



Nieuwe methoden voor bestrijding van bodemplagen in de glastuinbouw

Deel 1: Biologie en bestrijding van *Lyprauta* sp.

Marjolein Kruidhof, Joop Woelke, Ruben Vijverberg, Laura Català-Senent en Roland Vijverberg

Rapport WPR-784

Referaat

In de teelt van *Phalaenopsis* orchideeën wordt belangrijke schade veroorzaakt door zogenaamde 'potwormen', feitelijk muggenlarven van de familie Keroplatidae (langhoornmuggen). Deze larven, welke zich in het substraat bevinden, prederen in eerste instantie op bodemorganismen. Ze veroorzaken echter ook vraatschade aan wortelpunten, wat leidt tot een algehele groeivertraging. Zelfs bij lage aantallen langhoornmug larven - meestal zit er maar één larve in een pot - wordt de schadedrempel al overschreden door het relatief lage aantal wortels van *Phalaenopsis*. In dit rapport is het onderzoek beschreven naar a) de biologie van langhoornmuggen, met name naar *Lyprauta cambria*, en b) verschillende manieren om *L. cambria* te bestrijden, en/of ervoor te zorgen dat de larven minder schade berokkenen aan de wortelpunten van *Phalaenopsis*.

Abstract

In the cultivation of *Phalaenopsis* orchids important damage is caused by so-called 'potworms', which in reality are the larvae of the Keroplatidae family (fungus gnats). These larvae live in the substrate, and primarily predate on soil-dwelling organisms. However, they also cause feeding damage to the root tips, leading to a reduction in overall plant growth. Even at low Keroplatidae density - mostly only a single larva per pot is present - the damage threshold is often exceeded in *Phalaenopsis* because of its relatively low number of roots. In this report research addressing a) the biology of Keroplatidae larvae, with special focus on *Lyprauta cambria*, and b) different ways to control *L. cambria*, and/or reduce the damage that the larvae cause to the root tips of *Phalaenopsis* is described.

Rapportgegevens

Rapport WPR-784

Projectnummer: 3742202500

PT nummer: 15139 PPS nummer: KV 1406-084

DOI nummer: 10.18174/454041

Thema: Gewasbescherming

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van Stichting TKI Tuinbouw, Ministerie van Economische Zaken, gewascoöperatie Potorchidee, Productschap Tuinbouw, Horticoop BV, Anthura BV en LTO Glaskracht Nederland.

Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Introductie	7
2	Biologie, herkenning en kweekmethode van <i>Lyprauta</i> spp. en <i>Proceroplatus</i> spp.	9
	2.1 Stamboom en afkomst	9
	2.2 Dieet	10
	2.3 Ontwikkeling	12
	2.4 Herkenning	12
	2.5 Plaagdruk en schade	14
	2.6 Kweekmethode	15
3	Inventarisatie bodemleven Phalaenopsis	17
4	Onderzoek directe bestrijding	27
	4.1 Sluipwespen	27
	4.2 Roofkevers	29
	4.3 Oorwormen	30
	4.4 Roofvliegen	33
	4.5 <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	34
	4.6 Entomopathogene schimmels	36
5	Onderzoek voorkomen wortelschade door aanbod alternatief voedsel	37
	5.1 Effect van extra prooien en vochtgehalte bark op overleving <i>Lyprauta cambria</i> larven en wortelschade	37
	5.2 Effect van toediening melasse of zetmeel op wortelpunten-vraat door <i>Lyprauta cambria</i> larven	39
6	Effect van bodempredatoren op de aanwezigheid van mogelijke prooien voor langhoornmug larven	43
	6.1 Doelstelling en proefopzet	43
	6.2 Werkwijze	43
	6.3 Resultaten en discussie	43
7	Eileg-gedrag volwassen <i>Lyprauta</i> muggen	47
	7.1 Kleinschalige keuze-tests in kweekkooien	47
	7.2 Onderzoek naar invloed leeftijd Phalaenopsis plant op ei-afzet <i>Lyprauta cambria</i>	48
8	Conclusies en voortgang	51
	Literatuur	53

Samenvatting

In de teelt van *Phalaenopsis* orchideeën wordt grote schade ondervonden door zogenaamde 'potwormen', feitelijk muggenlarven van de familie Keroplastidae (langhoornmuggen), die zich in het substraat bevinden. De schade manifesteert zich met name aan de wortelpunten. Dit zorgt voor groeivertraging, waardoor grote economische schade optreedt. Zelfs bij de lage aantallen larven van langhoornmuggen - meestal zit er maar 1 larve in een pot - wordt de schadedrempel al overschreden door het relatief lage aantal wortels van *Phalaenopsis*. In dit rapport is het onderzoek beschreven naar a) de biologie van langhoornmuggen, met name van *Lyprauta cambria*, en b) naar manieren om *L. cambria* vanuit verschillende invalshoeken te bestrijden, en/of ervoor te zorgen dat de larven minder schade berokkenen aan de wortelpunten van *Phalaenopsis*.

Ten eerste is er onderzoek gedaan naar het dieet van *L. cambria* larven. Een belangrijke doorbraak was de ontdekking dat de hoofdvoedselbron van *L. cambria* larven andere beestjes zijn die in het barksubstraat waarin *Phalaenopsis* wordt geteeld voorkomen (zoals mijten, rouwmug larven en springstaarten). De larven maken een web van zure draden waarlangs ze zich heel snel kunnen bewegen, waardoor ze gemakkelijk prooien kunnen aanvallen. Ook komen er prooien vast te zitten in het web. Een tweede belangrijke ontdekking was dat *L. cambria* larven hun dieet van prooien aanvullen met koolhydraten. Een eerste aanwijzing hiervoor was de waarneming dat *L. cambria* larven van slakkenkorrels eten. Deze slakkenkorrels bestaan voornamelijk uit zetmeel. In het lab is met puur zetmeel, waaraan een voedingskleurstof was toegevoegd, bevestigd dat *L. cambria* zetmeel eet. Ook ontwikkelden de *L. cambria* larven beter op een dieet van prooien en zetmeel dan op prooien alleen. Verder is de ontwikkelingstijd van de verschillende ontwikkelingsstadia van *L. cambria* bij 28 °C (teelttemperatuur *Phalaenopsis*) in kaart gebracht.

Vervolgens is er een inventarisatie uitgevoerd van het bodemleven in het barksubstraat bij 10 verschillende *Phalaenopsis* kwekerijen. Hierbij is belangrijke informatie naar boven gekomen over het voorkomen van verschillende soorten langhoornmuggen (de zgn. 'potwormen'), en de mogelijke prooien en predatoren van de langhoornmug larven die in de bark voorkomen. Naast *L. cambria*, die op alle onderzochte bedrijven voorkwam, kwam op 9 van de 10 bedrijven ook de soort *Proceroplatus trinidadensis* voor. Bij slechts één van de 10 bedrijven werd de soort *Lyprauta chacoensis* gevonden. Naast roofmijten en kortschildkevers werden er ook bij enkele telers oorwormen en roofvliegen gevonden. Verder is er eerst bij één orchideeënkwekerij, en enkele maanden later bij een tweede *Phalaenopsis* kwekerij een sluipwesp ontdekt welke specifiek de larven van langhoornmuggen parasiteert. Deze sluipwesp was nieuw voor de wetenschap en heeft de naam *Megastylus woelkei* gekregen.

Vervolgens is er verder onderzoek gedaan naar de *M. woelkei* sluipwesp, en is deze soort beschreven in een wetenschappelijke publicatie (Humala *et al.* 2017). *Megastylus woelkei* heeft op het bedrijf waar hij is ontdekt voor een goede bestrijding van langhoornmug larven gezorgd. Helaas was de sluipwesp lastig te kweken, omdat hij zich alleen in de larven van langhoornmuggen kan ontwikkelen, en is het niet gelukt een labweek te starten. Ook hebben pogingen om *M. woelkei* te verzamelen en uit te zetten bij een tweetal andere orchideeënkwekerijen niet tot vestiging van de sluipwesp geleid.

Verder konden kortschildkevers (*Dalotia coriaria*, voorheen *Atheta coriaria*) in gecontroleerde labproeven wel de eitjes van *L. cambria* opeten, maar overleefden ze niet goed in de kweekbakjes met larven van *L. cambria* en werd geen bestrijding van de *L. cambria* larven waargenomen. In *L. cambria* kweekbakjes waar een oorworm was toegevoegd overleefden wel minder *L. cambria* larven. Er is echter geen direct predatie waargenomen maar wel predatie van de voermijten, waardoor het onduidelijk is of dit een directe bestrijding of een indirecte bestrijding (via het wegeten van de prooien van *L. cambria*) betreft. Ook is voor de van nature in kassen voorkomende roofvlieg *Coenosia attenuata* onderzocht of deze *Lyprauta* muggen kan bestrijden. Van volwassen vliegen is waargenomen dat ze *Lyprauta* muggen uit de lucht kunnen grijpen en verorberen. Van de larven van *C. attenuata*, welke ook op larven van andere insecten prederen, moet nog worden onderzocht of ze *Lyprauta* larven kunnen bestrijden.

Naast de inzet van predatoren is er ook onderzocht of *L. cambria* larven met behulp van micro-organismen kunnen worden bestreden. Hierbij is het effect van een toxisch eiwit, afkomstig van de bacteriestam *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) getest. Deze Bt stam werkt specifiek tegen verschillende soorten muggen en vliegen. Voor de toediening van het Bti product is een zogenaamde attract & kill strategie gebruikt waarbij zetmeel als lokstof is gebruikt waar het Bti product doorheen is gemengd. Door een voedingskleurstof toe te voegen aan het zetmeel kon worden bevestigd dat de larven van het zetmeel met Bti product hadden gegeten. Echter had het Bti product, zelfs in een relatief hoge dosering, geen effect op de overleving van *L. cambria* larven. Verder is het effect van sporenoplossingen van 4 verschillende soorten entomopathogene schimmels op de overleving van *L. cambria* larven getest. Hierbij kwamen geen verschillen in de overleving van de larven naar voren. Echter was de uitval van *L. cambria* poppen ook in de controlebehandeling hoog, waardoor het effect van de entomopathogene schimmels niet goed kon worden vastgesteld.

Lyprauta cambria kan worden gekweekt zonder de Phalaenopsis plant zelf. Het is daarom de vraag waarom en onder welke omstandigheden de larven schade berokkenen aan de wortelpunten van Phalaenopsis. Een eerste hypothese was dat *L. cambria* larven bij gebrek aan voedsel en/of vocht aan de wortelpunten gaan knagen. Uit een kasproef is echter gebleken dat zowel de overleving als het aantal beschadigde wortelpunten hoger lag wanneer prooimijten als extra voedsel werden toegevoegd aan de bark bij normale watergift. Meer frequente watergift had geen duidelijk effect op de overleving van *L. cambria* larven en de wortelschade. Een tweede hypothese is dat *L. cambria* larven aan de wortelpunten knagen om in hun behoefte aan suikers/koolhydraten te voorzien. Juist bij de wortelpunten worden exudaten uitgescheiden die suikers bevatten. Om dit verder te testen zijn een tweetal kasproeven uitgevoerd. Er is getest of toevoeging van een zetmeel- of suikerbron aan de bark de wortelschade door *L. cambria* larven kan reduceren. De trend is dat er minder planten met schade waren bij de melasse / zetmeelbehandeling, maar er was geen statistisch betrouwbaar verschil. Er zou een grotere proef gedaan moeten worden om dit aan te tonen.

Een andere mogelijkheid om het teeltsubstraat minder geschikt te maken voor ontwikkeling en overleving van *Lyprauta* is het reduceren van het voedsel (= prooien) in de bark. Hiervoor is een kasproef opgezet, waarbij wekelijks een overmaat aan predatoren is toegevoegd (*Dalotia coriaria* kortschildkevers of *Macrocheles robustulus* roofmijten). De verwachting was dat deze overmaat aan predatoren het aantal prooien dat beschikbaar is voor *L. cambria* larven zou kunnen reduceren waardoor deze larven op een indirecte manier zouden kunnen worden bestreden. *Dalotia coriaria* kon zich niet goed in de potten vestigen en had geen meetbaar effect op prooiorganismen. Hoewel wekelijkse toevoeging van een overmaat aan *M. robustulus* een reducerend effect had op prooimijten die van nature in de bark voorkomen is dit naar verwachting niet voldoende voor een indirecte bestrijding van *L. cambria* larven. Bovendien kon *M. robustulus* zich niet in hoge aantallen in de bark handhaven. Ook is in een labopstelling waargenomen dat *L. cambria* larven *M. robustulus* roofmijten aanvallen. In hoeverre *L. cambria* larven *M. robustulus* ook echt een voedselbron gebruiken is nog niet duidelijk.

Ook is er gekeken of volwassen *L. cambria* muggen een voorkeur hebben voor bark of (grof) kokossubstraat. Dit bleek niet het geval te zijn. Vervolgens is onderzocht of *L. cambria* vrouwtjes een voorkeur hebben om eitjes te leggen in 'oude kweekbakjes' (met oudere stukjes bark, prooimijten en resten van *L. cambria* poppen ten opzichte van 'nieuwe kweekbakjes' (met nieuwe stukjes bark en zonder prooimijten). Hierbij bleken de vrouwtjes een sterke voorkeur te hebben voor het leggen van eitjes in de 'oude kweekbakjes'. Verder onderzoek naar de factoren die deze voorkeur veroorzaken zou handvaten kunnen geven om het teeltsubstraat minder aantrekkelijk te maken voor eileg. Een keuzeproef in grote kooien in een kas met als doel om de voorkeur van *L. cambria* vrouwtjes voor eileg in de bark van potten met planten van verschillende leeftijden te onderzoeken is helaas niet gelukt, omdat in geen van de potten *L. cambria* larven tot ontwikkeling waren gekomen.

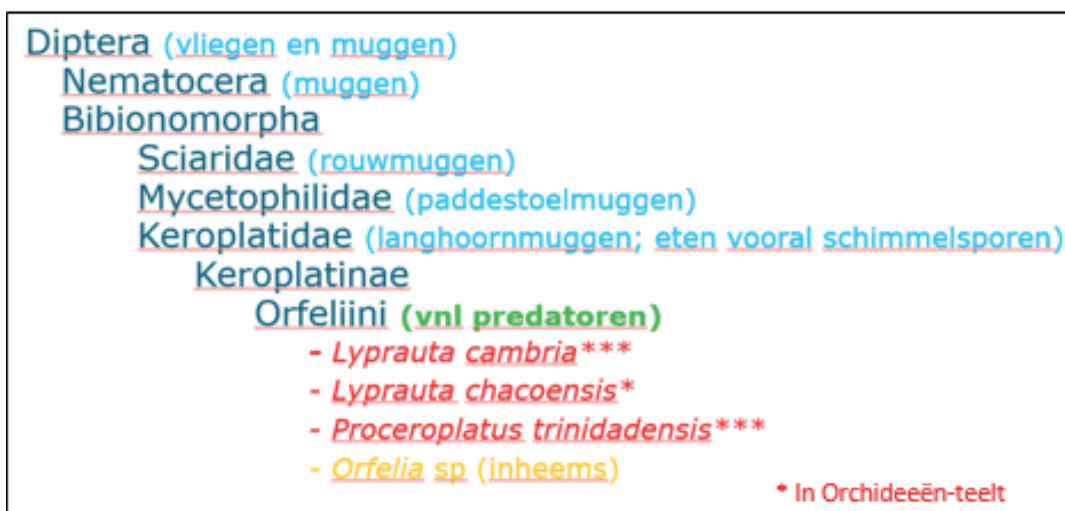
1 Introductie

In de teelt van Phalaenopsis orchideeën wordt grote schade ondervonden door zogenaamde 'potwormen', feitelijk muggenlarven van de familie Keroplastidae (langhoornmuggen), die zich in het substraat bevinden. De schade manifesteert zich met name aan de wortelpunten. Dit zorgt voor groeivertraging, waardoor grote economische schade optreedt. Zelfs bij de lage aantallen larven van langhoornmuggen - meestal zit er maar 1 larve in een pot - wordt de schadedrempel al overschreden. Dit komt omdat Phalaenopsis relatief weinig wortels heeft. In andere gewassen, zoals Anthurium, Cambria en Gerbera, waar ook wel langhoornmuggen zijn gesignaleerd (Pijnakker *et al.* 2010), wordt geen economische schade veroorzaakt. Dit komt omdat het wortelstelsel in deze gewassen groter is en meer vertakt. Bovendien biedt het barksubstraat in de Phalaenopsis teelt een goed milieu voor de larven, omdat deze de ruimte tussen de bark benutten om hun zure slijmdraden te spannen waarover ze zich voortbewegen, en welke ze gebruiken om prooien in te vangen. In dit rapport wordt vanuit verschillende invalshoeken onderzocht op welke manieren de potwormen kunnen worden bestreden, of er voor kan worden gezorgd dat ze minder schade berokkenen aan de wortelpunten van Phalaenopsis.

