien. De hoeveelheid vloeistof over na de bespuiting is teruggemeten, zodat de toegepaste dosering uitgerekend kan worden. Dit was $\sim 9,5 \times 10^{12}$ OBs/hectare.

Aan de andere kant van deze kooien, zijn aaltjes gespoten: 3 miljoen nematoden (Capsanum) per liter zijn opgelost met Addit als uitvloeier. Na het bespuiten is ook hier de hoeveelheid vloeistof over na de bespuiting teruggemeten, zodat de toegepaste dosering uitgerekend kan worden. De uiteindelijke dosering was $\sim 17,2 \times 10^9$ nematoden/hectare.

Voor de bespuiting en 8 en 12 dagen na de bespuiting zijn het aantal levende en dode rupsen en poppen geteld.

16.3.3 Resultaten

Tomaat

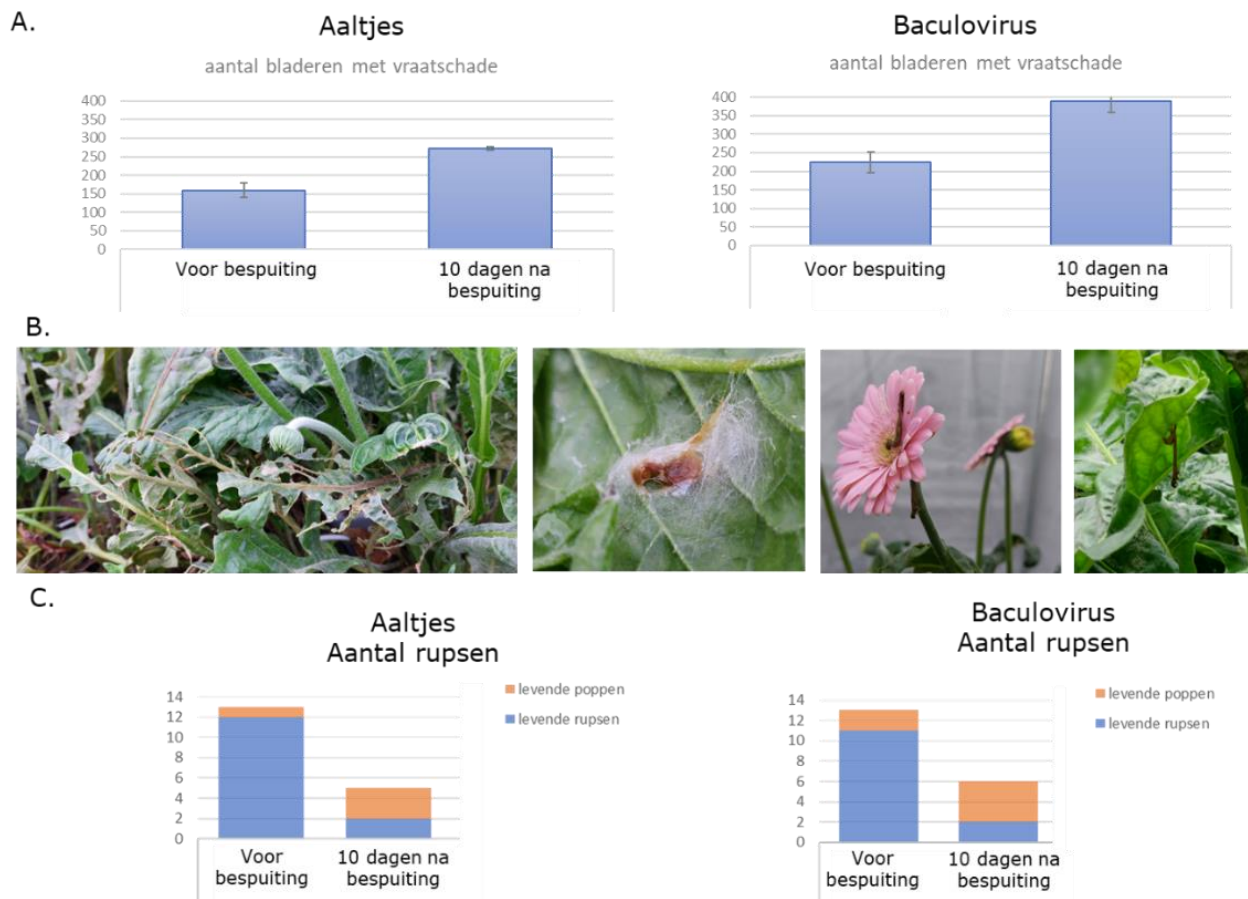
In de tomatenkas met een spontane uitbraak van Turkse mot is een bespuiting uitgevoerd met het baculovirus ChchNPV. Vijf en 7 dagen na de bespuiting met baculovirus is er een telling uitgevoerd. Na 5 dagen was een deel van de rupsen dood, maar werden er ook nog veel levende rupsen gevonden. Zeven dagen na de bespuiting vond de eindtelling plaats. Bij de eindtelling werden bijna alleen dode rupsen teruggevonden, enkel een paar grote rupsen werd levend teruggevonden. Zie figuur 16.3.



Figuur 16.3 De resultaten na een bespuiting met het baculovirus ChchNPV na 5 en 7 dagen in een tomatenkas met een spontane uitbraak van Turkse mot.

Gerbera

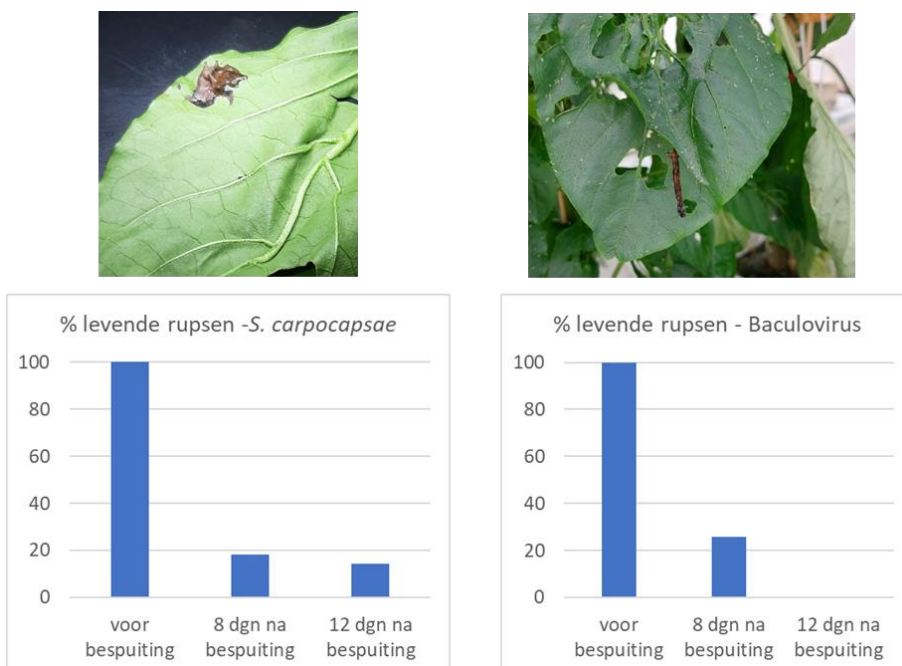
In een kooi met gerbera planten is een bespuiting uitgevoerd met aaltjes (nematoden) of met baculovirus (ChchNPV). De vraatschade aan de planten is voor en 10 dagen na de bespuiting bepaald. Zoals te zien in figuur 16.4A neemt de vraatschade toe na de toediening van de aaltjes of het baculovirus. Bij beide behandelingen zijn de rupsen niet meteen dood en blijven de rupsen nog eten. Het totale aantal rupsen aanwezig in de kooi voor de behandeling was vrij laag en daarnaast waren een aantal rupsen al vrij groot of zelfs al verpopt (zie figuur 16.4C). Tien dagen na de bespuiting zijn er een aantal dode rupsen teruggevonden in beide behandelingen (zie figuur 16.4B). Ook werden er minder levende rupsen en poppen waargenomen. Echter was er geen onbehandelde controle groep. Dit maakt het lastig om de mortaliteit te bepalen veroorzaakt door deze behandelingen.



Figuur 16.4 De resultaten na een bespuiting met het baculovirus ChchNPV of nematoden voor en 10 dagen na de bespuiting in een gerbera gewas. A: de getelde vraatschade is weergegeven. B: Foto's van het experiment met van links naar rechts vraatschade, dode rups na bespuiting met aaltjes, twee foto's van dode rupsen na bespuiting met het baculovirus. C: getelde levende rupsen en poppen voor en na de bespuiting.

Paprika

In twee kooien met paprika planten is een bespuiting uitgevoerd met aaltjes (nematoden *S. Carpocapsae*) of met baculovirus (ChchNPV). Na de bespuiting was een groot deel van de rupsen dood in beide behandelingen (zie figuur 16.5). Echter werden niet alle rupsen teruggevonden na de bespuiting. Paprika is een hoog gewas, wat de telling bemoeilijkt. Daarnaast is het mogelijk dat kleine dode rupsen niet teruggevonden worden. Er was geen onbehandelde controle groep. Dit maakt het lastig om de mortaliteit te bepalen veroorzaakt door deze behandelingen.



Figuur 16.5 De resultaten na een bespuiting met aaltjes (nematoden *S. carpocapsae*) of het baculovirus ChchNPV voor de bespuiting en 8 en 12 dagen na de bespuiting in een paprika gewas. Foto's van een dode rups na bespuiting met aaltjes (links), en na bespuiting met het baculovirus (rechts). Het percentage levende rupsen is weergegeven voor de bespuiting en 8 en 12 dagen na de bespuiting

16.3.4 Conclusie

In alle drie de gewassen lijken de behandelingen met baculovirus en aaltjes goed gewerkt te hebben, er werden dode rupsen terug gevonden. Echter was er in alle gevallen geen onbehandelde controle groep, waren de aantallen rupsen (met name in de proef met gerbera) vrij laag, werden niet alle rupsen teruggevonden en begon een deel van de rupsen al te verpoppen. Dit maakt het lastig om de data te interpreteren en de mortaliteit uit te rekenen. De aanwezigheid van grote rupsen, die bijna gaan verpoppen, bemoeilijkt de interpretatie ook. Over het algemeen zijn oudere larvale stadia minder gevoelig voor baculovirus en een hogere dosis is nodig om deze af te doden. Bovendien stoppen de rupsen voor de verpopping al met eten en zullen dus minder van het baculovirus binnen krijgen. Deze proeven geven wel een eerste indicatie dat deze behandelingen met het baculovirus ChchNPV en nematoden effectief kunnen zijn.

De dosering van het baculovirus in deze proeven was vrij hoog vergeleken met commercieel verkrijgbare producten. Loopovir wordt bijvoorbeeld toegepast met $1 \cdot 10^{11}$ OBs/hectare, terwijl in deze proeven de dosering rond de $1 \cdot 10^{13}$ OBs/hectare was. Deze hoge dosering is waarschijnlijk niet haalbaar in een commercieel product. Hoe de effectiviteit bij een lagere dosering is, is beschreven in onderdeel 16.5. Deze hoge dosering zou wel haalbaar zijn als telers hun eigen baculovirus kweek konden maken door rupsen in hun kas te vangen, het latente virus te induceren en dan veel dode rupsen malen in water en toepassen als bespuiting. Echter bleek dit qua regelgeving erg ingewikkeld en niet haalbaar. Daarom is dit idee niet verder uitgewerkt.

16.4 Het baculovirus ChchNPV vergeleken met ChinNPV (Loopovir) in lab-testen

16.4.1 Inleiding

Het virus ChchNPV is effectief tegen Turkse mot, zoals gebleken in kasproeven in een vorig project Naaldwijk (Messelink et al. 2005), de proeven in onderdeel 16.3 beschreven en proeven uitgevoerd door onderzoekers in Spanje (Fuentes et al, 2017, Bernal et al, 2013 en 2018). Echter is dit virus nog niet beschikbaar als commercieel product.

In Canada is het baculovirus ChinNPV op de markt tegen de aan Turkse mot verwante soort *Chrysodeixis includens* (product Loopovir van Andermatt). ChinNPV lijkt meer soorten dan alleen *Chrysodeixis includens* te kunnen infecteren en mogelijk werkt dit virus ook tegen Turkse mot. Dit virus is al ontwikkeld tot een product, wat een eventuele toepassing tegen Turkse mot mogelijk sneller maakt dan wanneer een volledig nieuw product op basis van ChchNPV ontwikkeld wordt. Om te onderzoeken hoe veelbelovend dit is, wordt het baculovirus ChchNPV vergeleken met het virus ChinNPV uit Loopovir. Dit wordt gedaan door middel van labproeven onder gecontroleerde omstandigheden.

16.4.2 Materialen en methode

Het ChchNPV-isolaat dat in deze proeven werd gebruikt, is verkregen uit larven die in de lab-kweek stierven. OB's werden uit dode larven geëxtraheerd door de dode rupsen te malen in water en vervolgens dit mengsel te filteren door kaasdoek. De concentratie werd bepaald met behulp van een telkamer onder de microscoop (de gebruikte virus stock was $4,6 \cdot 10^8$ OB/ml). De OBs werden bewaard in de koelkast. ChinNPV is opgestuurd door Andermatt Canada, zonder formulering (opgelost in water) met een concentratie van $5 \cdot 10^8$ OB/ml.

De dosis-mortaliteit response essays zijn uitgevoerd met ChchNPV en ChinNPV (Loopovir). Hiervoor zijn ofwel net vervelde L2 rupsen of net vervelde L3 rupsen gebruikt. De rupsen komen uit de kweek op planten in kooien (25°C, 70% relatieve luchtvochtigheid (RV), 16 uur licht en 8 uur donker). Deze rupsen werden gesynchroniseerd, dit betekent dat ze allemaal even oud zijn aan het begin van de proef.

De virussen zijn opgelost in een waterige oplossing met 10% sucrose en een blauwe kleurstof (Fluorella blue). Per virus zijn 4 concentraties getest. De geteste concentraties zijn: $5,6 \cdot 10^7$; $5,6 \cdot 10^5$; $5,6 \cdot 10^3$; $5,6 \cdot 10^1$ OBs/ml voor ChchNPV. Omdat voor ChinNPV een iets lagere gevoeligheid werd verwacht, werden voor dit virus $\sim 2x$ zo hoge concentraties getest, namelijk $1 \cdot 10^8$; $1 \cdot 10^6$; $1 \cdot 10^4$; $1 \cdot 10^2$ OBs/ml. Het virus werd in deze concentraties opgelost in de blauwe sucrose oplossing.

De rupsen werden voor 16u gehongerd (geen eten), zodat ze tijdens de proef zeker van de sucrose oplossing zullen eten. De vers vervelde rupsen werden geselecteerd en geïnfecteerd volgens de druppelvoedingsmethode (Hughes en Wood, 1986). Controle rupsen werden alleen gevoed met een suspensie van sucrose/blauwe kleurstof zonder virus. Larven mochten 10 minuten drinken uit de OB-suspensies. De rupsen die van de OB-suspensie gedronken hadden, te herkennen aan de blauwe kleurstof, werden geïndividualiseerd in plastic bekertjes van 20 ml met een semi-artificieel dieet (Greene et al., 1976). De rupsen werden gehouden in een klimaat kast (25 °C, relatieve luchtvochtigheid van 70%, 16 uur licht en 8 uur donker). De rupsen werden dagelijks gevolgd, er werd bijgehouden of ze levend of dood waren, tot aan de dood of verpoping. Dit experiment is drie keer uitgevoerd met L2 en L3 rupsen en met 30 larven per conditie. De larve werd als dood beschouwd als gevolg van een virusinfectie wanneer er sprake was van een glanzende cuticula, een gezwollen en zacht lichaam en uiteindelijke "liquification". Zie figuur 16.6 voor de proefopzet.

Daarnaast is de median time to death (MTD, tijd tot overlijden) bepaald. Hiervoor werden L2 en L3 rupsen van Turkse mot geïnfecteerd met een geschatte Lethale Concentratie 90 (LC90, concentratie virus dat 90% van de rupsen overlijdt, ingeschat op basis van het hierboven beschreven experiment) van elk virus en onder dezelfde omstandigheden als hierboven beschreven met de druppelvoedingsmethode. De beoordeling van de larvensterfte werd uitgevoerd met tussenpozen van 12-24 uur totdat de dood of verpoping optrad. Het experiment werd drie keer herhaald, met in elke experiment 30 larven. Voor larven in het derde stadium werd het experiment twee keer herhaald voor ChinNPV.



Figuur 16.6 De proefopzet voor de dosis-mortaliteit response essays. Rupsen krijgen virus toegediend in een oplossing met sucrose en een blauwe vloeistof via de druppelvoedingsmethode. Wanneer de rupsen blauw kleuren, dan hebben ze van de virus-oplossing gegeten en worden ze individueel op een dieet geplaatst in cupjes. Vervolgens worden de rupsen over de tijd gevolgd totdat ze dood gaan of verpoppen. Deze proeven zijn uitgevoerd in een Bio-safety cabinet, om contaminatie tussen behandelingen te voorkomen.

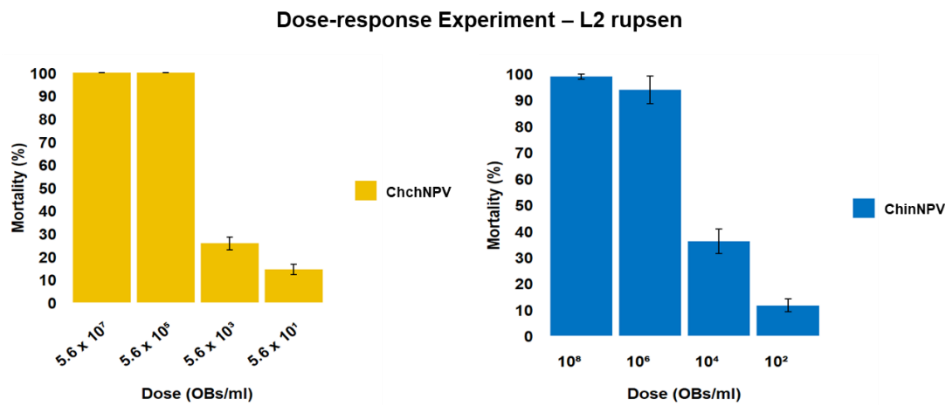
16.4.3 Resultaten

Dose-response essay en MTD - L2 rupsen van Turkse mot

Dosis-mortaliteit response essays uitgevoerd op L2 rupsen lieten zien dat de mortaliteit toenam met de concentratie van ChchNPV en ChinNPV (figuur 16.7A). De concentraties die voor ChinNPV werden gebruikt, was twee keer zo hoog vanwege de verwachte lagere gevoeligheid. ChchNPV was inderdaad virulenter dan de heterologe tegenhanger. De geschatte LC50-waarden waren $8,43 \cdot 10^3$ OB's/ml voor ChchNPV en $1,40 \cdot 10^4$ OB's/ml voor ChinNPV. De 95% fiduciale grenzen voor de twee virussen overlaptten echter, wat erop wijst dat er geen significante verschillen in LC50-waarden tussen de virussen waren (figuur 16.7A).