2 Biologie, herkenning en kweekmethode van *Lyprauta* spp. en *Proceroplatus* spp.

2.1 Stamboom en afkomst

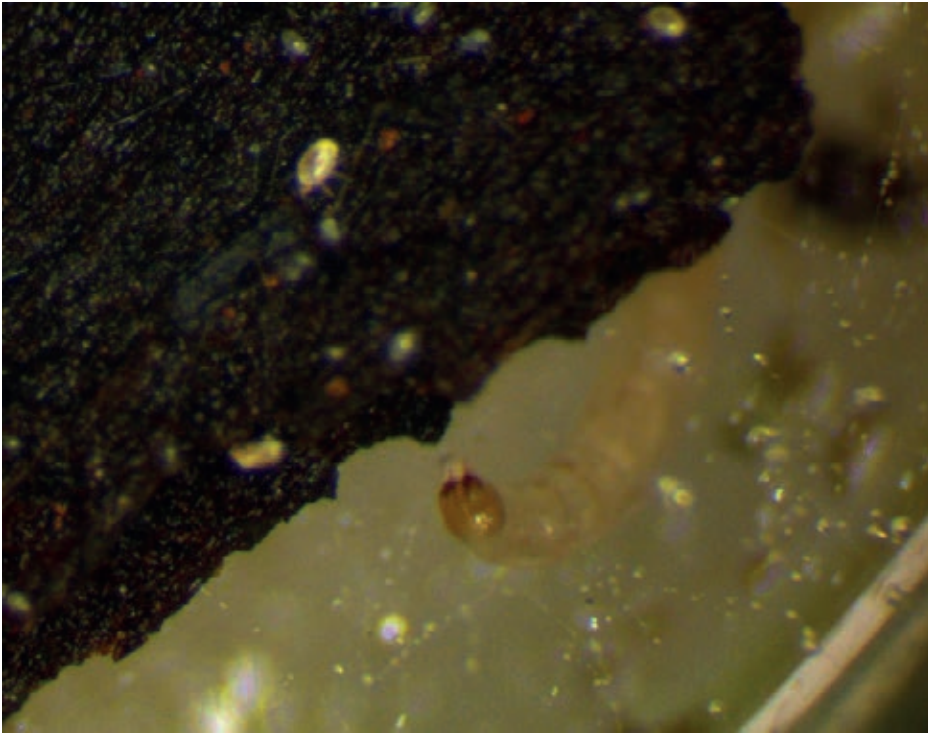
'Potwormen' (Diptera: Keroplatidae) zijn geen wormen maar muggenlarven van de familie Keroplatidae (langhoornmuggen). Ze moeten dan ook niet worden verward met 'echte potwormen' (Enchytraeidae). In Nederland zijn er in kassen waar Phalaenopsis orchideeën worden geteeld tot op heden 3 soorten langhoornmuggen ontdekt: *Lyprauta cambria*, *Lyprauta chacoensis* en *Proceroplatus trinidadensis*. Ze behoren allen tot de stam 'Orfeliini', waartoe ook de inheemse *Orfelia* sp. behoort (zie Figuur 2.1). Het merendeel van de beschreven soorten van deze Orfeliini stam zijn predatoren, en spinnen een web van zure slijmdraden, waarin ze prooien kunnen vangen en waarover ze zich heel snel kunnen voortbewegen waardoor ze snel kunnen aanvallen. De 3 soorten langhoornmuggen die in Nederlandse Phalaenopsis bedrijven voorkomen zijn niet inheems in Nederland (Evenhuis 2006, Chandler and Pijnakker 2009, Pijnakker *et al.* 2010). Van het genus *Lyprauta* is maar 1 soort beschreven die in Europa voorkomt, namelijk *Lyprauta oberthueri* (Evenhuis 2006). Wereldwijd zijn er 26 soorten van het genus *Lyprauta* beschreven, waarvan 9 soorten zijn gevonden in de Neotropen (inclusief *L. chacoensis*) (Evenhuis 2006). Van het genus *Proceroplatus* zijn er wereldwijd 37 soorten bekend, waarvan 24 soorten uit de Neotropen komen, inclusief *P. trinidadensis* (Evenhuis 2006). De exacte origine van *L. cambria* is niet bekend, omdat deze soort als eerste ontdekt is bij een Nederlandse orchideeënkwekerij. Echter wordt van deze soort ook aangenomen dat hij afkomstig is uit de Neotropen (Chandler and Pijnakker 2009). Hoe de langhoornmuggen in Nederlandse orchideeënkassen terecht zijn gekomen is onbekend. Het is mogelijk dat ze zijn meegelift met plantmateriaal dat uit de Neotropen is geïmporteerd. Echter zouden ze ook met andere siergewassen kunnen zijn geïntroduceerd. Naast potorchideeën, zijn 'potwormen' namelijk ook gevonden in Anthurium, Gerbera en andere potplanten (Pijnakker *et al.* 2010). De kans dat de langhoornmuggen met het substraat zijn geïntroduceerd lijkt minder waarschijnlijk. Het barksubstraat voor de Phalaenopsis-teelt wordt geïmporteerd uit Portugal en Spanje, en een klein aandeel komt uit Zweden. Het barksubstraat ondergaat gewoonlijk een stoombehandeling. Omdat de Keroplatidae soorten uit de kassen verder nooit in Europa in de natuur zijn gesignaleerd, is het niet erg waarschijnlijk dat barksubstraat een bron is voor besmetting van langhoornmuggen. Kokossubstraat wordt geïmporteerd uit Sri Lanka en wordt gedroogd en in blokjes geperst voordat het op transport gaat, wat het ook een erg onwaarschijnlijk bron voor langhoornmuggen maakt. Sphagnum wordt geïmporteerd uit Chili, en wordt gedroogd en geperst voordat het op transport gaat, en wordt bij aankomst nog eens bestraald om exotische plantenzaden te doden.



Figuur 2.1 Stamboom van 'potwormen'. Potwormen zijn geen echte 'wormen' maar larven van langhoornmuggen (Keroplatidae). In de teelt van orchideeën komen 3 soorten 'potwormen' voor, nl *Lyprauta cambria*, *Lyprauta chacoensis* en *Proceroplatus trinidadensis*, waarvan *L. cambria* en *P. trinidadensis* in de grootste aantallen zijn waargenomen.

2.2 Dieet

Een belangrijke doorbraak in het onderzoek was de ontdekking dat de hoofdvoedselbron van *L. cambria* larven andere beestjes zijn die in de bark voorkomen (zoals mijten, rouwmug larven en springstaarten). De larven maken een web van zure draden waarlangs ze zich heel snel kunnen bewegen, waardoor ze gemakkelijk prooien kunnen aanvallen. Ook komen er prooien vast te zitten in het web (zie Figuur 2.2).



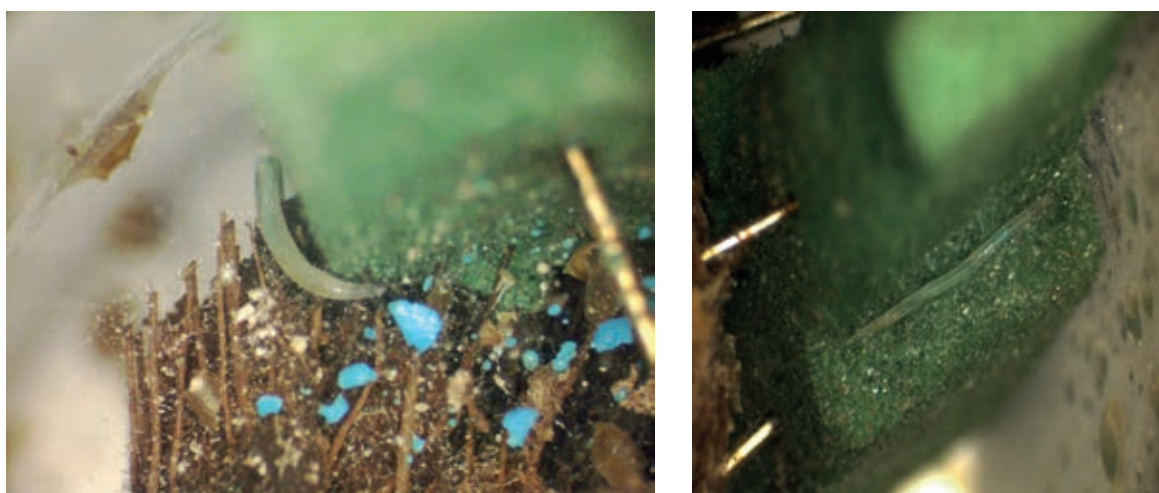
Figuur 2.2 *Lyprauta cambria* larve in eigen web welke een mijt opeet.

Lyprauta cambria larven kunnen zich ontwikkelen zonder dat ze de beschikking hebben over plantaardig materiaal. Wel kunnen ze hun dieet van prooien aanvullen met koolhydraten. Een eerste aanwijzing hiervoor was de waarneming dat *L. cambria* larven van slakkenkorrels eten, wat zichtbaar was door de stukjes blauwe of rode slakkenkorrels in het darmkanaal van de *L. cambria* larven zaten (zie Figuur 2.3).

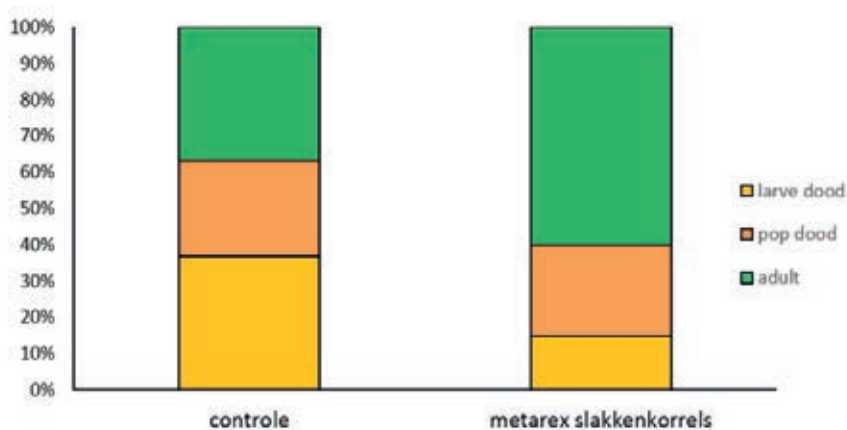


Figuur 2.3 Larven van langhoornmuggen ('potwormen') die van slakkenkorrels hadden gegeten. Foto's: M. van Twist, Anthura.

Slakkenkorrels bestaan voornamelijk uit zetmeel. In het lab is met puur zetmeel, waaraan een voedingskleurstof was toegevoegd, bevestigd dat *L. cambria* larven zetmeel eten. Tevens is onderzocht welk effect slakkenkorrels met 4% metaldehyde (Metarex van BASF) hebben op de overleving van *L. cambria* larven. Hiervoor is de ontwikkeling van 1 week oude *L. cambria* larven tot volwassen muggen gevolgd in 20 kweekbakjes waaraan Metarex slakkenkorrels waren toegevoegd, en 19 kweekbakjes waaraan geen slakkenkorrels waren toegevoegd (controle). In alle kweekbakjes werden de larven bijgevoerd met *Tyrophagus* prooimijten. Vijf dagen na de start van de proef zijn er nogmaals slakkenkorrels toegevoegd. Op basis van blauwkleuring van het darmkanaal is waargenomen dat alle larven binnen 7 dagen van de slakkenkorrels hadden gegeten (Zie Figuur 2.3) . Het aantal larven dat zich tot adult had ontwikkeld was significant hoger in de behandeling met de slakkenkorrels tov de controlebehandeling (60% tov 37%; binomiale test, $P = 0.0384$). Het aantal larven dat het popstadium had bereikt in de behandeling met slakkenkorrels lag op 85%, tegen 63% in de controlebehandeling (binomiale test, $P = 0.061$) (zie Figuur 2.4).



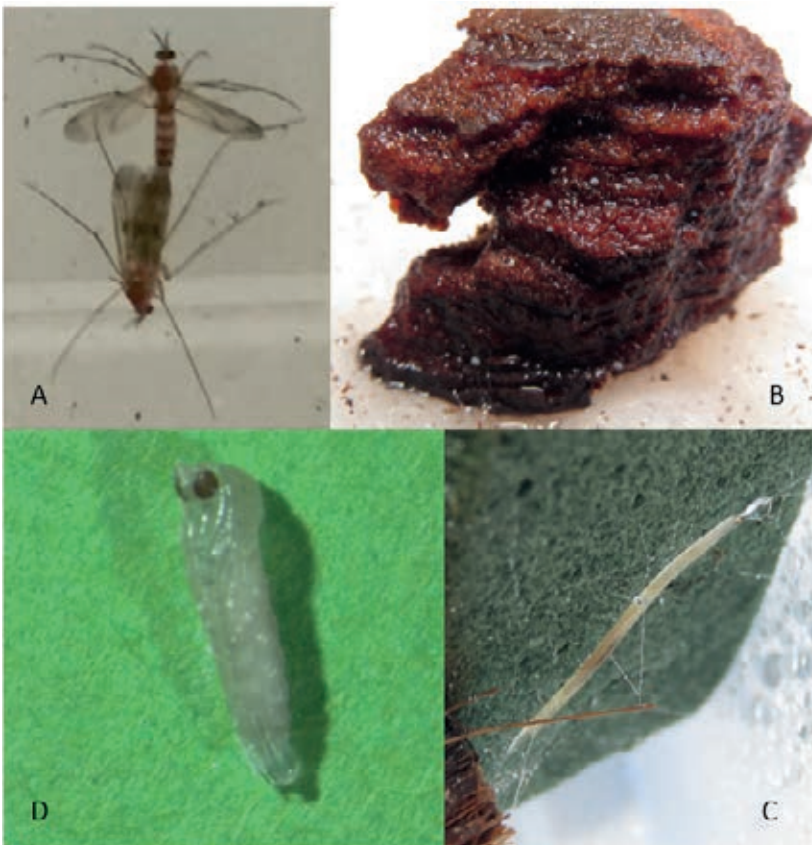
Figuur 2.3 In kweekbakjes van *L. cambria* larven zijn Metarex slakkenkorrels op stukjes bark geplaatst. Op basis van blauwkleuring van het darmkanaal van de *Lyprauta* larven kon worden vastgesteld dat de larven van de slakkenkorrels hadden gegeten.



Figuur 2.4 Aantal *L. cambria* larven dat zich heeft ontwikkeld tot pop of adult in kweekbakjes met of zonder slakkenkorrels met 4% metaldehyde. In alle bakjes werden de larven bijgevoerd met *Tyrophagus* prooimijten. $n = 19$ voor de controlebehandeling, en $n = 20$ voor de behandeling met slakkenkorrels.

2.3 Ontwikkeling

De ontwikkelingstijd van de verschillende ontwikkelingsstadia van *L.a cambria* bij 28 °C (teelttemperatuur Phalaenopsis) is in kaart gebracht. De ontwikkelingsduur van het eistadium is vrij constant, en duurt 5-6 dagen. De ontwikkelingsduur van het larvale stadium is meer variabel. In de kweekbakjes werd een larvale ontwikkelingstijd tussen de 22 en 28 dagen waargenomen, met een gemiddelde van 23.2 dagen. De ontwikkelingsduur van het popstadium is weer vrij constant, en duurt ongeveer 3 dagen. De ontwikkeling van ei tot adult duurt dus tenminste 30 dagen, maar meestal iets langer. Het vermoeden bestaat dat het larvale ontwikkelingsstadium afhankelijk is van onder andere het voedselaanbod, en zou derhalve in een praktijksituatie nog iets langer kunnen duren dan onder laboratoriumomstandigheden is bepaald.



Figuur 2.5 De verschillende ontwikkelingsstadia van *L. cambria*. Parent koppeltje (A), stukje bark met ronde zwarte eitjes (B), larve in web (C) en pop (D).