De bepaalde LC90 werd gebruikt om de MTD te onderzoeken. Dertig L2 rupsen werden blootgesteld aan de LC90 van ChchNPV en ChinNPV (drie replicaties), waarna de MTD werd bepaald. De MTD-waarden voor de twee virussen verschilden significant, waarbij ChchNPV de snelste doding gaf met een MTD van 127 uur en 143 uur voor ChinNPV (figuur 16.7B).

A.



Virus	LC ₅₀	95% Fiducial limits		LC ₉₀	95% Fiducial limits	
		Lower	Upper		Lower	Upper
ChchNPV	8.43×10^3	1.75×10^3	2.65×10^4	3.04×10^5	6.22×10^4	1.14×10^7
ChinNPV	1.40×10^4	4.08×10^3	4.42×10^4	1.27×10^6	3.17×10^5	1.19×10^7

B.

Virus	MTD (hours)	Fiducial limits (95%)	
		Lower	Upper
ChchNPV	127	118	138
ChinNPV	143	139	147

Figuur 16.7 De resultaten van de dosis-mortaliteit response essay uitgevoerd met L2 rupsen van Turkse mot.

A. De gemiddelde mortaliteit (%) van L2 rupsen van Turkse mot, blootgesteld aan verschillende doses van ChchNPV en ChinNPV. De foutbalken geven de standaardfout van het gemiddelde (SEM) weer ($n=3$). Op basis van deze data is de LC₅₀ en LC₉₀ bepaald, welke daaronder zijn weergegeven in OBs/ml, met het bijbehorende 95% fiduciale grenzen. Dit is bepaald voor ChchNPV en ChinNPV bij L2 rupsen van Turkse mot.

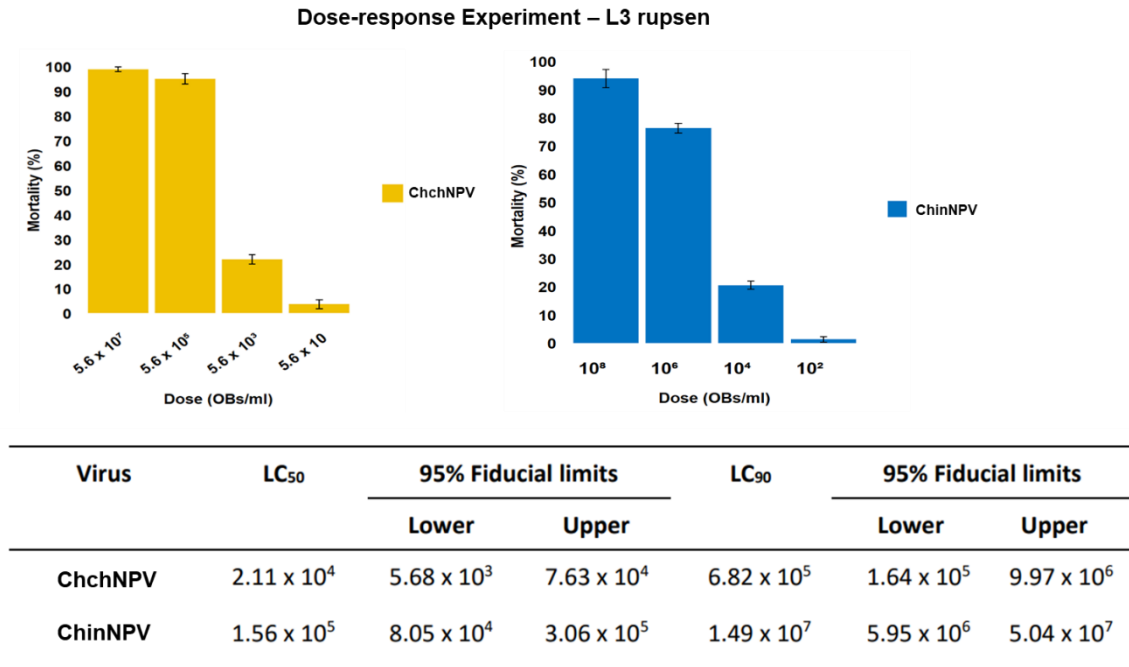
B. Median time to death (MTD, tijd totdat 50% van de rupsen is overleden) met het bijbehorende 95% fiduciale grenzen van ChchNPV en ChinNPV voor L2 rupsen van Turkse mot blootgesteld aan de LC₉₀.

Dose-response essay en MTD - L3 rupsen van Turkse mot

Dosis-mortaliteit response essays uitgevoerd op L3 rupsen lieten zien dat de mortaliteit toenam met de concentratie van ChchNPV en ChinNPV (figuur 16.8A). De concentraties die voor ChinNPV werden gebruikt, waren twee keer zo hoog vanwege de verwachte lagere gevoeligheid. ChchNPV was inderdaad virulenter dan de heterologe tegenhanger. Bij L3 rupsen waren de verschillen in virulentie tussen de virussen significant, zoals aangegeven door de niet-overlappende 95% fiduciale grenzen. ChchNPV was het meest virulent met een LC₅₀-waarde van $2,11 \times 10^4$ OB/ml (figuur 16.8A). Loopovir gaf ook veelbelovende resultaten met een LC₅₀-waarde van $1,56 \times 10^5$ OBs/ml.

De bepaalde LC90 werd gebruikt in een MTD-assay op L3 rupsen (drie replicaties voor ChchNPV, twee replicaties voor ChinNPV). De MTD-waarden voor L3 rupsen lieten een consistente trend zien, met significante verschillen tussen de twee virussen, zoals blijkt uit hun niet-overlappende 95%-fiduciale limieten. ChchNPV had de hoogste dodingsnelheid, met een MTD van 130 uur, waar de MTD voor ChinNPV 160 uur was (figuur 16.8B).

A.



B.

Virus	MTD (hours)	Fiducial limits (95%)	
		Lower	Upper
ChchNPV	130	126	134
ChinNPV	160	153	169

Figuur 16.8 De resultaten van de dosis-mortaliteit response essay uitgevoerd met L3 rupsen van Turkse mot.

A. De gemiddelde mortaliteit (%) van L3 rupsen van Turkse mot, blootgesteld aan verschillende doses van ChchNPV en ChinNPV. De foutbalken geven de standaardfout van het gemiddelde (SEM) weer ($n=3$). Op basis van deze data is de LC₅₀ en LC₉₀ bepaald, welke daaronder zijn weergegeven in OBS/ml, met het bijbehorende 95% fiduciale grenzen. Dit is bepaald voor ChchNPV en ChinNPV bij L3 rupsen van Turkse mot.

B. Median time to death (MTD, tijd totdat 50% van de rupsen is overleden) met het bijbehorende 95% fiduciale grenzen van ChchNPV en ChinNPV voor L3 rupsen van Turkse mot blootgesteld aan de LC₉₀.

16.4.4 Conclusie

Zowel ChchNPV als ChinNPV laten een goede virulentie zien tegen Turkse mot rupsen. Vanuit de literatuur is bekend dat grotere rupsen een hogere dosering nodig hebben om te overlijden aan baculovirus. De resultaten van de binnen dit project uitgevoerde experimenten laten dit ook duidelijk zien: voor L3 rupsen is een hogere dosering nodig dan voor L2 rupsen. ChchNPV heeft een hogere virulentie dan ChinNPV, met een lagere LC₅₀ en een lagere MTD.

Dit was in de lijn der verwachting, aangezien ChinNPV van nature in *C. includens* voorkomt en Turkse mot dus een heterologe host is. Voor een heteroloog virus, presteert ChinNPV echter boven verwachting goed. De LC50 voor L2 rupsen werd in deze experimenten vastgesteld op $8,43 \cdot 10^3$ OB's/ml voor ChchNPV en de MTD was 127 uur. In de literatuur is de LC50 en MTD voor L2 rupsen op een vergelijkbare manier bepaald voor verschillende isolaten van het ChchNPV virus. De LC50 lag voor de verschillende isolaten tussen $1,35 \cdot 10^3$ en $2,98 \cdot 10^4$ OBs/ml en de MTD tussen 123 en 129 uur (Bernal et al, 2013). De hier gevonden LC50 en MTD vallen hier binnen en de resultaten komen dus overeen met wat bekend is in de literatuur.

De virulentie van beide virussen is veelbelovend, en in het volgende onderdeel zullen we daarom beide virussen testen in een gewastoeppassing.

16.5 Gewastoeppassing in Gerbera van de baculovirussen ChchNPV en ChinNPV

16.5.1 Inleiding

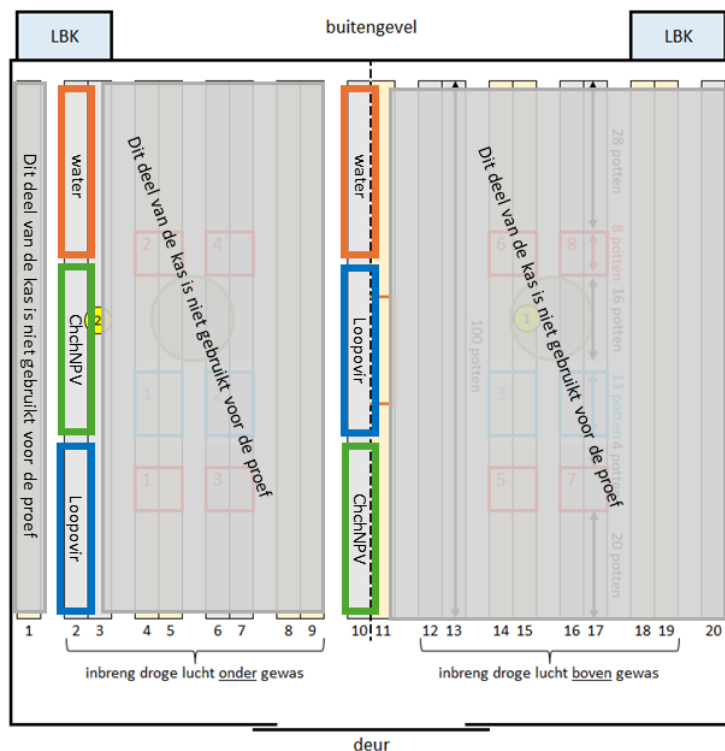
De resultaten van de testen in het lab (onderdeel 16.4) lieten een goede efficiëntie zien van zowel het baculovirus ChchNPV (isolaat uit kweek in Bleiswijk) als ChinNPV (Loopovir). De volgende stap richting de praktijk is om beide virussen te testen in een gewastoeppassing om te zien of deze virussen ook efficiënt werken op planten.