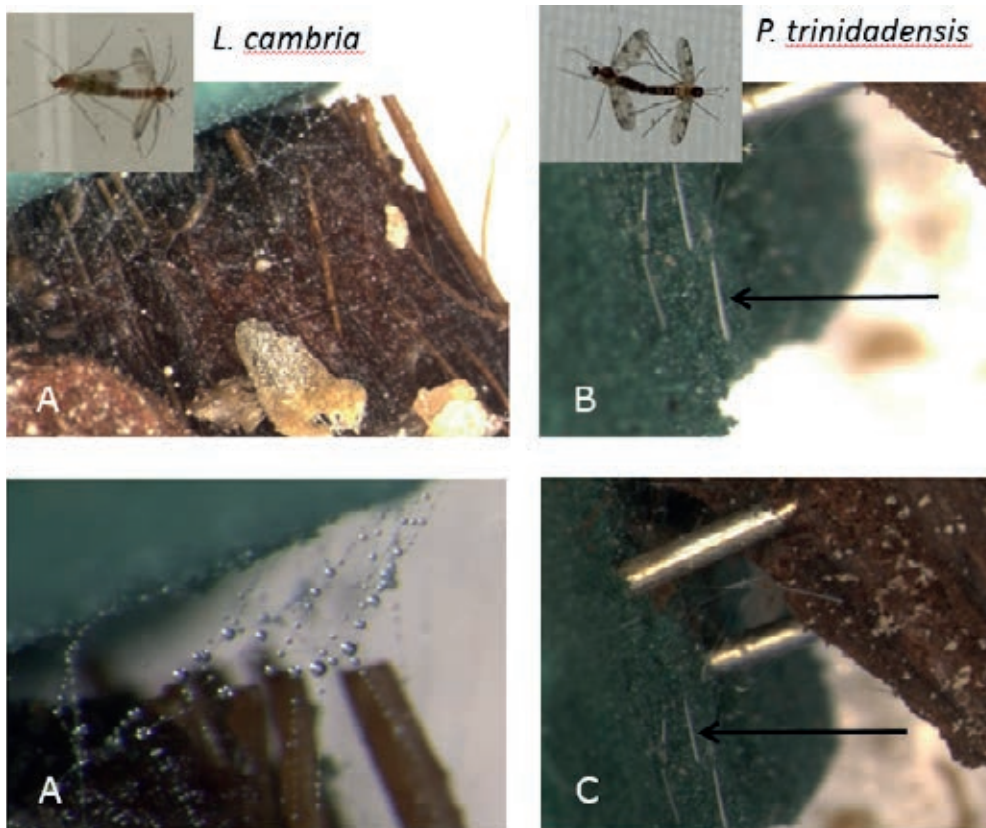
2.4 Herkenning

De 3 verschillende soorten langhoornmuggen die in de Phalaenopsis teelt kunnen voorkomen zijn het makkelijkst van elkaar te onderscheiden door het vleugelpatroon van de volwassen muggen te vergelijken. Het vleugelpatroon van *L. cambria* wordt gekenmerkt door een grote vlek aan de achterzijde van de vleugels (zie Figuur 2.6 A). Het vleugelpatroon van *P. trinidadensis* wordt gekenmerkt door meerdere donkere vlekken op de vleugels (zie Figuur 2.6 B), en het vleugelpatroon van *L. chacoensis* heeft slechts 1 klein vlekje in het midden van de vleugel (zie Figuur 2.6 C).



Figuur 2.5 Vleugelpatronen van de 3 soorten langhoornmuggen die in de Nederlandse Phalaenopsisteelt voorkomen. *Lyprauta cambria* (A), *Proceroplatus trinidadensis* (B) en *Lyprauta chacoensis* (C).

De larven van *Lyprauta cambria* en *Proceroplatus trinidadensis* zijn lastig van elkaar te onderscheiden. Wel kan op basis van het web dat ze spinnen een onderscheid worden gemaakt tussen larven van deze beide soorten. Het web van *L. cambria* is meer diffuus en bestaat uit een groot aantal vertakkingen (zie Figuur 2.6 A), terwijl het web van *P. trinidadensis* minder diffuus is en wordt gekenmerkt door typische verdikkingen in de draden (zie Figuur 2.6 B).

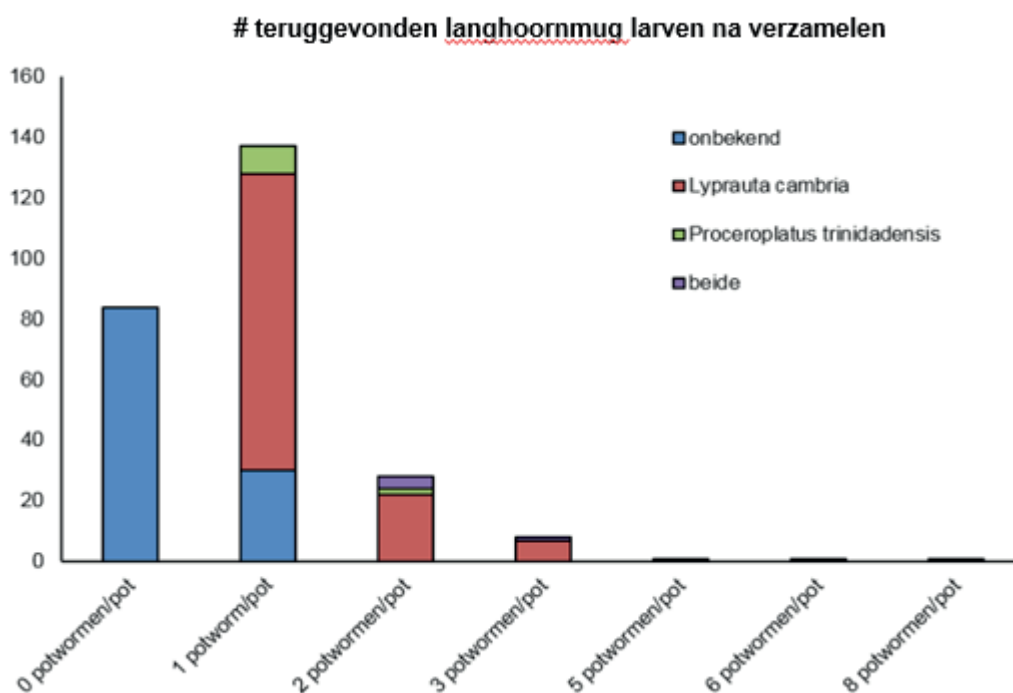


Figuur 2.6 Structuur van web van *L. cambria* (A) en *P. trinidadensis* (B, C), op basis waarvan onderscheid kan worden gemaakt tussen de 2 soorten.

2.5 Plaagdruk en schade

Uit de gegevens die zijn gegenereerd bij het verzamelen van langhoornmug larven op bedrijven met voornamelijk *L. cambria*, welke nodig waren voor het opzetten van een kweek, bleek dat de plaagdruk van langhoornmug larven per pot relatief laag is (zie Figuur 2.7). Potten waarin op de kwekerij tenminste één langhoornmug larve was waargenomen werden meegenomen naar het lab. In verreweg de meeste gevallen werd 1 larve per pot teruggevonden. In ongeveer 20% van de gevallen werden er 2 langhoornmug larven per pot gevonden, en een enkele keer 3 of meer larven per pot. In ongeveer de helft van de potten werd geen enkele larve meer teruggevonden. De reden hiervoor is onduidelijk, maar het zou kunnen dat er larven tijdens het transport doodgaan. In een aantal gevallen werd een *L. cambria* en een *P. trinidadensis* larve samen in een pot gevonden.

De larven, hoewel primair predatorisch, kunnen vraatschade veroorzaken aan de wortelpunten van Phalaenopsis (zie Figuur 2.8). Het lijkt er op dat zelfs bij één enkele *L. cambria* larve per pot de schadedrempel wordt overschreden.



Figuur 2.7 Aantal *L. cambria* en *P. trinidadensis* larven per pot dat na verzameling van potten met langhoornmug larven in de praktijk, bij terugkomst in het lab kon worden teruggevonden.

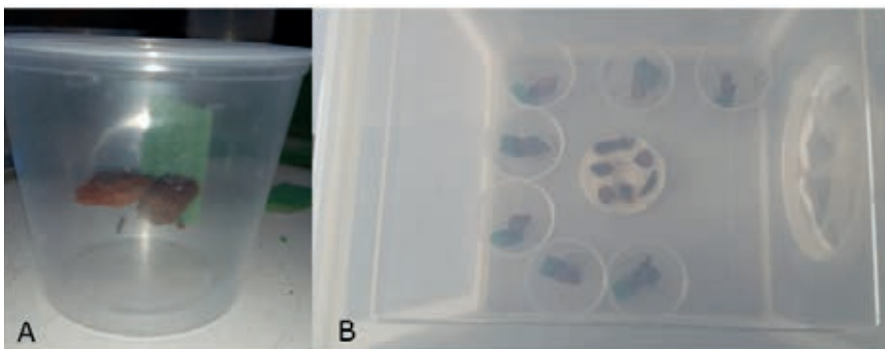


Figuur 2.8 Wortelpunt van Phalaenopsis met schade toegebracht door een *L. cambria* larve. Er lopen *L. cambria* slijmdraden van het stukje bark naar de wortelpunt.

2.6 Kweekmethode

Er is een kweekmethode voor *L. cambria* ontwikkeld in kleine kweekbakjes. In de kweekbakjes zitten enkele stukjes barksubstraat en kokos vastgeprikt op groene oase, waartussen de larven draden kunnen spannen (zie Figuur 2.9 A). De Lyprauta larven worden bijgevoerd met prooimijten (Astigmata). Naast het juiste voedselaanbod is met name de vochtigheid in de kweekbakjes cruciaal voor de overleving van Lyprauta; de larven hebben een relatief vochtige omgeving nodig, terwijl de poppen een drogere omgeving nodig hebben. Daarom worden de kweekbakjes op het moment dat de larven gaan verpoppen geopend en in een kooi in een iets drogere omgeving geplaatst (zie Figuur 2.9 B). Net uitgekomen adulten kunnen hier paren en op nieuwe stukjes bark hun eitjes afzetten. De kweekmethode is zeer arbeidsintensief, en de percentages Lyprauta eitjes die tot volwassen muggen ontwikkelen variëren sterk. Af en toe komen batches met eitjes niet uit, de oorzaak hiervan is onbekend.

Er is een begin gemaakt met de ontwikkeling van een alternatieve kweekmethode, waarbij tussendoor niet meer hoeft te worden bijgevoerd. In deze kweekmethode worden kokers met uitloopgaatjes welke voor een deel met prooimijten worden gevuld tussen de bark geplaatst (zie Figuur 2.10). Er kan voor worden gekozen om hier ook Phalaenopsis planten in te zetten, maar dit is niet strikt noodzakelijk. Door de bark te omgeven met oase kan het vochtgehalte makkelijk op peil worden gehouden. In elk compartiment met bark kunnen meerdere larven tot ontwikkeling komen. In een eerste herhaling van deze opzet zijn gemiddeld 25% van de 15 eitjes die waren geïntroduceerd als grote larven teruggevonden, en kwamen er maximaal 7 grote larven per compartiment tot ontwikkeling. In een tweede herhaling van dezelfde opzet, waarbij 20 eitjes per compartiment waren geïntroduceerd hadden gemiddeld 34% van de eitjes zich tot grote larven ontwikkeld, en konden er tot maximaal 11 grote larven per compartiment worden teruggevonden. Een vervolgstap in de ontwikkeling van deze kweekmethode is het wegvangen/weglokken van de volwassen muggen zodat ze in nieuwe compartimenten eitjes kunnen leggen. Dit om te voorkomen dat generaties door elkaar heen gaan lopen, en jonge larven mogelijk ten prooi vallen aan kannibalisme.



Figuur 2.9 Kweekbakje voor de kweek van de larven (van ei tot pop) (A), en kweekkooi voor de kweek van pop-adult-ei (B).



Figuur 2.10 Alternatieve kweekmethode, waarbij kokers met uitloopgaatjes, welke voor een deel zijn gevuld met prooimijten, tussen de bark zijn geplaatst, en waarbij de compartimenten met bark worden omgeven door oase om het vochtgehalte op peil te houden. Methode is nog in ontwikkeling.

3 Inventarisatie bodemleven Phalaenopsis

Het doel van deze inventarisatie was om uit te zoeken welke organismen in het substraat van de Phalaenopsis voorkomen, en hierdoor een idee te krijgen wat de potentiële prooien en natuurlijke vijanden van de larven van langhoornmuggen ('potwormen') zijn. Tevens wilden we een goed beeld krijgen welke soorten langhoornmuggen op de verschillende bedrijven voorkwamen, en in welke verhoudingen. Hiervoor zijn er bij 10 Phalaenopsis bedrijven 12 potten met "potworm" en 12 potten zonder "potworm" verzameld en is de vangst over een periode van 24 uur uit vanglampen geïdentificeerd. Eén van de praktijkbedrijven had geen vanglampen, zodat deze gegevens voor 9 bedrijven zijn verzameld.

Verder is de bark van 5 bedrijven gecontroleerd op het voorkomen van kleine wormpjes, welke regelmatig in de kweek van *Lyprauta cambria* werden waargenomen. Er is getest hoe goed deze wormpjes kunnen ontwikkelen in afhankelijkheid van de vochtigheid van de bark (droog, vochtig & nat), en voedsel (geen voedsel, zemelen & zemelen + prooimijten). Van elk van deze 9 behandelingscombinaties zijn 6 herhalingen uitgevoerd. Bij de start van de proef zijn 15 kleine wormpjes (< 1 mm) of 10 grotere wormpjes (> 4 mm) op een stukje bark geplaatst en is het aantal wormpjes over een periode van 3 weken gevolgd.

Vanglampen Wat betreft de soorten langhoornmuggen (Diptera; Keroplatidae): op verreweg de meeste Phalaenopsis bedrijven kwam zowel *Lyprauta cambria* als *Proceroplatus trinidadensis* voor. Op slechts één bedrijf kwam alleen *Lyprauta cambria* voor en op één bedrijf kwam ook *Lyprauta chacoensis* voor. Op dit laatste bedrijf werden echter veel verschillende soorten orchideeen gekweekt (zie Tabel 1).

In de vanglampen zaten er naast de langhoornmuggen ook veel andere muggen- en vliegensoorten (zie Figuur 3.10). Dit waren voornamelijk rouwmuggen (Diptera; Sciaridae) (zie Figuur 3.1). Naast de in de Nederlandse tuinbouw meest voorkomende rouwmug soort *Bradysia difformis*, zijn ook exemplaren van andere soorten gevangen, nl. *Bradysia ocellaris*, *Corynoptera inundata*, *Comosciara pernicioso* en *Scatosciara atomaria*.

Opvallend was dat er ook veel knutten voorkwamen (Diptera; Ceratopogonidae) (zie Figuur 3.2). Dit zijn kleine vliegjes waarvan de meeste soorten ook bloed zuigen bij dieren en mensen. De larven van deze knutten eten van organisch materiaal, vnl mos en algen. Omdat er in Taiwan een soort in de teelt van potorchideeen voorkomt welke hevige allergische reacties bij mensen kan veroorzaken (*Forcipomyia taiwana*), hebben we besloten om een soortidentificatie te laten doen. Het bleek hier om een andere soort te gaan, nl. *Forcipomyia pulcherrima*. Van deze soort is niet beschreven dat deze allergische reacties bij mensen veroorzaakt. Eerder hadden we vastgesteld dat rouwmuglarven een voedselbron vormen voor "potwormen", of dit ook het geval is voor de knuttenlarven is nog niet onderzocht.

Verder zaten er in de vanglampen nog verschillende andere soorten muggen in relatief lage dichtheden, waaronder de galmugsoorten *Lesptodiplosis* sp., *Micro* sp., en *Planetella* sp. (Diptera; Cecidomyiidae), de motmug soorten *Psychoda* sp. en *Tineraria* sp. (Diptera; Psychodidae), de dansmugsoort *Orthocladus* sp. (Diptera; Chironimae), en de wintermugsoort *Trichodera annulata* (Diptera; Trichoceridae) (zie Figuur 3.3). Tevens zaten er in de vanglampen andere soorten vliegen in relatief lage dichtheden, waaronder de roofvliegsoorten *Coenosia attenuata* en *Coenosia dubiosa* (Diptera; Muscidae), de fruitvliegsoort *Drosophila hydei* (Diptera; Drosophilidae), de mestvliegsoort *Pullimosina heteroneura* (Diptera; Sphaerocerida) en de bromvliegsoort *Pollenia rudis* (Calliphoridae) (zie Figuur 3.4). In hoofdstuk 4.4 staat verder oriënterend onderzoek naar de roofvlieg *C. attenuata* beschreven.

Bij het bedrijf Anthura zijn sluipwespen gevonden welke de larven van 'potwormen' bleken te parasiteren (zie Figuur 3.5 A). Deze was nog niet bekend voor de wetenschap, en is in samenwerking met een Russische taxonoom beschreven in het wetenschappelijke tijdschrift 'Journal of Natural History' (Humala *et al.* 2017). Deze nieuwe sluipwesp soort heeft de wetenschappelijke naam *Megastylus woelkei* (Hymenoptera; Ichneumonidae) gekregen. Verder onderzoek naar deze sluipwesp staat beschreven in hoofdstuk 4.1. Daarnaast is er nog een klein aantal minuscule sluipwespjes (Hymenoptera) gevonden, welke waarschijnlijk eitjes van andere insecten kunnen parasiteren (zie Figuur 3.5 B).

Verder zijn er een aantal kortschildkevers (Coleoptera; Staphylinidae) in de vanglampen en in de bark gevonden (zie Figuur 3.6), welke naar verwachting een predatorische levensstijl hebben. De kortschildkeversoort *Dalotia (Atheta) coriaria* is ook commercieel beschikbaar, en in de hoofdstukken 4.2 en 6 staat het onderzoek beschreven naar de vragen of deze roofkever de larven van *L. cambria* direct of indirect kan bestrijden. Onder de 'kevers overig' bevonden zich veel kleine (1 mm) kevertjes, welke voorlopig zijn geïdentificeerd als *Ptenidium pussilum* (Coleoptera: Ptiliidae) en welke leven van dood plantmateriaal.

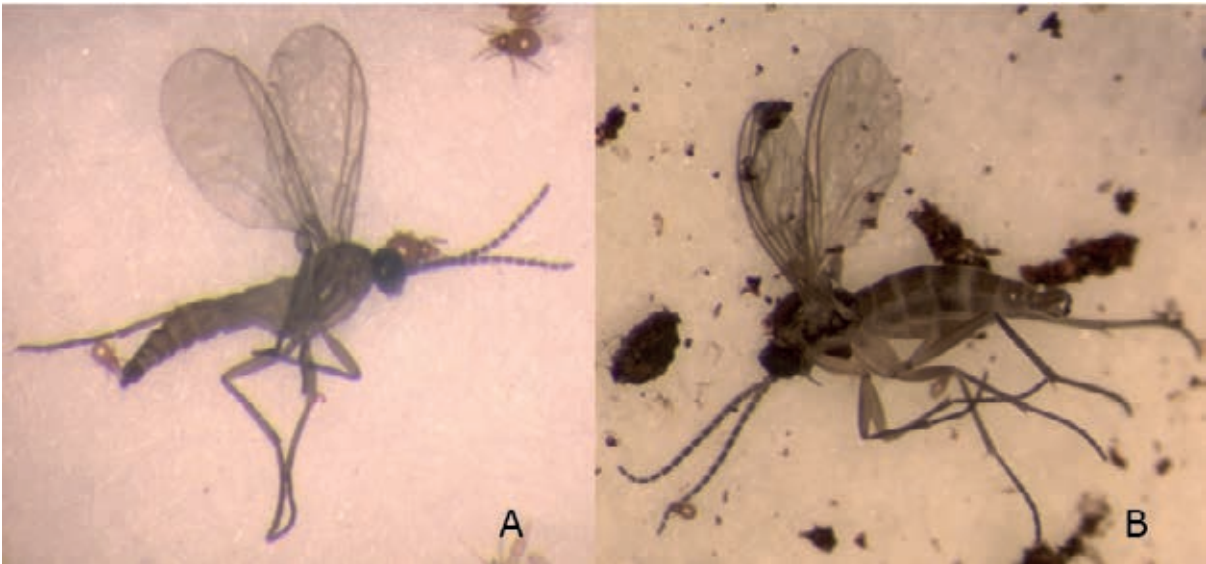
Barksubstraat. In het barksubstraat zijn op vrijwel alle bedrijven veel springstaarten (Collembola) en mosmijten (*Acarida; Oribatida*) gevonden (zie Figuren 3.8 en 3.11). Ook zijn er verschillende soorten roofmijten gevonden, waarvan *Hypoaspis aculeifer* in de hoogste aantallen aanwezig was en zaten er enkele schimmel-etende voermijten (Astigmata) (zie Figuur 3.12). Ook zijn er in het barksubstraat kevers, vliegen en muggen, sluipwespen en een enkele tripspop gevonden (zie Figuur 3.13). Op verschillende bedrijven zijn er tevens oorwormen (Dermaptera) gevonden (zie Figuur 3.7).

De kleine wormpjes (waarschijnlijk Enchytraidae) (zie Figuur 3.9) werden op alle 5 bedrijven waar bark is gecontroleerd teruggevonden (zie Figuur 3.14). Op alle bedrijven kwamen kleine (< 1mm) en middelgrote (1-4 mm) wormpjes voor, en op één van de bedrijven werden ook grotere (> 4 mm) wormpjes gevonden. De kleinere wormpjes werden nooit groot, dus het vermoeden bestaat dat het om verschillende soorten gaat. Na het autoclavieren of behandelen in de magnetron van de bark ontwikkelden de wormpjes zich niet (zie Figuur 3.14). Zowel de kleine als de grotere wormpjes ontwikkelden zich het beste op natte bark onder toevoeging van zemelen (zie Figuur 3.15). Dit duidt erop dat het schimmel-etende wormpjes zijn. Waarschijnlijk komen de wormpjes op reeds dode *L. cambria* poppen af. Wanneer voermijten waren toegevoegd, ging de ontwikkeling minder goed, waarschijnlijk omdat de prooimijten concurreerden met de wormpjes voor de schimmels die zich op de zemelen ontwikkelden. De aanwezigheid van de wormpjes op en om de dode poppen van *L. cambria* zoals regelmatig waargenomen (zie Figuur 3.9) is waarschijnlijk een gevolg en geen oorzaak van de doding van deze poppen.

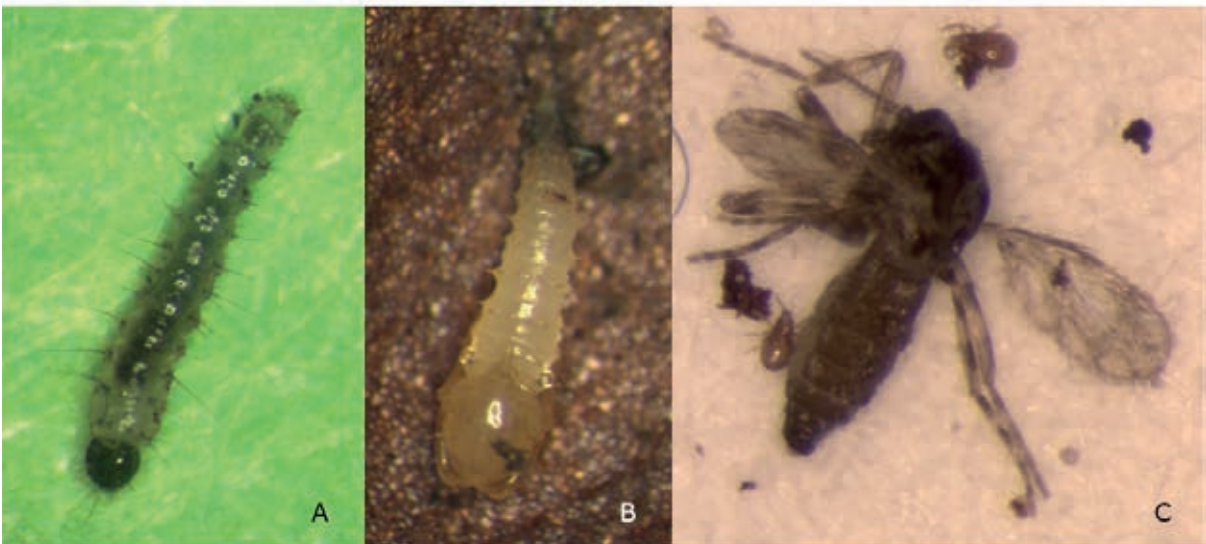
Tabel 1

Voorkomen van verschillende soorten langhoornmuggen ('potwormen') op 10 praktijkbedrijven waar *Phalaenopsis* wordt geteeld. Bij bedrijf 3 werden ook andere soorten orchideeën geteeld.

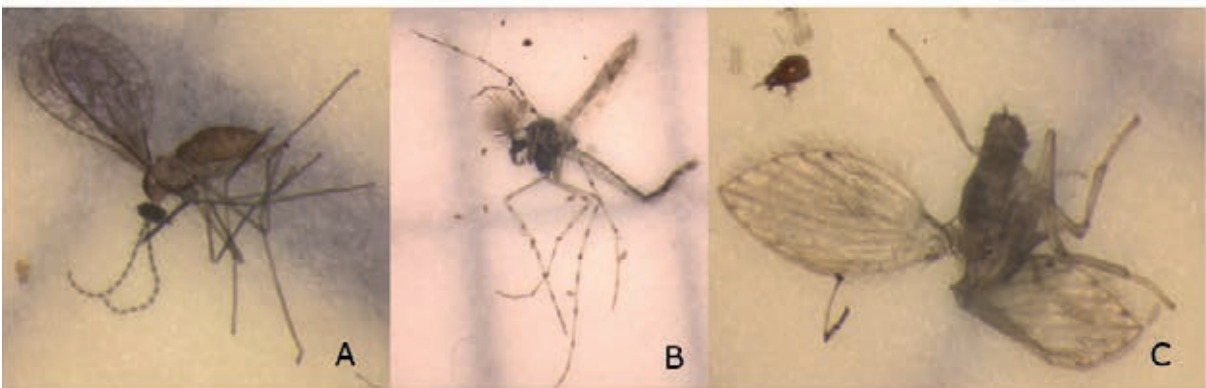
Bedrijf	<i>Lyprauta cambria</i>	<i>Proceroplatus trinidadensis</i>	<i>Lyprauta chacoensis</i>
1	7%	93%	0%
2	60%	40%	0%
3	20%	2%	78%
4	48%	8%	0%
5	13%	87%	0%
6	11%	89%	0%
7	98%	2%	0%
8	100%	0%	0%
9	71%	29%	0%
10	60%	40%	0%



Figuur 3.1 Rouwmuggen (*Sciariidae*) van de soorten *Bradysia difformis* (A) en *B. ocellaris* (B).



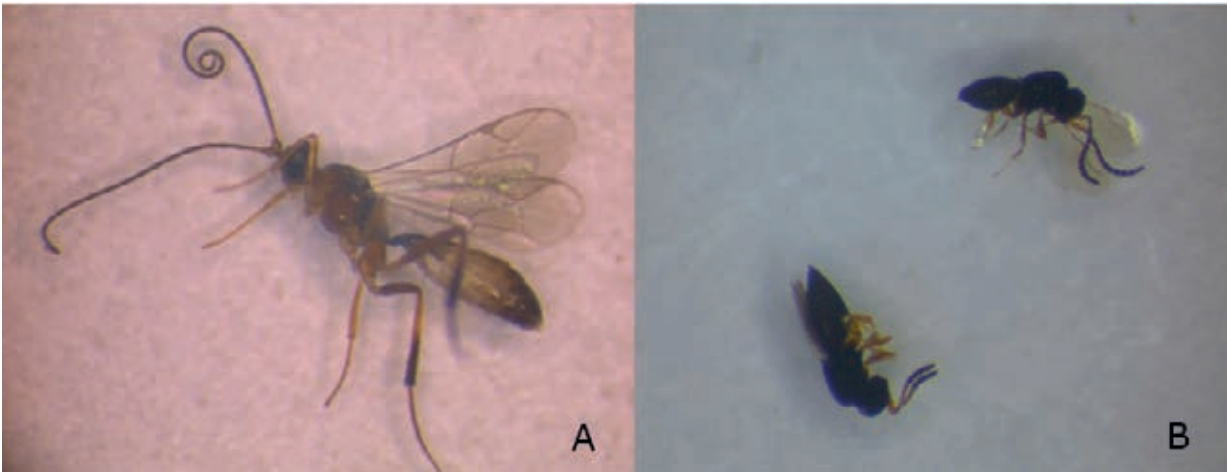
Figuur 3.2 Larve (A), pop (B) en adult (C) van de knuttensoort *Forcipomyia pulcherrima* (*Ceratopogonidae*).



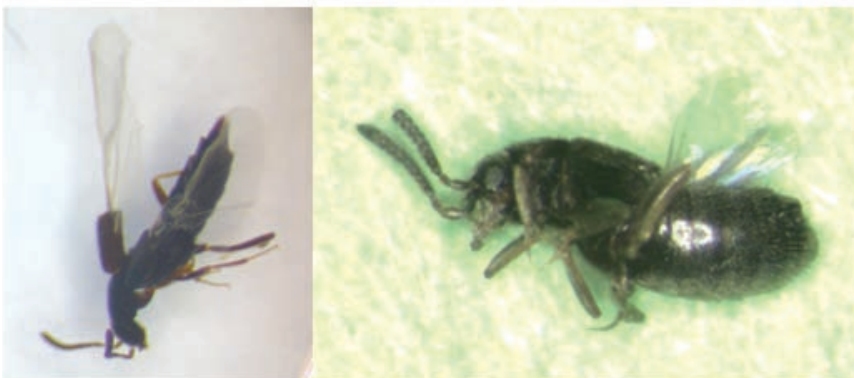
Figuur 3.3 Galmug (*Cecidomyiidae*) (A), dansmug (*Chironomidae*) (B) en motmug (*Psychodidae*) (C).



Figuur 3.4 Fruitvlieg (*Drosophilidae*) (A), Roofvlieg (*Muscidae*) (B), en bromvlieg (*Calliphoridae*) (C).



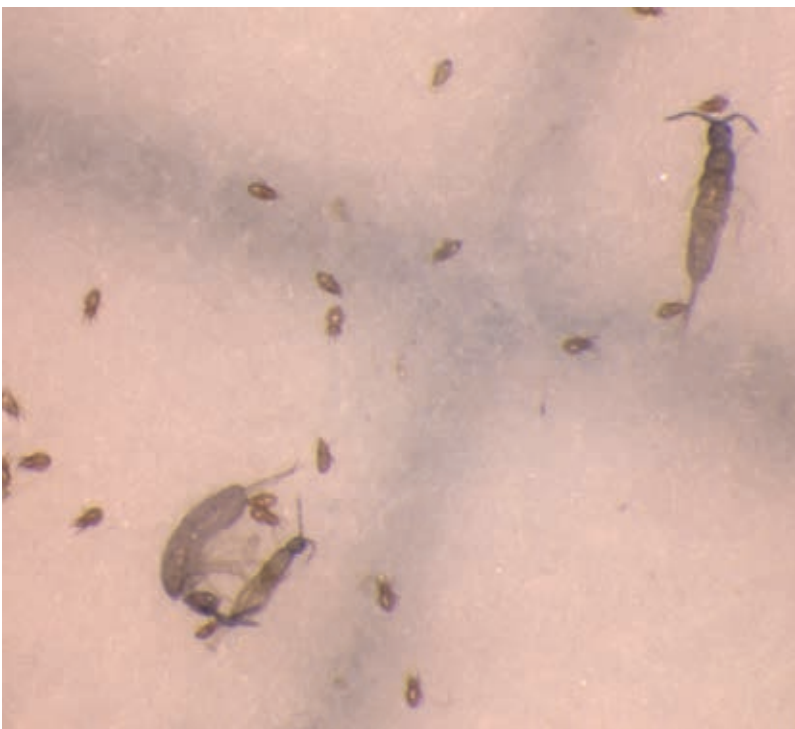
Figuur 3.5 Sluipwespen. *Megastylus woelkei* (A), een voor de wetenschap nieuw beschreven soort, welke larven van langhoornmuggen ('potwormen') parasiteert, en 2 kleinere onbekende sluipwespsoorten (B), welke vermoedelijk insecteneitjes kunnen parasiteren.



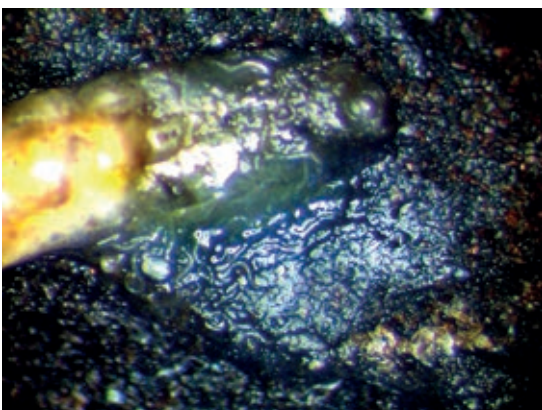
Figuur 3.6 Twee soorten kortschildkevers (*Staphylinidae*).



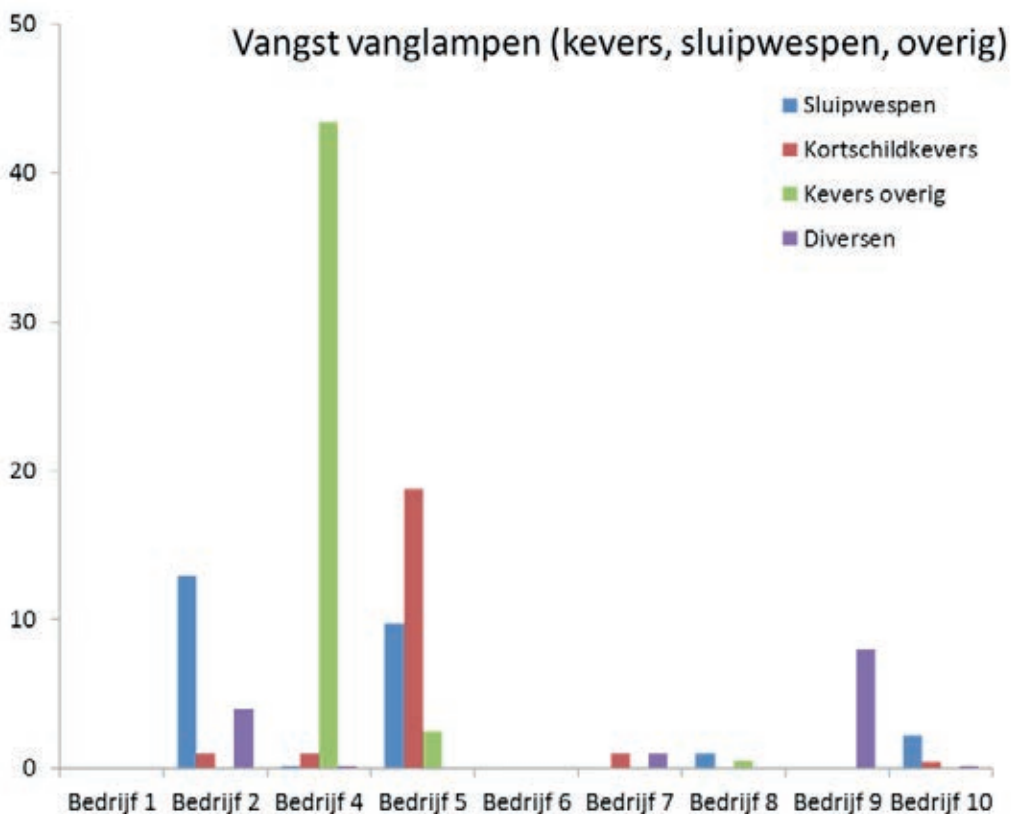
Figuur 3.7 Oorworm (*Dermaptera*).