16.5.2 Materialen en methode

In kas 2030 stond een volgroeid gerbera gewas, waarin het mogelijk was om een gewastoeppassing met ChchNPV en ChinNPV conform praktijk omstandigheden te testen. In deze kas was het echter geen optie om de rupsen van Turkse mot los te laten. Daarnaast is het vaak lastig om alle rupsen (levend of "liquified") terug te vinden in een volgroeid gewas. Daarom is er voor gekozen om bespoten bladeren aan rupsen te voeren in cups.

In kas 2030 zijn twee rijen met gerbera planten, ras Kimsey, bespoten. Elke rij was opgedeeld in 3 blokken: Water (geen virus, negatieve controle), ChinNPV ($2 \cdot 10^{11}$ OBs/hectare, komt overeen met 4x dosering label), ChchNPV ($2 \cdot 10^{11}$ OBs/hectare, zelfde dosering als Loopovir). De negatieve controle is altijd achteraan de kas geplaatst, om contaminatie van die planten met baculovirus te voorkomen (zie figuur 16.8).

Van te voren heeft er op andere rijen met gerbera planten een proefbespuiting met water plaatsgevonden om te bepalen welk volume gespoten moet worden om de planten tot afdruipt te bespuiten. Op basis hiervan kon de dosering bepaald worden.



Figuur 16.8 De indeling voor de bespuiting in kas 2030 met ChchNPV, Loopovir (ChinNPV) en water (negatieve controle).

Andermatt had het product Loopovir (ChinNPV) geleverd, gemengd met formulering. De formulering was ook los aangeleverd en deze is aan ChchNPV toegevoegd, zodat de bespuiting met beide virussen in dezelfde formulering plaatsvond. De bespuiting is uitgevoerd met een rugspuit. De verschillende behandelingen zijn van elkaar gescheiden door een buffer zone van een paar ongebruikte planten en daarnaast zijn de behandelingen van elkaar afgeschermd met plastic.

Na de bespuiting is een aantal uur gewacht, zodat het gewas kon drogen. Vervolgens is er per vak een aantal bladeren geplukt, welke in zakjes mee werden genomen naar het lab. Stukken van deze bladeren werden in plastic cups geplaatst en hierop werden L2 rupsen ingezet. Per bespoten vak werden 30 rupsen ingezet, dus 60 rupsen per behandeling. De rupsen werden geplaatst in een klimaat kast (25 °C, relatieve luchtvochtigheid van 70%, 16 uur licht en 8 uur donker). De rupsen werden drie maal per week gecontroleerd en dan werd ook het blad vervangen met een nieuw stuk blad. De eerste twee weken was dit nieuwe blad geplukt uit hetzelfde behandelde vak, daarna blad van onbespoten planten. Er werd bijgehouden of de rupsen levend of dood waren tot aan de dood of verpoping. Zie figuur 16.9 voor een impressie van de proefopzet.

Bespuiting in de kas



Inzetten van L2 rupsen op bespoten bladeren



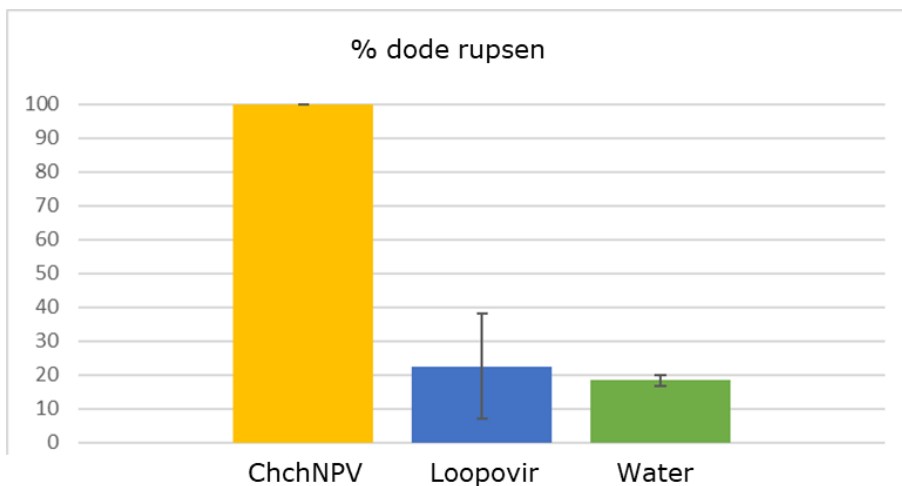
Einde proef: dood of verpopt



Figuur 16.9 Opzet van de proef. *Baculovirus* (ChchNPV, ChinNPV of water) werd gespoten in kas 2030, WUR Bleiswijk. Nadat het gewas droog was, zijn er bladeren geplukt en zijn L2 rupsen (gele pijlen) ingezet op het blad in cups. Vervolgens zijn de rupsen gemonitord tot de dood of verpopping.

16.5.3 Resultaten

De mortaliteit van de rupsen is bepaald in de verschillende behandelingen. De rupsen die zijn ingezet op bladeren bespoten met ChchNPV gingen allemaal dood en de mortaliteit was dus 100%. In de behandeling met ChinNPV (Loopovir) was de mortaliteit 22%, in de water behandeling was 18% van de rupsen dood gegaan.



Figuur 16.10 Resultaten van de proef, waarin gerbera planten zijn bespoten met ChchNPV, ChinNPV (Loopovir) of met water (negatieve controle). Vervolgens zijn L2 rupsen (2x30 rupsen per behandeling) in cups geplaatst met bladeren van de bespoten planten en is gemonitord of deze rupsen dood gingen tot verpopping.

16.5.4 Conclusie

De behandeling met ChchNPV heeft zeer goed gewerkt, alle rupsen gingen dood na het eten van bladeren bespoten met ChchNPV (2×10^{11} OBs/hectare). In de controle behandeling ging 18% dood, dit is vrij hoog en waarschijnlijk veroorzaakt door de vele handelingen aan de cups: de bladeren werden drie maal per week vervangen en dit is waarschijnlijk een veroorzaker van stress geweest. De mortaliteit in de groep die ChchNPV bespoten blad had gegeten was aanzienlijk hoger dan in de negatieve controle. In onderdeel 16.3 was de toegepaste dosering $\sim 10^{13}$ OBs/hectare, dit was dus ongeveer 100 maal hoger dan de dosis in deze proef toegepast. Doordat in deze proef alleen L2 rupsen zijn gebruikt, was deze lagere dosering al zeer effectief, in de andere proeven was er een mix van leeftijden aanwezig en ook veel grote rupsen, welke minder gevoelig zijn voor baculovirussen.

De effectiviteit van Loopovir was laag in deze proef, de mortaliteit was vergelijkbaar met de water behandeling. Dit was erg verrassend, omdat in de lab proeven de effectiviteit van Loopovir hoog was. Een verklaring is hier niet voor gevonden. In trials van Andermatt op planten werkte Loopovir wel effectief tegen Turkse mot (persoonlijke communicatie). Voor deze proef was er een nieuwe fles Loopovir gebruikt, welke ChinNPV met formulering bevatte. In de labproeven was ChinNPV in water gebruikt. De consistentie van de oude en nieuwe fles was anders, en dit riep de vraag op of er mogelijk iets mis was met de nieuwe fles. Daarom is er een kleine lab proef uitgevoerd. Op dieet is Loopovir uit de oude fles of de nieuwe fles gespoten in verschillende concentraties en vervolgens is de effectiviteit bepaald door de rupsen te monitoren tot verpopping. De mortaliteit was vergelijkbaar en dit verklaarde dus niet deze resultaten. Herhaling van deze proef is aanbevolen om te onderzoeken of Loopovir effectief is tegen Turkse mot in een gewasbehandeling.

16.6 Kweekmethode voor Turkse mot: noodzakelijk voor ChchNPV baculovirus product ontwikkeling

16.6.1 Inleiding

Baculovirussen kunnen alleen worden geproduceerd in rupsen. Om op grote schaal deze virussen te kunnen produceren, is er dus een goede kweekmethode nodig voor de gastheer, in dit geval de Turkse mot. Zoals al eerder beschreven is het virus ChchNPV gevonden door een uitbraak in de kweek van Turkse mot (Messelink et al. 2005). Dit virus is latent aanwezig in de rupsen, en dit maakt het zeer moeilijk om ze op grote schaal te kweken. Dit hebben wij ook ervaren tijdens dit project: de kweek van Turkse mot is een aantal keer ingestort doordat het baculovirus uitbrak. Sommige rupsen zijn goed in groepen in bakjes te houden. Dat lukt niet voor Turkse mot rupsen, omdat dit het virus kan induceren.

Onze kweek hebben we in stand gehouden op planten in kooien in de vertical farm om een zo gelijkmatig mogelijk klimaat te creëren over het jaar. Deze kweek was veel werk en is moeilijk op te schalen. Ook hier werd zo nu en dan een baculovirus dode rups gevonden en bouwde het latente virus zich op in de populatie en dit was niet optimaal. Een kweek met rupsen individueel in cupjes op een artificieel dieet zou dit probleem oplossen. Wanneer een rups overlijdt door baculovirus, kan het in ieder geval niet andere individuen infecteren. In de literatuur zijn een aantal diëten omschreven, deze hebben wij ook gebruikt in onze lab proeven. Echter lukt het niet om hierop de populatie in stand te houden. Jonge rupsen groeiden goed op tot mot, maar vervolgens kwamen de eitjes niet uit. Waarschijnlijk mist er een essentieel element in het dieet en dit heeft optimalisatie nodig.