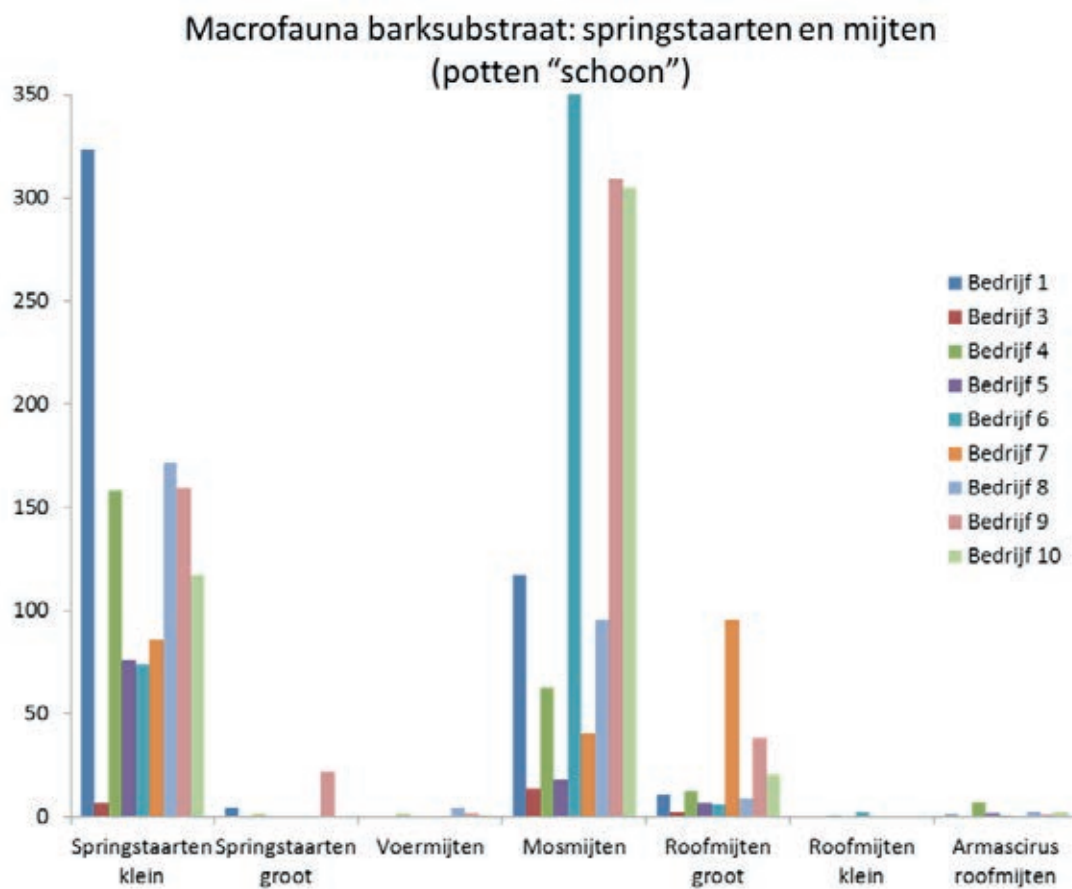
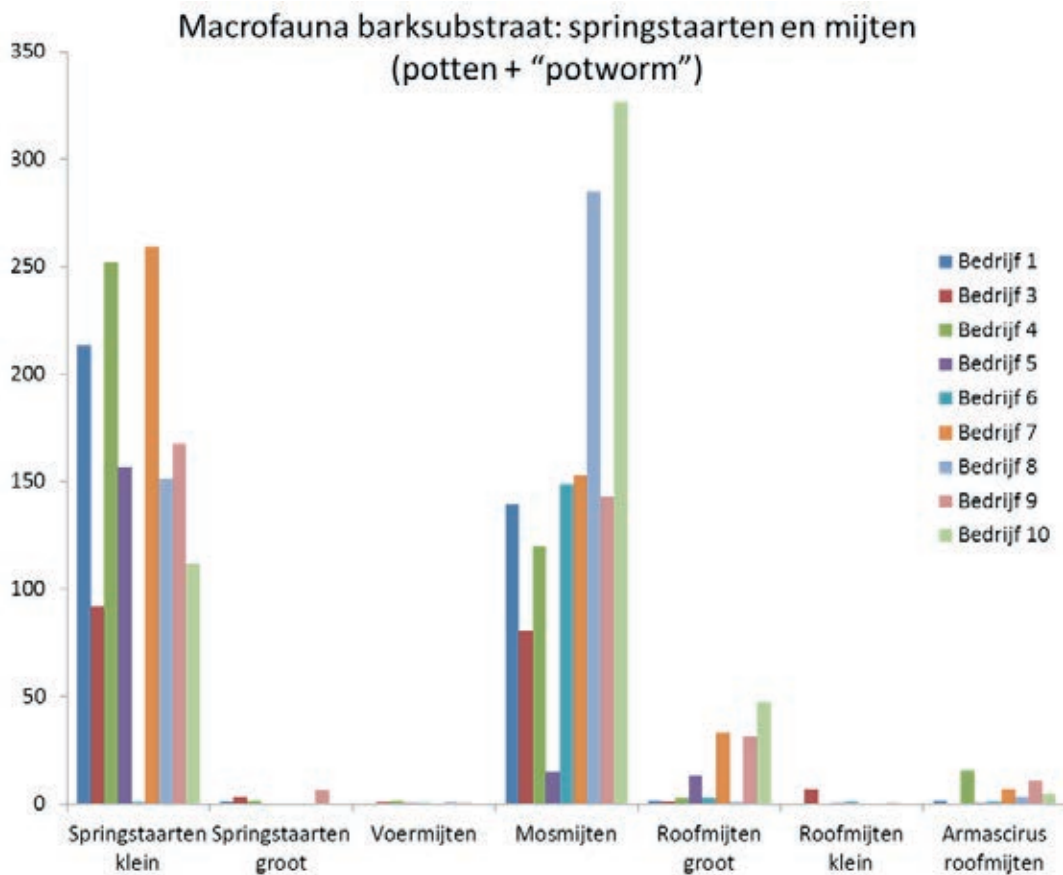
Figuur 3.8 Springstaarten (*Collembola*) en mosmijten (*Oribatida*).



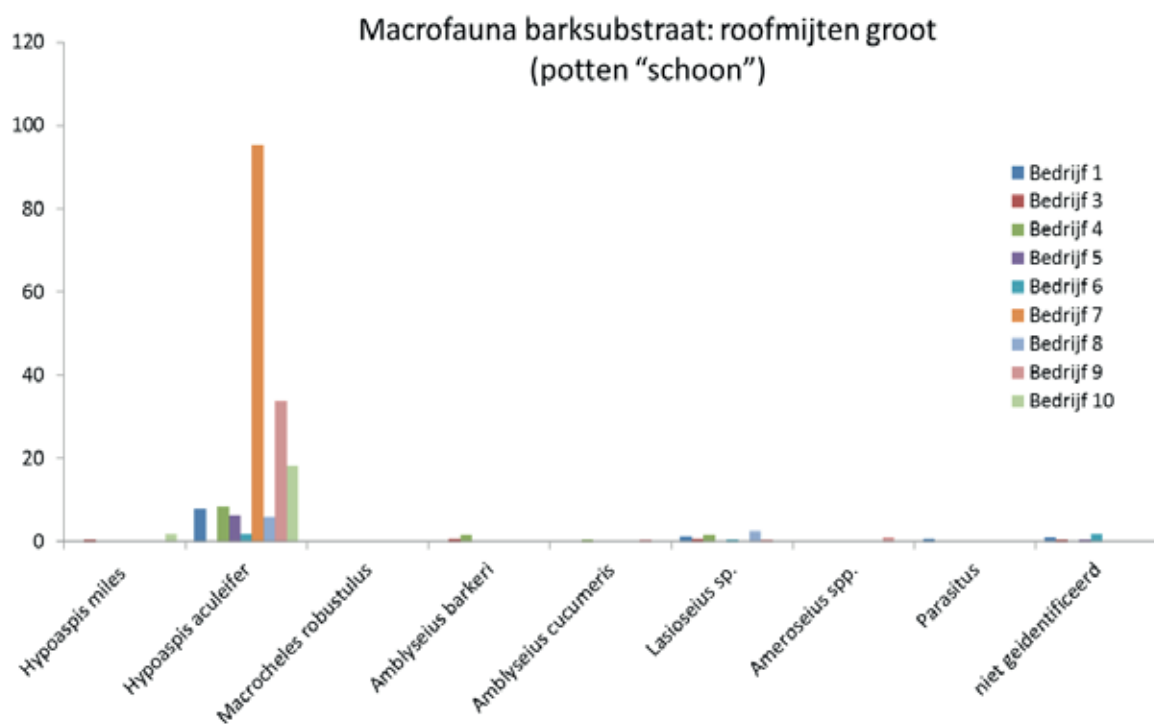
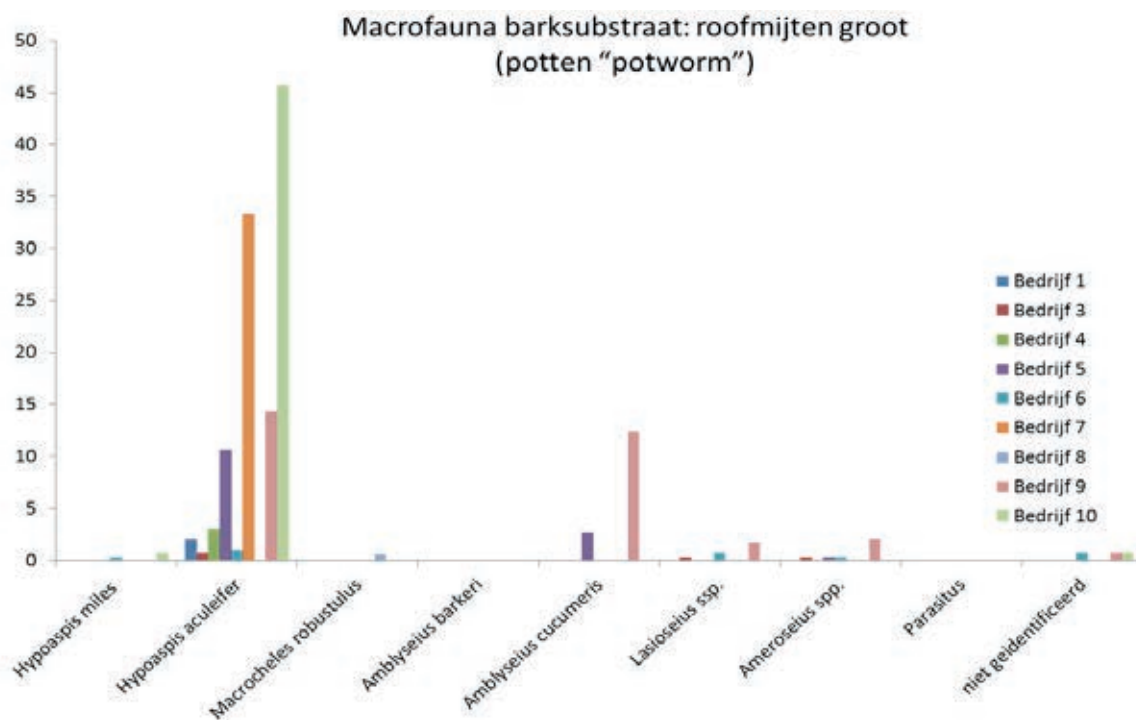
Figuur 3.9 Kleine wormpjes (waarschijnlijk *Enchytraidae*) op de bark en op een dode *L. cambria* pop.



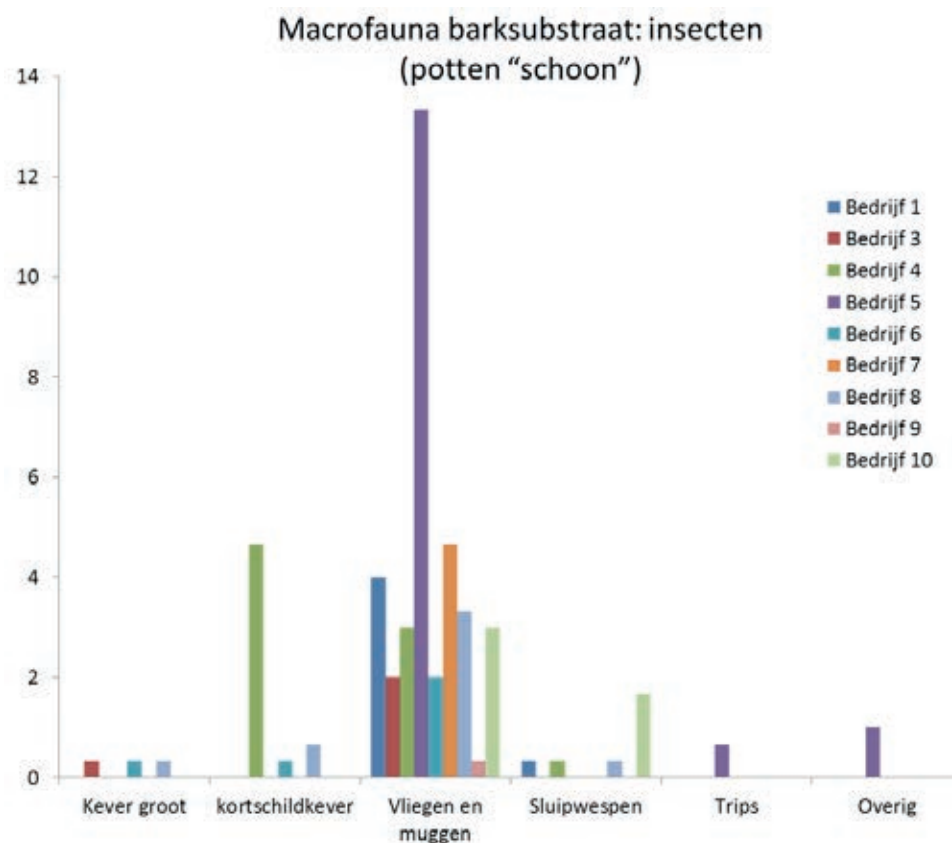
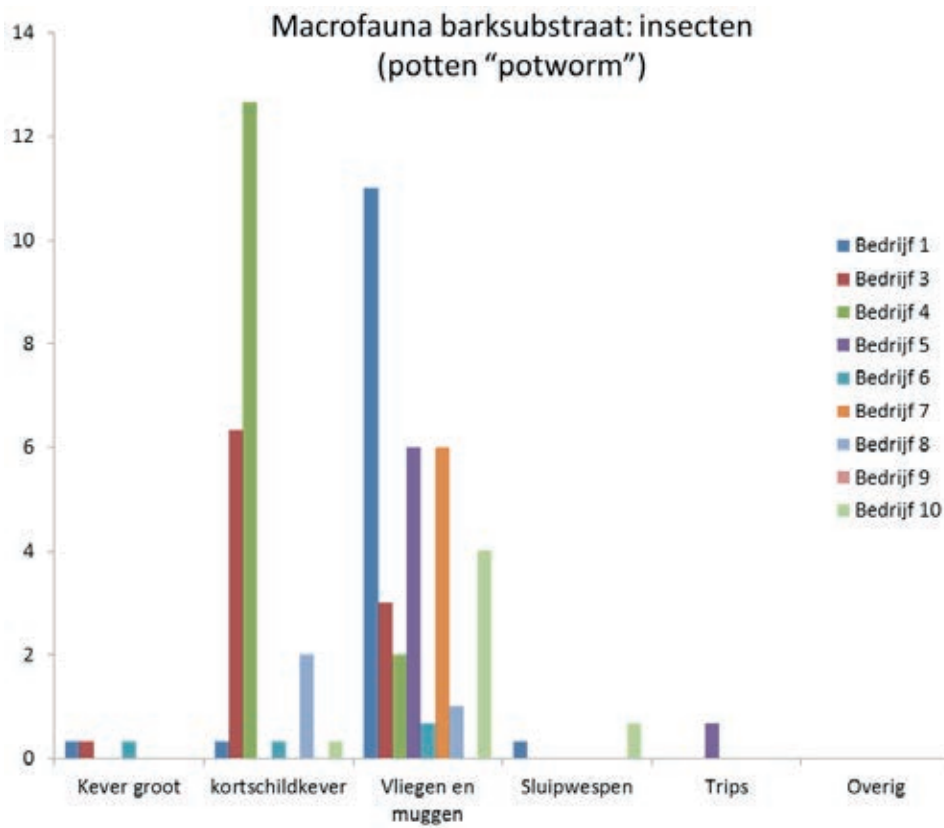
Figuur 3.10 Aantallen langhoornmuggen ('potwormen'), rouwmuggen, knutten, overige vliegen en muggen, sluipwespen, kevers en andere vliegende insecten die in de vanglampen van 9 Phalaenopsis bedrijven zijn gevangen gedurende een periode van 24 uur.



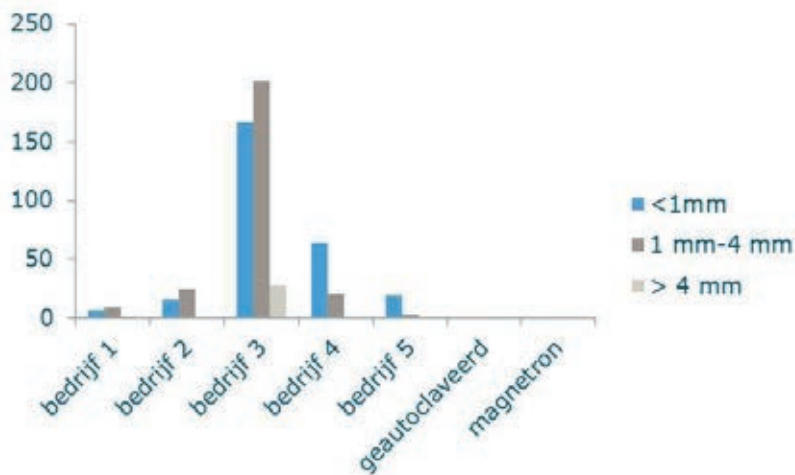
Figuur 3.11 Aantallen springstaarten en mijten die in potten zonder en met larven van langhoornmuggen ('potwormen') zijn gevonden bij 10 verschillende Phalaenopsis bedrijven.



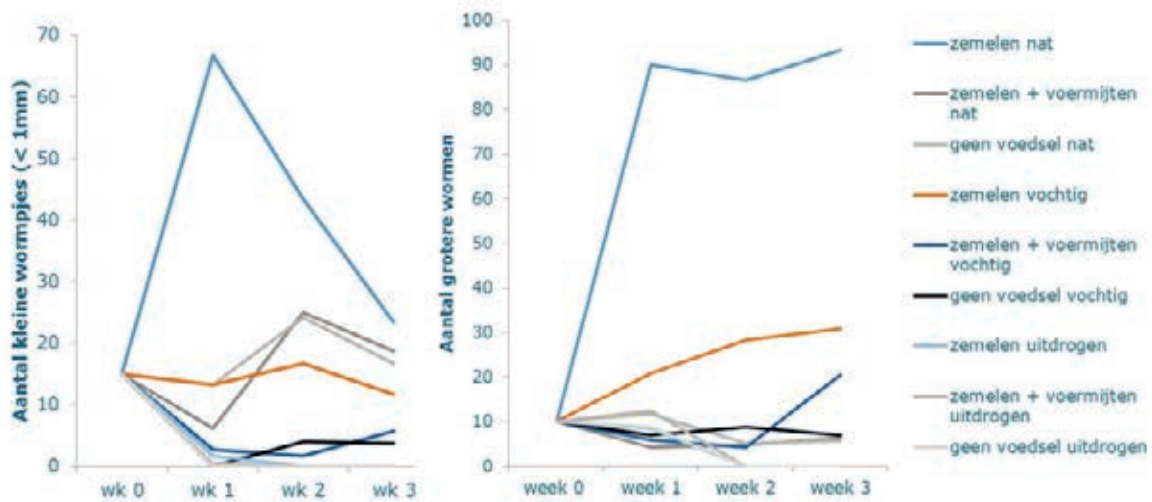
Figuur 3.12 Aantallen grote roofmijten onderverdeeld naar soorten die in het barksubstraat van potten zonder en met larven van langhoornmuggen ('potwormen') zijn gevonden bij 10 verschillende Phalaenopsis bedrijven.



Figuur 3.13 Aantallen insecten die in het barksubstraat van potten zonder en met larven van langhoornmuggen ('potwormen') zijn gevonden bij 10 verschillende Phalaenopsis bedrijven.



Figuur 3.14 Aantallen kleine wormpjes (waarschijnlijk *Enchytraidae*) op een stukje bark verzameld bij 5 verschillende bedrijven die na twee weken vochtig houden van de bark zijn geteld. Er is een indeling gemaakt naar grootte, met kleine (<math><1\text{ mm}</math>) wormpjes, middelgrote ($1-4\text{ mm}$) wormpjes, en relatief grote ($>4\text{ mm}$) wormpjes.



Figuur 3.15 Aantallen kleine wormpjes die zich 1, 2 en 3 weken na de start van de proef hebben ontwikkeld in de 9 verschillende behandlingscombinaties.

4 Onderzoek directe bestrijding

4.1 Sluipwespen

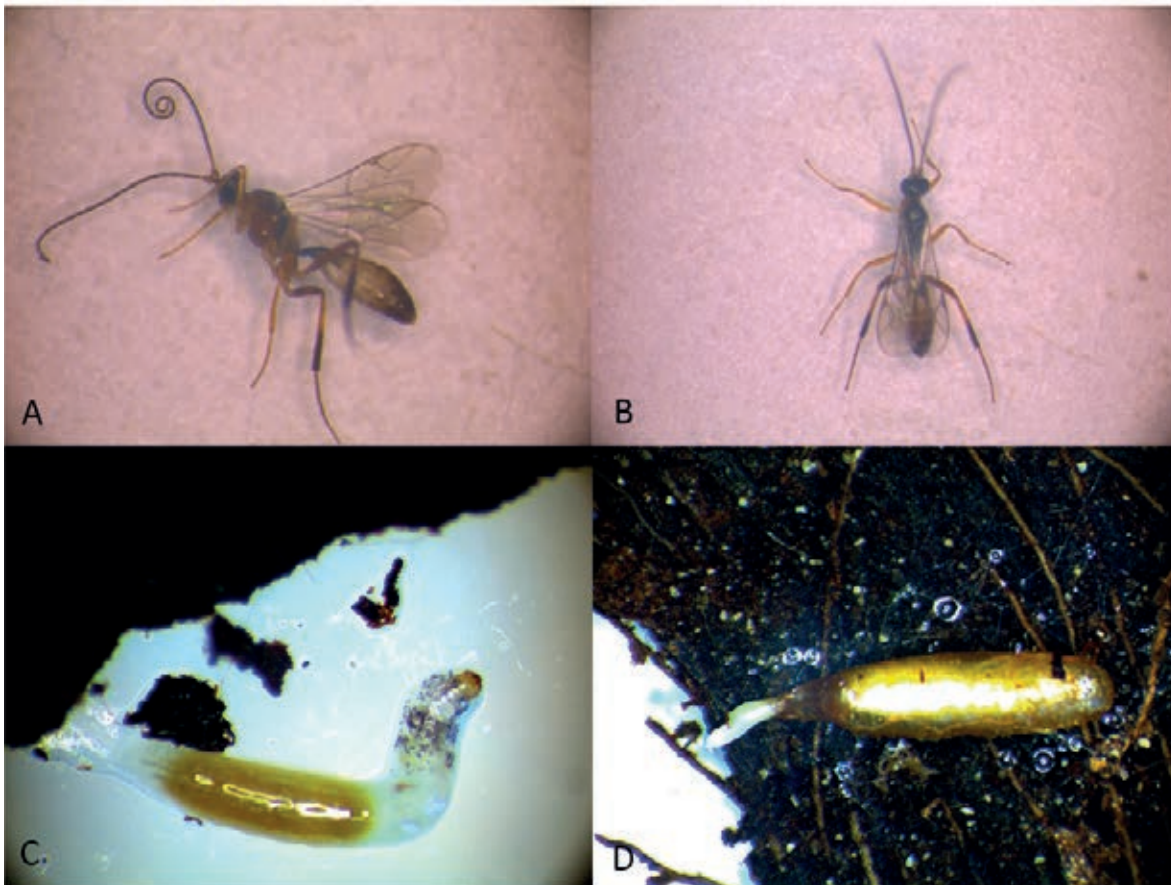
In de zomer van 2015 bleken er bij een verzamelingsactie bij Anthura langhoornmug larven en poppen te zijn verzameld die door sluipwespen waren geparasiteerd. Het bleek om een sluipwesp soort te gaan die tot dusver voor de wetenschap onbekend was. De 25 volwassen sluipwespen die uit deze verzamelde larven en poppen zijn uitgekomen (zie Figuur 4.1 A en B) zijn op 70% alcohol gezet en naar de Russische taxonoom Andrei Humala gestuurd voor verdere determinatie en beschrijving. Dit heeft geresulteerd in een gezamenlijke wetenschappelijke publicatie in de Journal of Natural History, waarin de nieuwe soort, *Megastylus woelkei*, beschreven staat (Humala *et al.* 2017). De sluipwespen zijn klein (lichaamslengte ongeveer 3.4 mm). De lange, iets gekrulde antennes, de typische wespentaille en het vleugelpatroon kunnen helpen om deze soort te herkennen. Zie Figuur 4.2 voor gedetailleerde foto's van de volwassen mannetjes en vrouwtjes *M. woelkei* sluipwespen.

In een langhoornmug larve kan zich één sluipwesp ontwikkelen. Nadat een sluipwespvrouwtje een eitje in een larve heeft gelegd, kan de sluipwesplarve die uit dit eitje komt de langhoornmug larve langzaam van binnen opeten (zie Figuur 4.1 C). De langhoornmug larve gaat hierbij niet meteen dood, maar ontwikkelt zich niet tot langhoornmug pop, maar tot sluipwesp pop (zie Figuur 4.1 D). Deze sluipwesppoppen zijn lichtbruin van kleur en ongeveer 4.5-4.7 mm lang met een diameter van 1.3 mm.

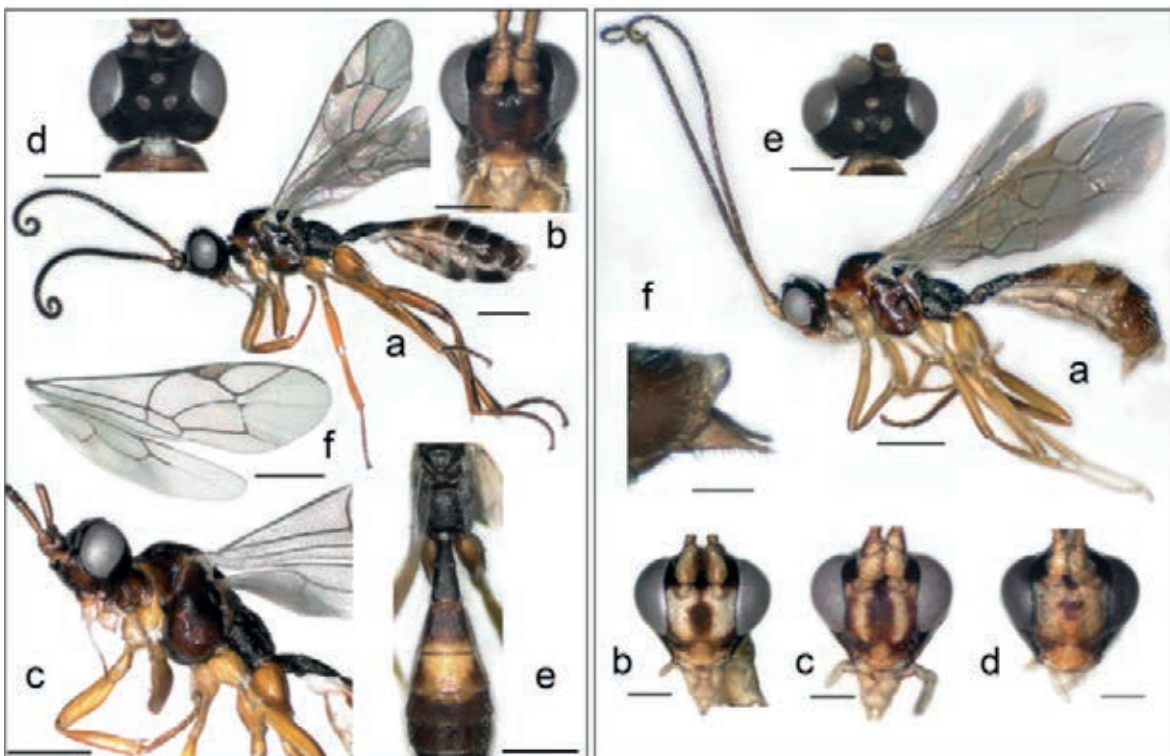
Het is waarschijnlijk dat de sluipwesp de larven van alle 3 de langhoornmug soorten die in de Nederlandse orchideeënkassen voorkomen (*Lyprauta cambria*, *Lyprauta chacoensis* en *Proceroplatus trinidadensis*) kan bestrijden. Alle 3 deze soorten zijn namelijk gevonden op het bedrijf waar de sluipwesp als eerste is ontdekt, en de populaties van al deze 3 soorten zijn efficiënt door de sluipwesp bestreden. *Megastylus woelkei* kan derhalve als een zeer succesvolle bestrijder van langhoornmug larven worden beschouwd. Een nadeel is dat *M. woelkei* gespecialiseerd is op de larven van langhoornmuggen (Keroplastidae), en geen andere muggen en vliegensoorten kan parasiteren. Dit verhindert commercialisatie van de soort, omdat de kweek van langhoornmuggen heel erg lastig is en er bovendien slechts één sluipwesp per langhoornmug larve ontwikkelt.

Er is gepoogd om sluipwespen, die tijdens een periode van enkele weken in grote getale bij Anthura aanwezig waren in samenwerking met medewerkers van Anthura, te verzamelen en in het lab te kweken. Het is echter niet gelukt om de sluipwesp een *L. cambria* larve in een kweekbakje te laten parasiteren. Vervolgens zijn er ongeveer 200 sluipwespen uitgezet bij 2 verschillende telers. De sluipwespen hebben zich hier echter niet kunnen vestigen. Bij één van de bedrijven, waar geen chemische bestrijding werd toegepast, zaten echter heel veel spinnen in het gewas, waardoor de sluipwespen in de spinnenwebben verstrikt raakten.

Waar *Megastylus woelkei* oorspronkelijk vandaan komt is niet bekend. Het lijkt echter niet waarschijnlijk dat het om een inheemse soort gaat. Acht maanden na de ontdekking van de sluipwespen is op een orchideeënkwekerij in een andere provincie van Nederland dezelfde soort sluipwesp ontdekt. Het lijkt hier om een onafhankelijke introductie te zijn gegaan, omdat er niet direct plantmateriaal van het ene naar het andere bedrijf is uitgewisseld. De mogelijkheid dat de sluipwesp weer spontaan opduikt op een ander bedrijf kan daarom niet worden uitgesloten.



Figuur 4.1 Volwassen *Megastylus woelkei* sluipwesp, zij-aanzicht (A) en bovenaanzicht (B). De grootte van de volwassen *M. woelkei* is ongeveer 0.5 mm. *Lyprauta cambria* larve met daarin een *M. woelkei* sluipwesplarve, welke de niet-vitale organen van *Lyprauta* larve langzaam opeet, waardoor de larve wel blijft leven (C), maar niet verpopt tot *Lyprauta* pop, maar tot een sluipwesp pop (D).



Figuur 4.2 Kenmerken van een *Megastylus woelkei* vrouwtje (links) en *Megastylus woelkei* mannetje (rechts). De horizontale zwarte lijn van de gehele sluipwesp (a) is equivalent aan 0.5 mm. Uit: Humala, Kruidhof & Woelke, *Journal of Natural History* (2017).

4.2 Roofkevers

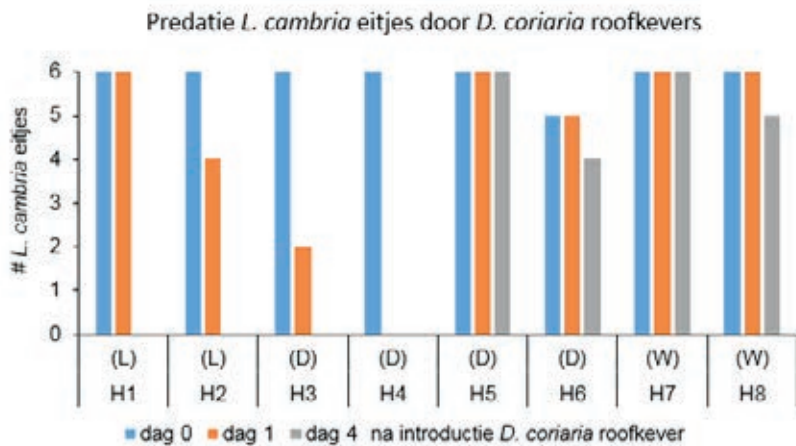
De kortschildkever *Dalotia coriaria* (voorheen *Atheta coriaria*) is een generalistische bodemroofkever (zie Figuur 4.3). De volwassen kevertjes zijn ongeveer 3-4 mm lang, en zowel de larven als de adulten zijn predatorisch. Ze worden voornamelijk ingezet tegen rouwmuggen en oevervliegen, maar ook andere bodembeestjes staan op het menu. In een serie laboratorium experimenten hebben we onderzocht in hoeverre *D. coriaria* kan bijdragen aan de bestrijding van eitjes en larven van *Lyprauta cambria*.