16.6.2 Materialen en methode

Verschillende diëten zijn uitgetest: diëten uit de literatuur en een combinatie van deze. Het is echter ingewikkeld om te achterhalen welk element precies mist. Aangezien de rupsen wel goed in stand bleven op tomaten planten, zijn in tomatenplanten dus alle essentiële elementen aanwezig. Hierdoor kregen we het idee om het dieet aan te vullen met tomatensap. Hiervoor hebben we biologisch tomatensap gekocht in de supermarkt en 20 ml op een liter (2%) toegevoegd aan het artificiële dieet gebaseerd op verschillende diëten uit de literatuur (Del Pino et al., 2020; Greene et al., 1976). Dit dieet bevat verder: water, gelcarin, maïsmeel, pinto bonen, tarwekiemen, soja-eiwit, caseïne, torula gist, ascorbinezuur, sorbinezuur, vitamine mix, benzoëzuur, tetracycline, en methyl-P-hydroxybenzoesaat. Vervolgens is er getest of het mogelijk is om de kweek voor meerdere generaties in stand te houden op dit dieet. 60 rupsen werden als L1 (net uitgekomen uit het ei) ingezet op het dieet in cupjes (zie figuur 16.11). Nadat alle rupsen verpopt zijn, werden de motten bij elkaar geplaatst in een ton met een papieren koker om eieren te leggen. Van deze eieren werd van verschillende ei-legsels het uitkomst percentage bepaald. Hiervoor werden ~100 eieren geteld, deze werden in een apart bakje geplaatst en na een aantal dagen werd het aantal uitgekomen eieren geteld. Vervolgens werd met de volgende generatie dit proces herhaald om te zien hoeveel generaties we kunnen kweken met dit nieuwe dieet.

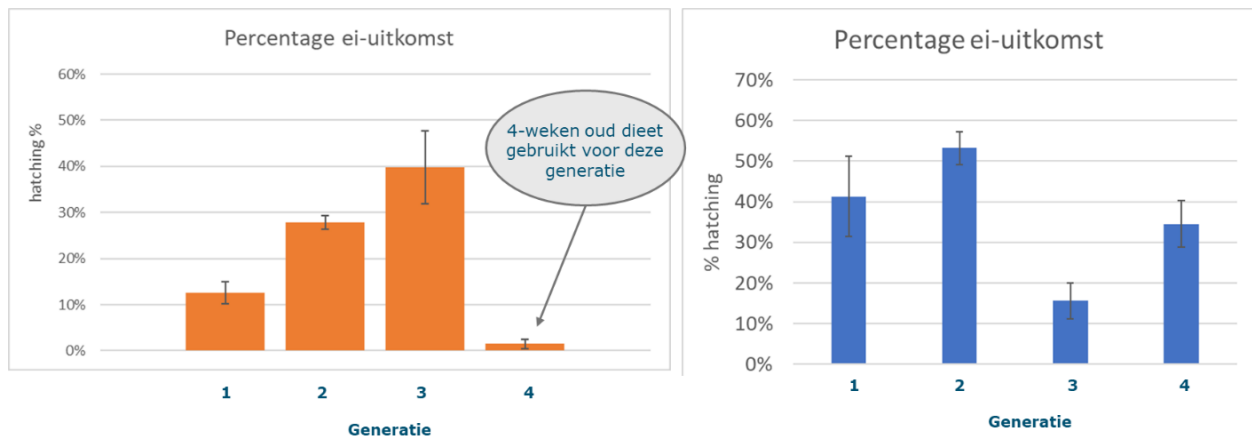


Figuur 16.11 Links kooien met planten waarop Turkse mot rupsen gekweekt werden. Recht een alternatieve kweek methode: een nieuw dieet is uitgetest, aangevuld met tomatensap, waarbij de rupsen individueel in cupjes worden gehouden.

16.6.3 Resultaten

Er is geprobeerd om rupsen van Turkse mot te kweken op het nieuwe artificiële dieet. De eerste drie generaties ging de kweek voorspoedig (zie figuur 16.12). Helaas kwamen de eitjes, gelegd door de vierde generatie zeer slecht uit. Voor deze generatie was echter dieet gebruikt wat niet vers gekookt was, maar welke 4 weken bewaard was in de koelkast. Mogelijk veroorzaakte dit de slechte ei uitkomst.

Daarom is er een nieuwe serie ingezet. Met deze rupsen zijn vier generaties gekweekt op dit dieet met een goede ei-uitkomst (zie figuur 16.12). Hierna is deze proef gestopt en zijn de volgende generaties niet meer opgevolgd.



Figuur 16.12 Het percentage ei-uitkomst voor de verschillende generaties van Turkse mot, gekweekt op het artificiële dieet aangevuld met tomatensap uit fles. Links zijn de resultaten van de eerste serie weergegeven, rechts de resultaten van de tweede serie. Na de vierde generatie is deze proef gestopt.

16.6.4 Conclusie

Het nieuwe dieet, aangevuld met tomatensap uit een fles, blijkt geschikt om Turkse mot rupsen op te kweken. Mogelijk is dit ook voor andere rupsen een mogelijkheid: wanneer artificiële diëten niet werken, kan dit misschien worden aangevuld door ofwel zelf gemaakt plantensap (gemalen blad of vrucht) of met commercieel verkrijgbaar sap van planten waar deze rupsen goed op groeien. Deze nieuwe kweekmethode maakt het mogelijk om ChchNPV te produceren in de rupsen en om dit baculovirus door te ontwikkelen tot een nieuw product.

17 Overwintering Turkse mot: Gaat Turkse mot in diapauze?

17.1 Inleiding

Er is weinig bekend waar en hoe Turkse mot overwinteren in Noord Europa. *Chrysodeixis chalcites* leeft voornamelijk in landen in Zuid-Europa, het Midden-Oosten en Afrika (CABI, 2022), waar de winters minder koud zijn. Sinds PATS camera's gebruikt worden, is het makkelijker om te monitoren wat er in de winter gebeurt in een gewas, zoals Gerbera, dat jaarrond in de kas blijft. In de zomer worden er veel vliegbewegingen van Turkse mot waargenomen, terwijl in de winter er hooguit een sporadische vliegbeweging wordt gezien. Elk voorjaar duikt de Turkse mot weer op in de Nederlandse kas. Het is onduidelijk of de Turkse mot weet te overwinteren in de kas, of dat er in het voorjaar invlieg plaatsvindt van buiten. Daarnaast is het onduidelijk of Turkse mot in diapauze gaat, hier is in de literatuur geen informatie over gevonden. Er is wel informatie over de ontwikkelsnelheid van Turkse mot bij verschillende temperaturen beschikbaar, zie ook onderdeel 2.1.1 en het artikel van Del Pino *et al* (2020). Hier hebben we onderzocht of we kunnen waarnemen of Turkse mot in diapauze gaat in de kas in de winter.

17.2 Materiaal en methoden

Diapauze is een ingewikkeld proces wat door verschillende stimuli kan worden geïnduceerd, zoals licht, temperatuur, luchtvochtigheid of beschikbaarheid van voedsel. Daarnaast kan de inductie van diapauze al in de generatie ervoor plaatsvinden: de ouders "programmeren" de volgende generatie om in diapauze te gaan (Saunders *et al*, 1965). Daarnaast kan de diapauze in verschillende stadia (larve/pop etc.) plaatsvinden. Om een eerste indicatie te krijgen of Turkse mot tijdens de winter in een gerbera kas in diapauze gaat, hebben we twee generaties gevolgd in een kooi in een gerbera kas.

In kas 2030 (gerbera gewas) is een kooi geplaatst met een gerbera plant. Op 7 oktober 2024 zijn in de kooi 33 L1 rupsen geïntroduceerd. Deze kooi is gemonitord en wanneer de eerste generatie ontwikkeld was tot pop, zijn deze in een eilegkoker geplaatst in de kooi in de kas. Van deze eileg is het uitkomst percentage bepaald. Vervolgens is er een nieuwe kooi ingezet met een nieuwe plant waarin 30 L1 rupsen (tweede generatie) zijn geïntroduceerd. Deze generatie is wekelijks opgevolgd: elke week zijn 10 rupsen geteld in de kooi en is genoteerd welk larvaal stadium ze zijn. Dit geeft een idee van de ontwikkelingssnelheid en dit maakt het ook mogelijk om waar te nemen als er diapauze voorkomt in een bepaald larvaal stadium. Deze generatie is gevolgd tot het mot stadium.

17.3 Resultaten

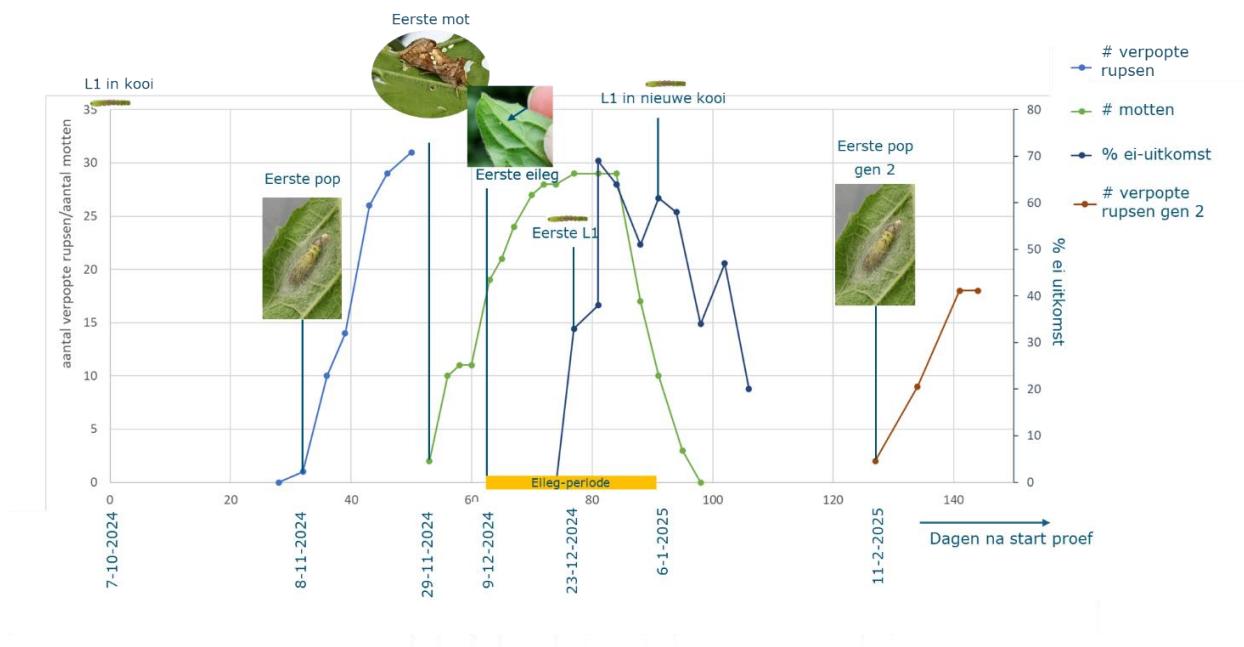
De ontwikkeling van de rupsen is gevolgd in de kooi in kas 2030. De eerste generatie is gestart begin oktober, met de verwachting dat deze eind oktober/november volwassen motten zouden zijn. PATS had namelijk aangegeven dat de laatste "golf" van vliegbewegingen vaak eind oktober/november wordt waargenomen (persoonlijke communicatie). De eerste verpopping werd op 8-11 waargenomen en de laatste rupsen verpopten 26-11. De ontwikkeling van L1 tot pop heeft voor de eerste generatie tussen de 32 en 50 dagen geduurd. Twee van de 33 ingezette rupsen zijn dood teruggevonden. De poppen werden in een eileg-ton geplaatst, de eerste mot werd op 29-11 waargenomen en de laatste pop kwam op 23-12 uit. De eerste vruchtbare eieren kwamen op 23-12 uit, toen zijn de eerste L1 rupsen (tweede generatie) waargenomen (zie figuur 17.2).

Een nieuwe kooi is gestart met een latere eileg, omdat we in de kweek hebben waargenomen dat de eerste en laatste eileg vaak niet de meest vitale zijn. Op 6-1 is een nieuwe kooi gestart met 30 L1 rupsen. Voor deze tweede generatie duurt het tussen de 35 en 49 dagen om van L1 tot pop te ontwikkelen. De eerste pop werd op 11-2 waargenomen, en de laatste op 25-2. 18 rupsen zijn van deze generatie verpopt, de rest is dood gegaan, een groot deel met baculovirus symptomen (figuur 17.2).

De poppen van deze tweede generatie kwamen normaal uit tot mot, de eerste mot werd waargenomen op 4-3 (148 dagen na start proef), op 14-3 (158 dagen na start proef) werden er 15 motten waargenomen, de resterende poppen waren dood (niet weergegeven in grafiek).



Figuur 17.1 Kooi in kas 2030 met een gerbera plant, waarin de ontwikkeling van Turkse mot rupsen twee generaties lang is gevolgd om te observeren of deze rupsen in diapauze gingen.



Figuur 17.2 De ontwikkeling van Turkse mot rupsen is twee generaties lang gevolgd in een kooi in kas 2030 om te observeren of deze rupsen in diapauze gingen. De dagen na de start proef zijn weergegeven, met op sommige plekken (eerste pop/eerste mot/ eerste eileg/ eerste L1, inzet nieuwe kooi, eerst pop generatie 2) de datum erbij wanneer dit heeft plaatsgevonden. Op de linker y-as staat het aantal poppen of motten weergegeven, op de rechter ei-as het percentage van de ei-uitkomst van de verschillende legfels.

17.4 Conclusies

Er is waargenomen dat de ontwikkeling van Turkse mot erg traag verliep, vergeleken met de normale ontwikkeling in de kweek. In de kweek is de temperatuur aanzienlijk hoger, wat een groot effect heeft op de ontwikkeling (Del Pino et al, 2020). In de literatuur was de ontwikkeling op een artificieel dieet gevolgd. Bij 15 graden duurde de larvale ontwikkeling gemiddeld 51.59 dagen, bij 20 graden 36.03 dagen, bij 25 graden 17.42 dagen en bij 30 graden 16.8 dagen. Dit is dus in lijn met de waarnemingen in de Gerbera kas, waar de larvale ontwikkeling tussen 32 en 50 dagen duurde voor de eerste generatie en tussen de 35 en 49 dagen voor de tweede generatie. Ook de tijd tot mot, eileg en uitkomen van de eitjes duurt relatief lang. In deze proef is geen diapauze waargenomen, de ontwikkeling stopte niet bij een bepaald stadium, maar ging in elk stadium traag. Deze proef laat duidelijk zien dat met twee generaties de hele winter overbrugt kan worden. Als een paar rupsen overleven aan het einde van het Turkse mot seizoen in de kas, is het mogelijk dat deze zeer traag ontwikkelen en zo overwinteren in de kas. Het is ook mogelijk dat er in het voorjaar invlieg is van buiten naar de kas, dat is met deze proef niet uit te sluiten.

18 Biologische bestrijdingsstrategie Turkse mot

De basis voor het starten van de strijd tegen rupsen is het installeren van gaas in de ramen. Bij praktijkbedrijven die deze investering hebben gedaan – vooral gerberakwekers – is de invlieg van motten vrijwel tot nul gereduceerd. Deze investering is echter vanwege de kosten niet altijd haalbaar.

De tweede belangrijke maatregel in een biologische aanpak van de plaag is monitoring, bijvoorbeeld met het PATS-monitoringssysteem of met vallen. De eerste waarneming van een vliegende mot vormt het signaal om *Trichogramma*-sluipwespen in te zetten. Vervolgens kunnen na zes à zeven dagen bespuitingen met BT-middelen worden uitgevoerd.

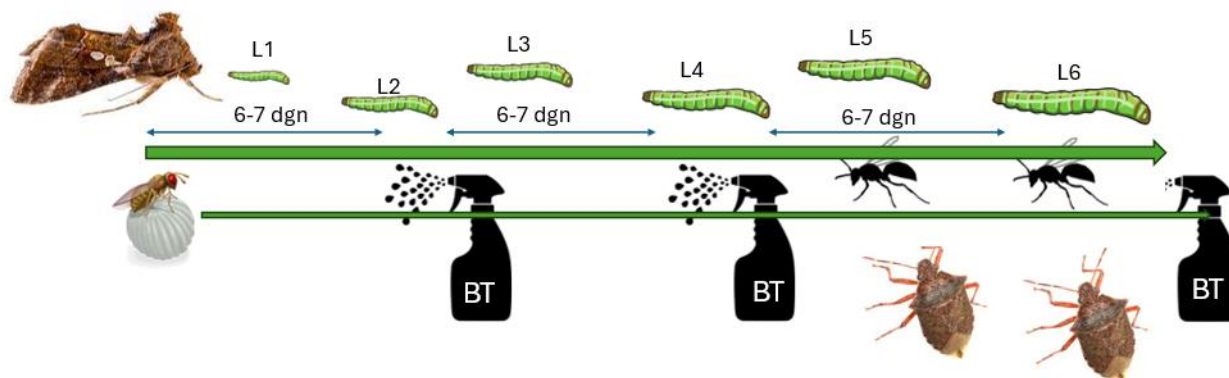
Helaas leggen de motten gedurende een lange periode zeer veel eieren. Daarom moeten de maatregelen om de plaagontwikkeling tegen te gaan continu worden voortgezet.

Zodra de eerste rupsen worden waargenomen – de schade en de rupsen zelf zijn zichtbaar vanaf het derde larvale stadium, waarin BT ook minder effectief begint te worden – kunnen curatieve acties worden ondernomen. De sluipwesp *Euplectrus carinifer*, die grotere rupsstadia parasiteert, is verkrijgbaar op de markt (Quabio). In de praktijk wordt op het moment van schrijven van dit rapport ervaring opgedaan met de inzet van deze sluipwesp bij paprikabedrijven.

De laatste biologische bestrijder die binnenkort op de markt komt, is de roofwants *Podisus* (volgens gesprekken met Bioline). Deze kan momenteel alleen curatief worden ingezet. Er bestaat nog geen optimale bijvoerstrategie om hem preventief in het gewas te vestigen. Hier wordt echter aan gewerkt binnen het nieuwe PPS-project “Vestigen en vasthouden van generalistische predatoren en gaasvliegen”. De schematische volgorde van de te implementeren maatregelen wordt weergegeven in figuur 18.1.

Daarnaast wordt gewerkt aan een ontbrekend puzzelstukje in de biologische strategie tegen de Turkse mot: feromonen. Twee bedrijven zijn momenteel hun producten op praktijkschaal aan het valideren. Het validatieproces wordt gecoördineerd door Glastuinbouw Nederland. Zodra er een verstoringferomoon en/of een feromoon voor mass-trapping op de markt beschikbaar is, zal het gebruik van chemische correctiemiddelen in de strijd tegen de Turkse mot sterk worden gereduceerd.