In een eerste experiment hebben we steeds 6 *L. cambria* eitjes op een stukje kokosbark geplaatst in kweekbakjes. Vervolgens is er 1 *D. coriaria* kever per kweekbakje geïntroduceerd. Er is geen ander voedsel aan de kweekbakjes toegediend. De proef is in 8 herhalingen uitgevoerd. 1 en 4 dagen na introductie van *D. coriaria* is het aantal *L. cambria* eitjes geteld. Tevens is genoteerd of de *D. coriaria* kever na 4 dagen nog leefde en aanwezig was in het kweekbakje. In Figuur 4.4 staan de resultaten voor alle 8 kweekbakjes weergegeven. In slechts 2 van de 8 kweekbakjes kon een levende *D. coriaria* roofkever worden teruggevonden. In deze beide bakjes waren alle *L. cambria* eitjes opgegeten. In 4 van de 8 bakjes werd na 4 dagen een dode *D. coriaria* kever gevonden, en in de helft van deze bakjes waren de eitjes van *L. cambria* opgegeten. In 2 van de 8 bakjes kon na 4 dagen geen *D. coriaria* kever meer worden gevonden, en in deze bakjes was vrijwel geen predatie van *L. cambria* eitjes waargenomen.

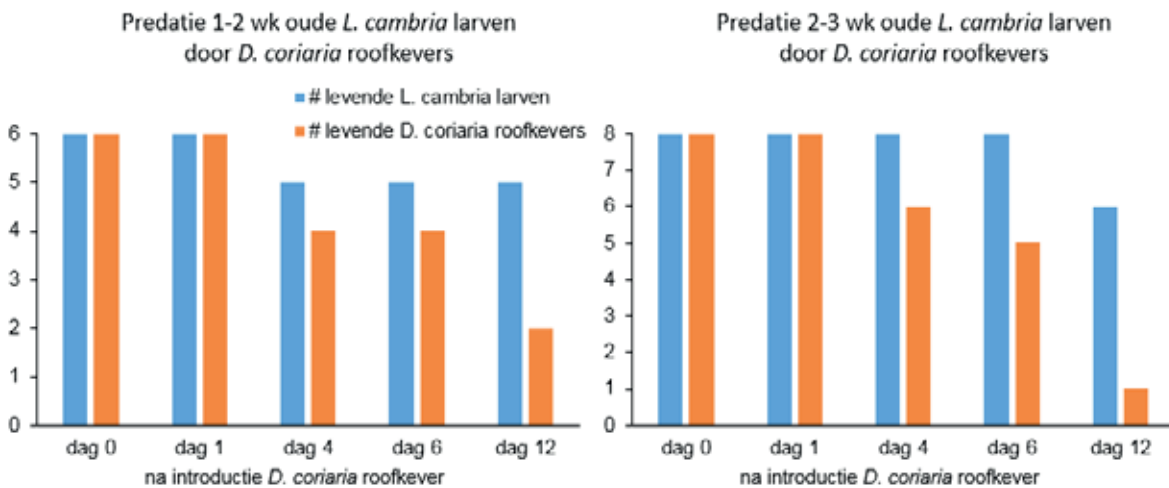
In een tweede experiment hebben we getoetst of volwassen *D. coriaria* kevers jonge en oudere larven van *L. cambria* kunnen bestrijden. Hiervoor hebben we één *D. coriaria* roofkever per kweekbakje bij een *L. cambria* larve geïntroduceerd. Er waren 6 kweekbakjes met 1-2 weken oude *L. cambria* larven en 8 kweekbakjes met 2-3 weken oude *L. cambria* larven. Elke 2 tot 3 dagen is voedsel in de vorm van voermijten toegediend aan de kweekbakjes. 1, 4, 6 en 12 dagen na introductie van de *D. coriaria* roofkever is gekeken in hoeveel van de kweekbakjes zich nog een levende *L. cambria* larve en een levende *D. coriaria* roofkever bevond. Er is geen predatie van *L. cambria* larven waargenomen. Bovendien bleken de *D. coriaria* roofkevers zich niet goed in de kweekbakjes te kunnen handhaven (zie Figuur 4.5).



Figuur 4.3 *Dalotia coriaria* (voorheen *Atheta coriaria*) adult met prooi (A) en *D. coriaria* larve (B).



Figuur 4.4 Aantal *L. cambria* eitjes op stukje bark in kweekbakje met *D. coriaria* roofkevers op dag 0, 1 en 4 na introductie van één volwassen *D. coriaria* roofkever per kweekbakje. H1 tm H8 zijn de individuele kweekbakjes van herhaling 1 tm 8. (L) = *D. coriaria* roofkever levend, (D) = *D. coriaria* dood en (W) = *D. coriaria* niet teruggevonden in kweekbakje.



Figuur 4.5 Aantal kweekbakjes met een levende *L. cambria* larve (blauwe balken) en levende *D. coriaria* roofkever (oranje balken) in proef met 1-2 weken oude *L. cambria* larven (A) en in proef met 2-3 weken oude *L. cambria* larven (B) op dag 0, 1, 4, 6 en 12 na introductie van één volwassen *D. coriaria* roofkever per kweekbakje.

4.3 Oorwormen

Tijdens de inventarisatie beschreven in hoofdstuk 2, zijn er op verschillende bedrijven oorwormen in de bark gevonden. Ook bij het verzamelen van *L. cambria* larven voor de kweek bij praktijkbedrijven werden verschillende keren oorwormen aangetroffen in de bark. De Europese oorworm *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae) is de meest voorkomende soort oorworm in Nederland (zie Figuur 4.6). Het is een generalistische predator welke een belangrijke rol speelt in de biologische bestrijding van plagen in boomgaarden (waaronder de appelbloedluis (*Eriosoma lanigerum*) en de gewone perebladvlo (*Psylla pyri* L.)).

Het is bekend dat ze ook andere bladluisoorten, spinnen, rupsenpoppen, schildluis en springstaarten op het menu hebben staan. Naast plaaginsecten kan deze oorworm zich ook met plantmateriaal voeden. Oorwormen hebben slechts één generatie per jaar, en doorlopen 4 nimfenstadia voordat ze volwassen worden. Ze paren in de nazomer, overwinteren als adulten en in het voorjaar leggen de vrouwelijke oorwormen hun eitjes in de grond. Elk oorworm vrouwtje kan in haar leven 1 tot 2 nestjes met 30-60 eitjes produceren. Ze bewaakt haar nestje met eitjes en verdedigt het tegen indringers en verzorgt en voedt later de jonge nimfen. Wanneer ze het tweede nimfenstadium hebben bereikt zijn de oorwormen niet meer afhankelijk van hun moeder en gaan ze zelf op de grond op zoek naar voedsel. Vanaf het derde nimfenstadium worden ze in de bomen van boomgaarden waargenomen. Na het paren in de nazomer neemt de activiteit van de volwassen oorwormen af en gaan ze in winterrust. Oorwormen zijn nacht-actief en schuilen overdag tussen bladafval, en op donkere plekken. Het barksubstraat in de Phalaenopsis teelt lijkt een goede schuilplaats te vormen voor oorwormen.

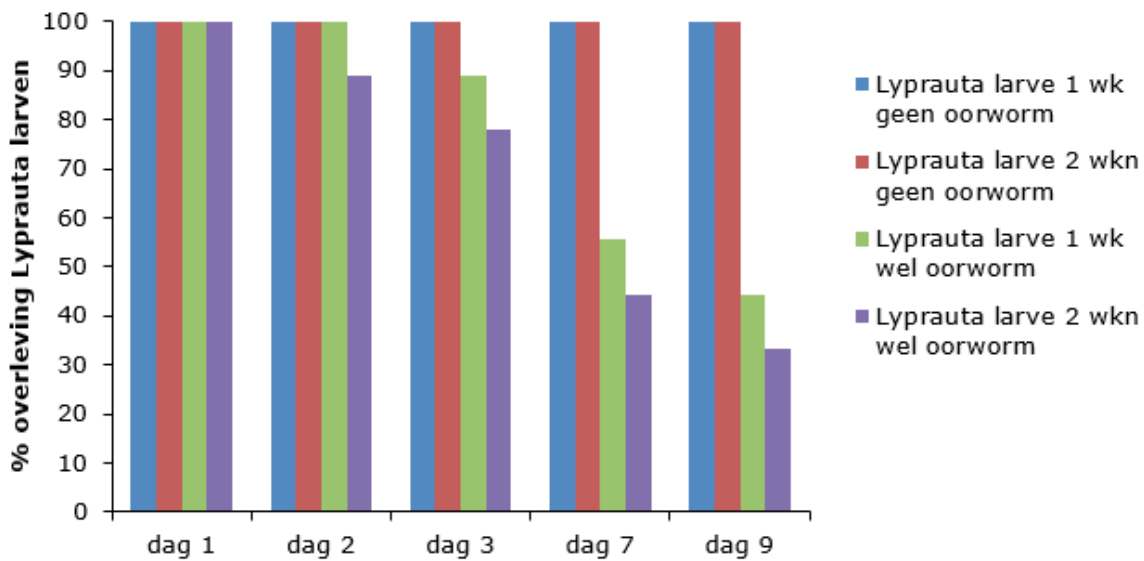


Figuur 4.6 Late-instar nimf van de Europese oorworm *Forficula auricularia*.

Tijdens dit project is onderzocht of de Europese oorworm *F. auricularia* de larven van *L. cambria* kan bestrijden. Voor de bestrijdingsproef zijn kleine kweekbakjes met ofwel 1-week oude, ofwel 2-weken oude *L. cambria* larven gebruikt. Aan de helft van deze bakjes werd een oorworm welke zich in het 3^e nimfenstadium bevond toegevoegd. Van elk van deze in totaal 4 behandelingen zijn 9-12 herhalingen uitgevoerd. De larven in de kweekbakjes werden bijgevoerd met voermijten op -1, 3, 7, en 9 dagen na het inzetten van de proef. Op 1, 2, 3, 7 en 9 dagen na inzetten van de proef is gekeken of de *L. cambria* larve nog in leven was (zie Figuur 4.7).

Na 7 dagen was het aantal levende *L. cambria* larven significant lager in de kweekbakjes met oorworm dan in de kweekbakjes zonder oorworm. Omdat is geobserveerd dat de oorwormen ook voedermijten eten, is het niet geheel duidelijk of deze lagere overleving van *L. cambria* larven in de aanwezigheid van oorwormen een direct of indirect effect betreft. Het zou kunnen dat de oorwormen de *L. cambria* larven niet direct aanvallen, maar het voedsel voor de larven wegvreten, waardoor ze doodgaan. We hebben geen directe aanval van een oorworm op een *L. cambria* larve waargenomen.

Verder is getoetst of de oorwormen schade veroorzaken aan de wortels van Phalaenopsis. Hiertoe zijn pluggen met jonge Phalaenopsis planten met intacte wortels (zie Figuur 4.8 A) opgepot in potten met bark, en met 6 potten in een kooi (zie Figuur 4.8 B) in een klimaatcel bij 28°C geplaatst in een kooi zonder oorwormen, in een kooi waarin in elke pot 1 mannetjes oorworm was geïntroduceerd en in een kooi waarin in elke pot 1 vrouwtjes oorworm was geïntroduceerd (zie Figuur 4.8 C). Twee weken na de start van de proef zijn de wortels gecontroleerd op vrachtschade. In geen van de planten is vrachtschade aan de wortels geconstateerd.



Figuur 4.7 Overleving (%) van 1-week en 2-weken oude *L. cambria* larven in kweekbakjes met en zonder een 3^e nimfenstadium oorworm, op 1, 2, 3, 7 en 9 dagen na de start van het experiment.



Figuur 4.8 Proef waarin is getoetst of oorwormen vraatschade aan *Phalaenopsis* wortels toebrengen. Hiertoe zijn pluggen met jonge *Phalaenopsis* planten met intacte wortels (A) opgepot in potten met bark, en met 6 potten in een kooi (B) in een klimaatcel bij 28 °C geplaatst in een kooi zonder oorwormen, in een kooi met in elke pot 1 mannetjes oorworm en in een kooi met in elke pot 1 vrouwtjes oorworm (C). Twee weken na de start van de proef zijn de wortels gecontroleerd op vraatschade. In geen van de planten is vraatschade aan de wortels geconstateerd.

4.4 Roofvliegen

Roofvliegen zijn uitmuntende jagers, en hebben een breed prooi-menu. Ze kunnen vliegende insecten uit de lucht pakken, doden en leegzuigen. Roofvliegen kunnen sterk bijdragen aan de weerbaarheid van teeltsystemen, zowel in de kas als in buitenteelten. Er zijn verschillende soorten roofvliegen die potentie hebben als biologische bestrijders. Van nature komen in Nederland al 20 verschillende soorten *Coenosia* voor. Sommige soorten, zoals *Coenosia attenuata*, kunnen zich in de zomer spontaan in de kas vestigen, en daar een belangrijke bijdrage leveren aan de bestrijding van onder andere rouwmuggen, oevervliegen, wittevlies en mineervlieg. De larven van *C. attenuata* zijn eveneens predatoren en kunnen zich met name goed ontwikkelen op larven van rouwmuggen.

We hebben een aantal oriënterende proeven gedaan om te onderzoeken of roofvliegen die in Phalaenopsis kwekerijen voorkomen ook *L. cambria* muggen kunnen bestrijden. Hiervoor zijn roofvliegen verzameld, welke geïdentificeerd zijn als *C. attenuata*, en is hiervan een kleine kweek gestart. Vervolgens zijn de roofvliegen samen met volwassen *L. cambria* muggen in een kooi geplaatst. Vrijwel direct na introductie van de muggen werden 3 succesvolle aanvallen van de roofvliegen op de *L. cambria* muggen waargenomen. In een andere kooi, waar *L. cambria* muggen in de aanwezigheid van een alternatieve prooi waren geïntroduceerd, is ook een succesvolle aanval van een roofvlieg op een *L. cambria* mug waargenomen. Roofvliegen zijn niet commercieel beschikbaar. Verder onderzoek zou zich kunnen richten op de ontwikkeling van een open kweekstelsel voor roofvliegen, zodat een populatie van roofvliegen in de Phalaenopsis kassen kan worden gehandhaafd. Ook zou verder onderzoek moeten uitwijzen in hoeverre de larven van roofvliegen een bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van langhoornmug larven.



Figuur 4.9 Een *Coenosia attenuata* roofvlieg die een *L. cambria* mug verorbert.

4.5 *Bacillus thuringiensis israelensis*

Bacillus thuringiensis var israelensis (Bti) is een bodembacterie welke sporen en toxische eiwitten produceren met een selectief toxische werking tegen vliegen- en muggenlarven (Diptera). Bti moet eerst door de muggen- of vliegenlarven worden opgegeten wil er een effect optreden. Door de toxische werking stoppen de larven met eten en gaan ze dood.

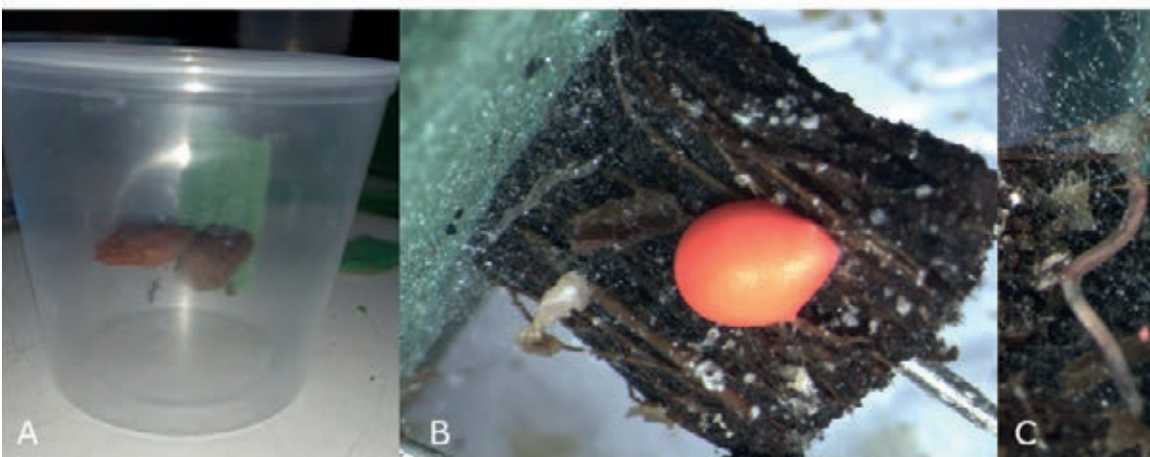
Eerder is aangetoond dat *L. cambria* larven van slakkenkorrels eten, welke voornamelijk uit zetmeel bestaan (zie Hoofdstuk 2.2). Door zetmeel te mengen met wat water met voedingskleurstof en hiervan kleine "balletjes" in het web van de larven te leggen hebben we kunnen vaststellen dat de larven het zetmeel eten, doordat de larven de kleur van de voedingskleurstof aannamen. Op basis hiervan kan een zogenaamde lok- en killmethode worden ontwikkeld, waarbij aan de zetmeelbolletjes een actieve stof kan worden toegediend, welke de larve samen met het zetmeel binnenkrijgt.