Uit dit project is gebleken dat baculovirussen zeer effectief kunnen zijn in de bestrijding van alle stadia van de motten. Helaas duurt de toelating van een nieuw product op de Europese markt minimaal zeven jaar en is dit proces zeer kostbaar. Voor het geval een bedrijf toch besluit om deze stap te zetten, is binnen dit project een kweekmethode ontwikkeld voor de Turkse mot. Deze methode garandeert dat de productie van een bestrijdingsmiddel op basis van baculovirus mogelijk is.



Figuur 18.1 Volgorde van toepassing van verschillende maatregelen om de Turkse mot te bestrijden.

19 Combinatie biologische bestrijdingsstrategieën *Duponchelia fovealis*

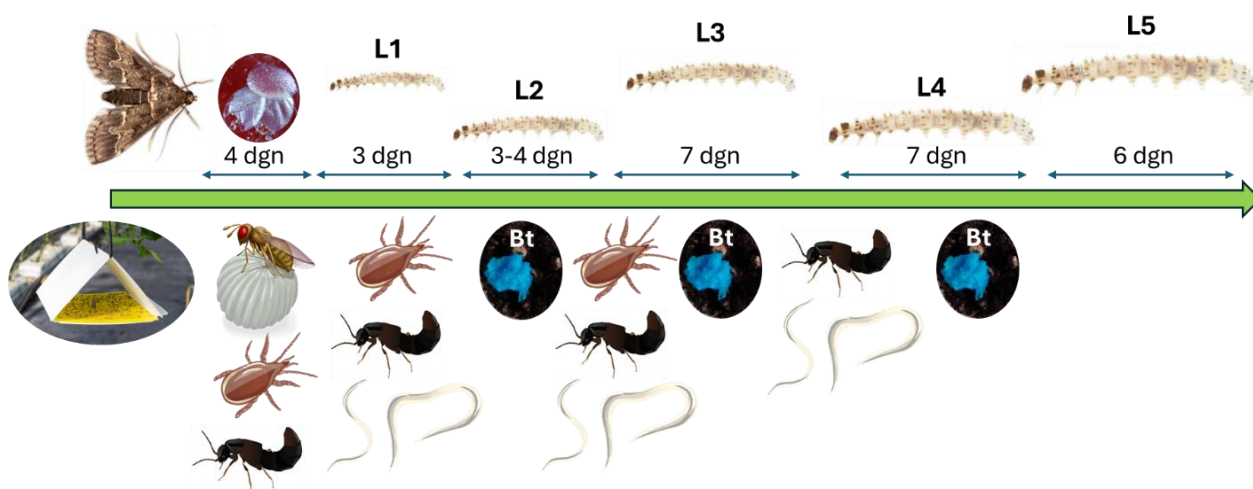
Duponchelia fovealis is moeilijk te detecteren en te bestrijden in het gewas vanwege de kleine omvang van de larven en hun cryptische gedrag. Net als bij de Turkse mot is het monitoren van de plaag de eerste stap om deze te bestrijden, bijvoorbeeld met feromoonvallen. Het is verstandig om meerdere feromoonvallen met elkaar te vergelijken om te bepalen welke het meest effectief is.

Wanneer de eerste motten in het gewas worden gedetecteerd, beginnen ze eieren te leggen in het gewas, op de bladeren en naast het substraat. De eieren zijn moeilijk te vinden vanwege hun kleine formaat en lichte kleur, maar de eerste larven zullen naar verwachting ongeveer 4 tot 7 dagen na het leggen van de eieren uitkomen. De larven voeden zich met planten en organisch materiaal en houden ervan zich te verbergen op vochtige plaatsen, dicht bij de grond. Als preventieve maatregel kunnen bodembewonende roofmijten zoals *Stratiolaelaps scimitus* (voorheen *Hypoaspis miles*) en *Macrocheles robustulus* in het substraat worden geïntroduceerd. Deze twee predatoren voeden zich met de eieren en larven van *D. fovealis*. Een andere bodempredator die effectief is tegen *D. fovealis* is de kortschildkever *Atheta coriaria*, die zich ook voedt met eieren en larven. Tot slot kunnen entomopathogene nematoden (*Steinernema carpocapsae*) ook in de bodem worden toegepast vlak voordat de nieuwe larven uitkomen.

De eieren en larven van *Duponchelia fovealis* ontwikkelen zich zeer goed in dode bladeren en organisch materiaal dat op de grond achterblijft. Als preventieve maatregel is het daarom belangrijk om regelmatig oud plantmateriaal uit de kas te verwijderen om te voorkomen dat er lokale *D. fovealis*-hotspots ontstaan.

Als curatieve maatregel zouden sluipwespen zoals *Trichogramma achaeae* direct na de eerste waarneming van motten in de kas kunnen worden uitgezet om de eieren te parasiteren. Er moet echter nog meer onderzoek worden gedaan naar de werkzaamheid van deze soort tegen *D. fovealis* onder kasomstandigheden.

Tot slot hebben we in dit project de potentie van Bt-korrels op *D. fovealis*-larven getest en aangetoond dat ze zeer effectief zijn onder laboratoriumomstandigheden. Verder onderzoek in samenwerking met bedrijven die mogelijk geïnteresseerd zijn om deze Bt-korrels op de markt te brengen, moet worden uitgevoerd om te bevestigen dat ze daadwerkelijk een goede bestrijdingsmethode zijn tegen *D. fovealis*.



Figuur 19.1 Volgorde van toepassing van verschillende maatregelen om *Duponchelia fovealis* te bestrijden.

Literatuur

- Anderson, R. and May, R. (1981) The Population Dynamics of Microparasites and Their Invertebrate Hosts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 291, 451-524.
- Arrizubieta, M., Simón, O., Williams, T., Caballero, P. (2016). Determinant factors in the production of a co-occluded binary mixture of *Helicoverpa armigera* alphabaculovirus (HearNPV) genotypes with desirable insecticidal characteristics. *PLoS One* 11, e0164486.
- Barbagli, T., Marco Hofman, Marjolein Kruidhof, Kirsten Leiss, Caroline van der Salm, Wim Voogt, Corien Voorburg (2025). Effecten van nutriënten op ziekten, plagen en hun bestrijders. WPR Rapport XXX
- Bernal, A., Carnero, A., Hernández-Suárez, E., Williams, T., Caballero, P., Simón, O., (2013). A native variant of *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus: the basis for a promising bioinsecticide for control of *C. chalcites* in Canary Islands' banana crops. *Biol. Contr.* 67, 101- 110.
- Bernal A, Simón O, Williams T, Muñoz D, Caballero P. Remarkably efficient production of a highly insecticidal *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus (ChchNPV) isolate in its homologous host. *Pest Manag Sci.* (2018) Jul;74:1586-1592.
- Bethke, J., Vander Mey, B., & Waterworth, R. (2014). Life history and control of the European pepper moth, *Duponchelia fovealis*, a new pest in greenhouse production. In *Entomological Society of America Annual Meeting* (Vol. 2014).
- Bloemhard, C. M. J., & Haaring, M. A. (2005). Bestrijding schadelijke rupsensoorten in de glastuinbouw met sluipwespen: toetsing van *Cotesia vanessae* in het laboratorium en toetsing van *Meteorus gyrator* tegen Turkse mot (*Chrysodeixis chalcites*) in komkommer. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. <https://edepot.wur.nl/296835>
- Bloemhard, C. M. J. & Messelink, G. J. (2005). Biologische bestrijding van rupsen in kasteelten: opsporen en toetsing van parasitoïden van schadelijke rupsen in kasteelten met paprika. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. <https://edepot.wur.nl/298618>
- CABI (2022). *Chrysodeixis chalcites* (golden twin-spot moth). *Crop Protection Compendium*. CAB International (CABI), Wallingford, UK.
- Cabello, T., Belda, J., Justicia, L., & Pascual, F. (1992). Distribución dentro de la planta de *Spodoptera exigua* (Lep., Noctuidae) en cultivo de pimiento. *Bolem. Soe. Port. Entom*, 2, 97-106.
- Cakmak, T., Piedra-Buena Díaz, A., Hernández Suárez, E., & Alvarez Acosta, C. (2019). *Chrysodeixis chalcites* (Esper)(Lepidoptera: Noctuidae) oviposition preferences on different growing stages of banana (*Musa acuminata* Colla, Musaceae) plants. *Phytoparasitica*, 47, 485-498.
- Cory, J.S., Green, B.M., Paul, R.K., Hunter-Fujita, F. (2005). Genotypic and phenotypic diversity of a baculovirus population within an individual insect host. *J. Invertebr. Pathol.* 89, 101-111.
- Del Pino M., Carnero A., Cabello T., Hernández E. (2011). La lagarta o bicho camello, *Chrysodeixis chalcites* (Esper, 1789), una plaga emergente en los cultivos de platanera de Canarias. – *Phytoma España* 225: 21 -24.

-
- Del Pino, M., Cabello, T., Hernández-Suárez, E. (2020). Age-Stage, Two-Sex Life Table of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) at Constant Temperatures on Semi-Synthetic Diet, Environmental Entomology, Volume 49, Issue 4, Pages 777–788.
- El Ainous, A., El Aissami, A., El Mehdi, B., Ghizlane, K., Iraqi, D., Khalid, A., Ayoob, O. A., Abdelfattah A. D., Mokrini, F. (2025), Harnessing native entomopathogenic nematodes for sustainable pest control in North African agroecosystems. CABI Reviews.
- Fuentes EG, Hernández-Suárez E, Simón O, Williams T, Caballero P (2017) *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus (ChchNPV): Natural occurrence and efficacy as a biological insecticide on young banana plants in greenhouse and open-field conditions on the Canary Islands. PLoS ONE 12: e0181384.
- Fuentes, E. G., Hernández-Suárez, E., Simón, O., Williams, T., & Caballero, P. (2018). *Chrysodeixis chalcites*, a pest of banana crops on the Canary Islands: Incidence, economic losses and current control measures. Crop Protection, 108, 137-145.
- Führ, F. M., Pretto, V. E., Godoy, D. N., Garlet, C. G., Hettwer, B. L., Marçon, P., ... Bernardi, O. (2021). Lethal and sublethal effects of *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus (ChinNPV)-based biopesticide infecting different larval ages of soybean looper. Biocontrol Science and Technology, 31, 619–631.
- Gasim, G. Y. and H. T. Younis. 1989. Biological studies on tomato leafworm *Plusia chalcites* L. (Noctuidae:Lepidoptera) under effect of constant temperatures. Mesopotamia Journal of Agriculture, 21:325-334.
- Gerritsen, L. J. M. (2003). *Bacillus thuringiensis*: een overzicht. Volume 277 van Nota / Plant Research International.
- Goodey, B. 1991. *Chrysodeixis chalcites* - observations on the life cycle in captivity. The Entomologists Record, 103:111-118.
- Greene, G.L., Leppla, N.C., Dickerson, W.A., (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. J. Econ. Entomol. 69, 487-488.
- Grosman, A. H. & Bloemhard, C. M. J. (2014). Nieuwe sluipwespen tegen Turkse mot, *Chrysodeixis chalcites*, in paprika: Opsporen en toetsen. (Rapport / Wageningen UR Glastuinbouw; No. 1306). Wageningen UR. <https://edepot.wur.nl/306838>
- Hansson, C., & Schmidt, S. (2018). Revision of the European species of Euplectrus Westwood (Hymenoptera, Eulophidae), with a key to European species of Euplectrini. Journal of Hymenoptera Research, 67, 1-35.
- Harakly, F. A. and S. S. Farag. 1975. Biological studies on the tomato looper *Chrysodeixis chalcites* (Esper) in Egypt. Bulletin de la Societe Entomologique d’Egypte, 59:295-299.
- Hazir, S., Shapiro-Ilan, D.I., Hazir, C., Leite, L.G., Cakman, I., Olson, D. (2016). Multifaceted effects of hostplants on entomopathogenic nematodes. Journal of Invertebrate Pathology 135: 53-59.
- Helmberger, M.S., Shields, E.J., Wickings, K.G. (2017). Ecology of belowground biological control:Entomopathogenic nematode interaction with soil biota. Applies Soil Ecology 121: 201-213.
- Hughes, P.R., Wood, H.A., (1986). In vivo and in vitro bioassay methods for baculoviruses. In Granados, R.R., Federici, B. (Eds.), The Biology of Baculoviruses, vol. II., CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 1-30.
- Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., Tamayo-Mejía, F., Martínez-Núñez, M., & Valdez-Carrasco, J. M. (2024). *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its Parasitoid in Cultivated Berries in Guanajuato, Mexico1. Journal of Entomological Science, 59, 518-523.

-
- Khan, S. and Yousuf, M. (2017). Morphometric analysis of *Trichogramma achaeae* Nagaraja and Nagarkatti, an important biological control agent of agriculture and forestry. *J. Biol. Control*, 31, 90-94.
- Linden, A, van der. 1996. [On the caterpillar hunt]. *Groenten und Fruit/Glasgroenten*.
- Linden, van der, A.(2000). Biological control of the caterpillars (Noctuidae) and other pests with insectivorous birds, *Alcippe brunnea* in glasshouses. *Zool Meded*, 65, 235–243.
- Lu, D., Baiocchi, T., Dillman, A.R. (2016). Genomics of Entomopathogenic Nematodes and Implications for Pest Control. *Trends in Parasitology* 32 (8): 588-598.
- Messelink G. J., van Slooten M. A., Steenpaal S.E.F., van Oers M.M., Vlak, J (2005) Bestrijding van Turkse mot met een nieuw baculovirus. Rapport, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Glastuinbouw.
- Misiewicz, K. & Dzięgielewska, M. (2018). The use of entomopathogenic nematodes in biological plant protection. West Pomeranian University of Technology Department of Agriculture.
- Paes, J. P., Lima, V. L., Pratissoli, D., Carvalho, J. R., Pirovani, V. D., & Bueno, R. C. (2018). Thermal requirements, development and number of generations of *Duponchelia fovealis* (Zeller)(Lepidoptera: Crambidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 2447-2457.
- Polaszek, A., Rugman-Jones, P.F., Stouthamer, R. et al. (2012). Molecular and morphological diagnoses of five species of *Trichogramma*: biological control agents of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the Canary Islands. *BioControl* 57, 21–35.
- Rosas-García, N. M., Villegas-Mendoza, J. M., & Torres-Ortega, J. A. (2009). Design of a *Bacillus thuringiensis*-based formulation that increases feeding preference on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of economic entomology*, 102, 58-63.
- Simón, O., Bernal, A., Williams, T., Carnero, A., Hernández-Suárez, E., Muñoz, D., & Caballero, P. (2015). Efficacy of an alphabaculovirus-based biological insecticide for control of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato and banana crops. *Pest management science*, 71, 1623-1630.
- Saunders, D.S (1965) Larval Diapause of Maternal Origin: Induction of Diapause in *Nasonia Vitripennis* (Walk.) (Hymenoptera: Pteromalidae). *J Exp Biol* 1 June; 42 (3): 495–508.
- Slack, J., Arif, B.M., 2007. The baculoviruses occlusion-derived virus: virion structure and function. *Adv. Virus Res.* 69, 99-165.
- Smits, P.H., van Velden, M.C., van de Vrie, M. and Vlak, J.M. (1987), Feeding and dispersion of *Spodoptera exigua* larvae and its relevance for control with a nuclear polyhedrosis virus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 43: 67-72.
- Simon S, Breeschoten T, Jansen HJ, Dirks RP, Schranz ME, Ros VID. Genome and transcriptome analysis of the beet armyworm *Spodoptera exigua* reveals targets for pest control. *G3 (Bethesda)*. 2021 Oct 19; 11:jkab311.
- Sosa-Gómez, D.R., Morgado, F.S., Corrêa, R.F.T. et al. Entomopathogenic Viruses in the Neotropics: Current Status and Recently Discovered Species. *Neotrop Entomol* 49, 315–331 (2020).
- Qiu, Y. T., Van Lenteren, J. C., Drost, Y. C. and Posthuma-Doodeman, C. J. A. M. (2004). Life-history parameters of *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* and *E. mundus*, aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae). *European Journal of Entomology*, 101, 83-94.

-
- van Oers MM, Herniou EA, Usmany M, Messelink GJ, Vlak JM. Identification and characterization of a DNA photolyase-containing baculovirus from *Chrysodeixis chalcites*. *Virology*. (2004) Dec 20;330:460-70.
- Van Roermund, H. J. W. (1995). Understanding biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa*: from individual behaviour to population dynamics. [internal PhD, WU]. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Wang Manli and Hu Zhihong (2019) Cross-talking between baculoviruses and host insects towards a successful infection *Phil. Trans. R. Soc. B* 374:20180324.
- Williams T, Virto C, Murillo R and Caballero P (2017) Covert Infection of Insects by Baculoviruses. *Front. Microbiol.* 8:1337.
- Williams, T., López-Ferber, M., Caballero P., (2022). Nucleopolyhedrovirus Coocclusion Technology: A New Concept in the Development of Biological Insecticides. *Front. Microbiol.* 12, 810026.
- Woelke, J. (2019). Potentie van de sluipwesp *Euplectrus phthorimaeae* voor de bestrijding van de Turkse uil. (Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw rapport; No. WPR-862). Wageningen Plant Research.
- Woelke, J. B., Cusumano A., Bernardo U. (2025). Unveiling the parasitoid *Euplectrus carinifer* for controlling *Chrysodeixis chalcites* larvae in greenhouse environments, *Biological Control*, Volume 208, 105857, ISSN 1049-9644.
- Yousuf, M., Khan, S., Ikram, M. and Singh, K.P. (2016). Diversity of biological control agents *Trichogramma* from Punjab (India) and its importance in forestry and agroforestry systems. *Journal of Environment and Bio Sciences* 30: 541–47.
- Wijerathna-Yapa, A. (2017). Transgenic plants: resistance to abiotic and biotic stresses. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 111, 245–275.

Bijlage 1 Mortaliteit *Podisus maculiventris* op verschillende diëten



Bijlage 2 Kweekmethodiek *Euplectrus carinifer* op *Spodoptera exigua* (Floridamot)

De rupsen van *S. exigua* (wij hebben deze verkregen van WUR collega's van vakgroep virologie, rupsen zijn ook commercieel beschikbaar bij Entocare) werden doorgekweekt op artificieel medium volgens het recept van de WUR. Dit recept is gebaseerd op de literatuur en bevat agar, maismeel, biergist, tarwekiemen, sorbinezuur, nipagine, ascorbinezuur, sterptomycine en water (Simon et al., 2021 en Smits et al. 1987).

Vervolgens werden rupsen in het L4 stadium in een kleine kooi geplaatst op een tomatentak in een vaasje met water. Ook werden *Euplectrus carinifer* sluipwespen in de kooi geïntroduceerd. Voor het overleven van de sluipwespen werd een cupje met watten en suikerwater in de kooi geplaatst. De rupsen werden in de kooi geparasiteerd. Geparasiteerde rupsen werden uit de kooi verwijderd en overgeplaatst naar een vergelijkbare schone kooi met tomatenplant, waar de *Euplectrus* larven konden verpoppen en uit konden komen.

Opmerking: Rupsen die alleen artificieel medium hadden gegeten en niet van de tomatenplant werden niet geparasiteerd. Op rupsen die na parasitering op medium werden teruggeplaatst stopte de ontwikkeling van de sluipwesplarven.

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



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

Rapport WPR-1463



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