Of de toxische eiwitten die door Bti worden geproduceerd een bestrijdend effect hebben op de larven van *L. cambria* is in een gecontroleerde laboratoriumproef getest. Voor deze proef is het middel Culinex® gebruikt, van de Duitse fabrikant E-nema. Op advies van de fabrikant zijn er 2 concentraties van dit middel getest, nl. 4 tabletten per 2 liter water en 1 tablet per 2 liter water. Dit zijn beide relatief hoge concentraties. Deze oplossingen van Culinex® met water zijn gemengd met zetmeel en een voedingskleurstof en tot bolletjes gekneed. Voor de proef zijn 79 kweekbakjes met 1-week oude *L. cambria* larven gebruikt. In 19 kweekbakjes is een bolletje met een hoge concentratie Culinex®, en in 19 kweekbakjes is een bolletjes met een standaard concentratie Culinex® in het web van de *L. cambria* larve geplaatst (zie Figuur 4.10 B). In de overige 41 bakjes zijn zetmeelbolletjes zonder kleurstof in het web van de *Lyprauta* larve geplaatst (controlebehandeling).

Vervolgens is van alle larven de ontwikkeling tot volwassen *L. cambria* mug gevolgd, en is tevens op basis van de kleuring van het maag-darmkanaal gecontroleerd of ze van de gekleurde zetmeelbolletjes hadden gegeten (zie Figuur 4.10 C).

Voor alle larven is waargenomen dat ze van de zetmeelbolletjes hadden gegeten, waardoor kan worden aangenomen dat de larven in de Culinex® behandelingen de toxische Bti eiwitten hadden binnengekregen. In de controlebehandeling had 54% van de *L. cambria* larven zich tot volwassen mug ontwikkeld, terwijl dit percentage bij de hoge concentratie Culinex® op 47% lag en bij de lage concentratie Culinex® op 41%. Deze resultaten wijzen uit dat de Bti eiwitten onvoldoende bestrijdend effect op *L. cambria* larven hadden.

Uit de literatuur blijkt dat niet alle muggen- en vliegen soorten even gevoelig zijn voor Bti (Frouz *et al.* 2007). Er zijn aanwijzingen dat de pH van het maag-darm kanaal een rol speelt in de gevoeligheid voor Bti (Du *et al.* 1994, Benoit *et al.* 1995, Frouz *et al.* 2007). Onder relatief basische omstandigheden (hoge pH) in het maag-darmkanaal wordt de activatie van sporen en de oplosbaarheid van toxisch eiwitten die door Bti worden geproduceerd verhoogd. Om te kijken of de pH in het maag-darm kanaal van *L. cambria* larven een mogelijke verklaring zou kunnen vormen voor de afwezigheid van een bestrijdend effect van de toxische eiwitten van Bti op *L. cambria* larven, is een aantal 2-weken oude *L. cambria* larven gevoerd met zetmeel waar een pH-indicator vloeistof doorheen was gemengd. Van een 5-tal larven konden we een verkleuring van het maag-darmkanaal en van de uitwerpselen waarnemen. De uitwerpselen van alle larven hadden een rood/geel/oranje kleur. Van 3 van de 5 larven kon een oranje tot oranje-rode verkleuring van het gehele maag-darm kanaal worden waargenomen. Dit alles duidt op een relatief lage pH waarde van rond de 5 (zie Figuur 4.11), wat een mogelijke verklaring zou kunnen vormen voor het uitblijven van een bestrijdend effect van Culinex® op de jonge *L. cambria* larven.



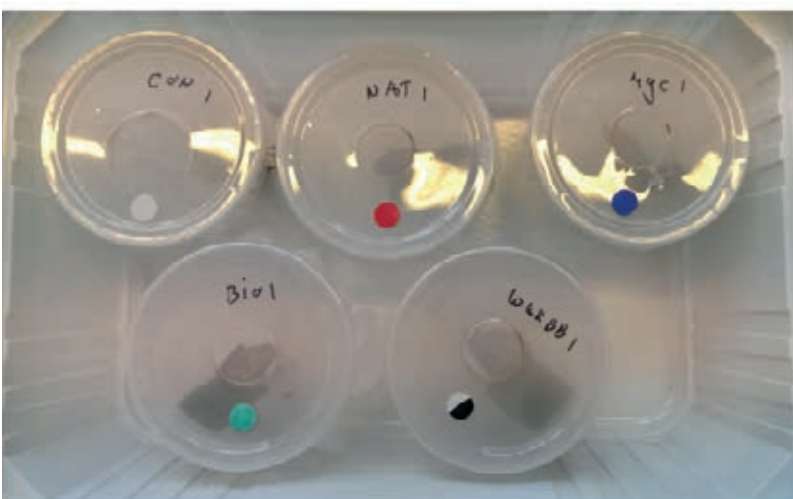
Figuur 4.10 Opzet van proef naar de werking van toxische eiwitten afkomstig van *Bacillus thuringiensis israelensis* op *Lyprauta cambria* larven. De proef uit uitgevoerd in kleine kweekbakjes (A) waarbij een bolletje zetmeel met voedingskleurstof en werkzame stof op het web van *L. cambria* is geplaatst (B), waarna aan de kleuring van het maag-darm kanaal van de *L. cambria* larve kon worden vastgesteld dat de larve van het bolletje had gegeten (C).



Figuur 4.10 Kleuren die de pH indicator vloeistof aanneemt bij verschillende pH-waarden. Deze pH indicator vloeistof is door witte zetmeel gemengd en gevoerd aan *L. cambria* larven om een indicatie te krijgen van de pH in het maag-darm kanaal van de larven.

4.6 Entomopathogene schimmels

Er is in een kleine labproef uitgevoerd waarbij het effect van 4 soorten entomopathogene schimmels op *L. cambria* larven is onderzocht. De 4 soorten entomopathogene schimmels die zijn meegenomen in de proef zijn *Lecanicilium muscarium* (Mycotal), *Metarhizium anisopliae* (Bio 1020), *Beauveria bassiana* (Botanigard) en *Beauveria bassiana* (WUR isolaat uit oevervliegen). Tevens is er een controlebehandeling uitgevoerd. De entomopathogene schimmels zijn niet direct als product gebruikt maar eerst op plaat gekweekt, waarna sporenoplossingen van 10^9 sporen/ml in water zijn bereid. Deze sporenoplossingen zijn 2x toegediend op de larven in de kweekbakjes, 1 keer toen de *L. cambria* larven 1 week oud waren, en 1 keer toen de *L. cambria* larven 3 weken oud waren. Er werd geen effect van de entomopathogene schimmels op de larven van *L. cambria* waargenomen. Doordat de uitval van de poppen ook in de controlebehandeling hoog was, kon het effect van de entomopathogene schimmels op de poppen niet worden beoordeeld.



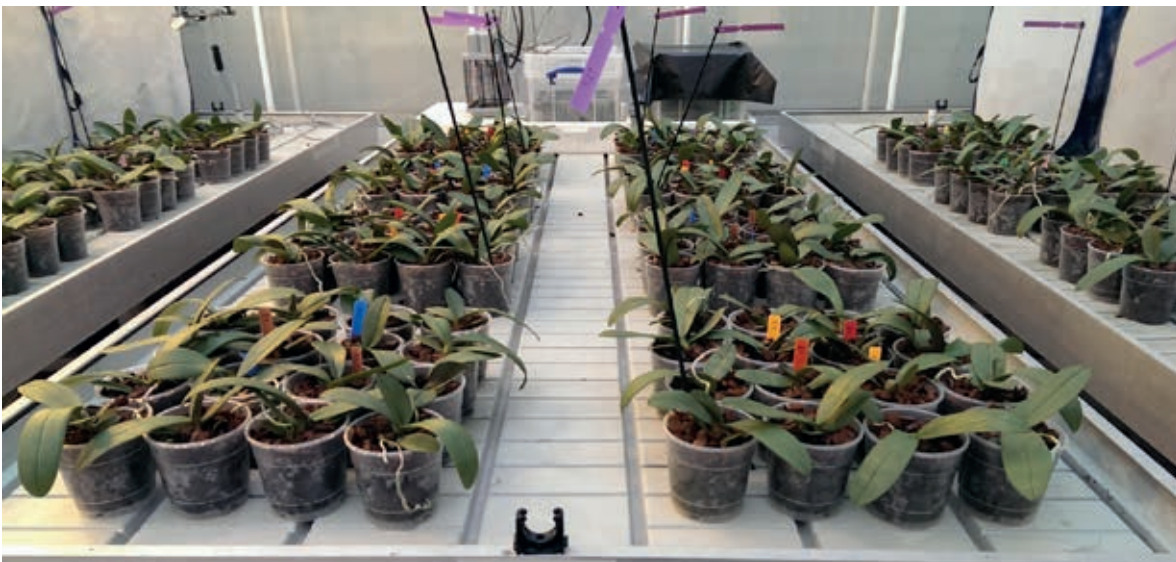
Figuur 4.11 Kweekbakjes met *L. cambria* larven waaraan sporenoplossingen van verschillende soorten entomopathogene schimmels zijn toegediend.

5 Onderzoek voorkomen wortelschade door aanbod alternatief voedsel

5.1 Effect van extra prooien en vochtgehalte bark op overleving *Lyprauta cambria* larven en wortelschade

Het doel van deze kasproef was om te onderzoeken welk effect het toedienen van extra prooien en het vochtgehalte van de bark hebben op de overleving van *L. cambria* larven en de schade die *L. cambria* larven toebrengen aan de wortelpunten van jonge Phalaenopsis planten. De temperatuur in de kas was ingesteld op 28 °C, en er werd verneveling toegepast als de RV onder de 60% zakte. De lichtsom is op 100-200 micromol gehouden, met een lichtsom van 5 mol/dag.

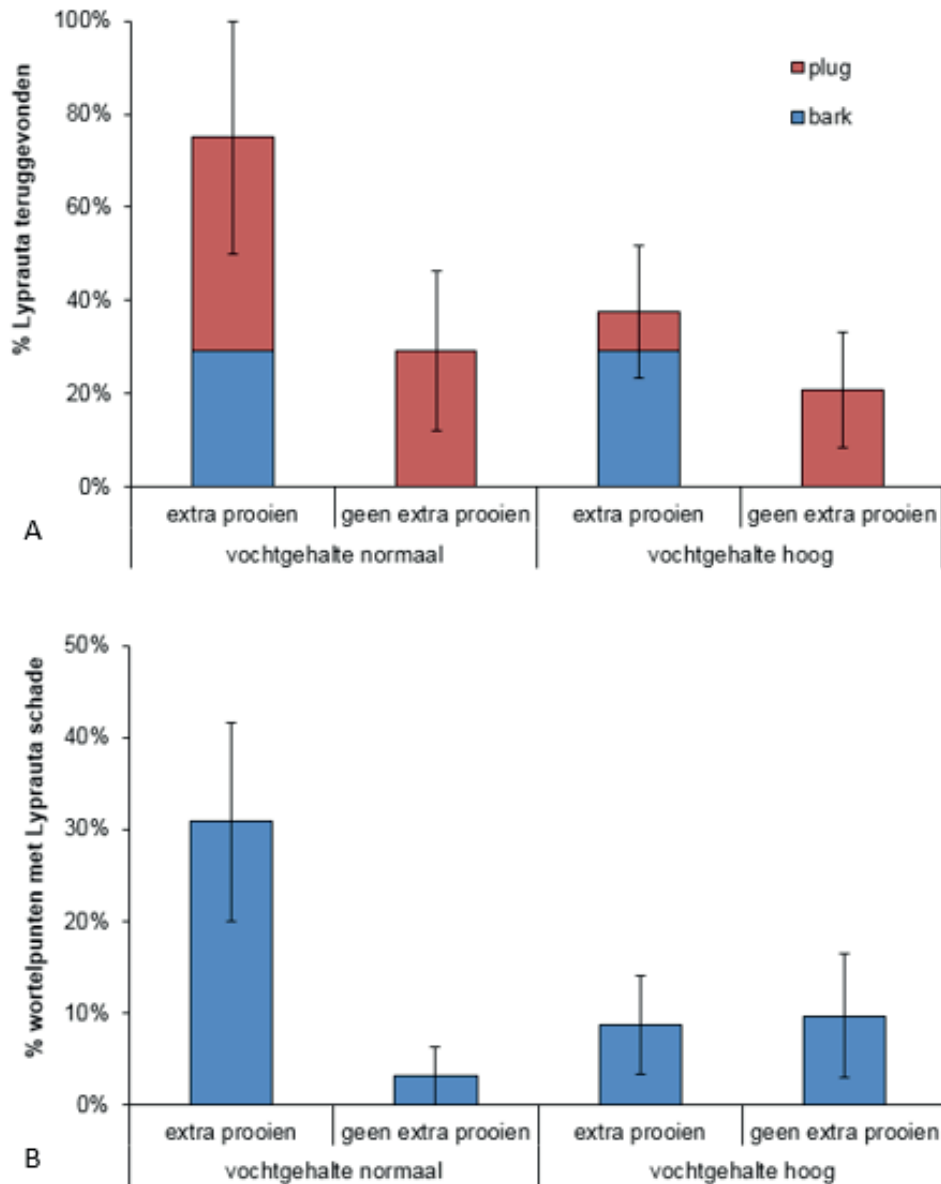
Bij de start van de proef zijn alle pluggen met Phalaenopsis planten goed nagekeken op wortelschade, en zijn alleen de planten met intacte wortels opgepot. Er zijn 4 behandelingscombinaties toegepast, nl: a) normaal vochtgehalte bark, extra prooien, b) normaal vochtgehalte bark, geen extra prooien, c) hoog vochtgehalte bark, extra prooien, d) hoog vochtgehalte bark, geen extra prooien. Om een hoog vochtgehalte in de bark te behouden werd er 3x per week water gegeven. Voor het normale vochtgehalte in de bark werd 1x per 5 dagen water gegeven. Als extra voedsel werden er bij de start van de proef prooimijten aan de bark uitgezet. Van alle behandelingscombinaties zijn 4 herhalingen uitgevoerd. Eén tot twee weken na het oppotten van de planten zijn 3 *L. cambria* larven (herhalingen 1 & 2) of 2 *L. cambria* larven (herhalingen 3 & 4) van 1 week oud in elke pot geïntroduceerd. Tevens zijn er potten ingezet zonder *L. cambria* larven, om het schadebeeld toegebracht door *L. cambria* larven en andere factoren goed van elkaar te kunnen onderscheiden. Om het microklimaat in de potten beter te beheersen, zijn de potten gebruikt voor het experiment omgeven door randpotten (zie Figuur 5.1). Drie weken (herhalingen 1 & 2) of twee weken (herhalingen 3 & 4) na introductie van de *L. cambria* larven is de proef geëvalueerd. Hiervoor zijn de bark en de plug grondig doorzocht voor *L. cambria* larven of poppen. Tevens zijn de wortels geëvalueerd voor wortelschade toegebracht door *L. cambria* larven (zie Figuur 5.3).



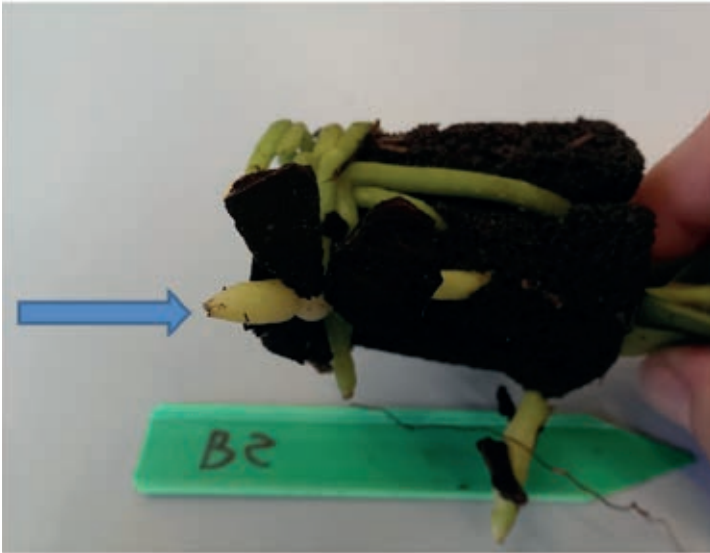
Figuur 5.1 Kasproef naar de invloed van extra prooien en vochtgehalte van de bark op de overleving van *L. cambria* larven en de wortelschade veroorzaakt door *L. cambria* larven.

Gemiddeld gezien is 40% van de *L. cambria* larven die waren geïntroduceerd teruggevonden tijdens de evaluatie van de proef. *Lyprauta cambria* werd zowel in de plug als in de bark teruggevonden. Sommige larven waren reeds verpopt. 86% van alle teruggevonden poppen en 44% van alle teruggevonden larven zaten in de plug.

Het lijkt er dus op dat de plug *L. cambria* een goede plek biedt om te verpoppen. In de behandelingen met extra prooien werden meer *L. cambria*'s teruggevonden dan in de behandelingen zonder extra prooien (marginaal significant effect; GLM, $P = 0.092$). Het vochtgehalte had geen significant effect op het aantal *L. cambria*'s dat werd teruggevonden (GLM, $P = 0.200$). Met betrekking tot de schade aan de wortelpunten veroorzaakt door *L. cambria* larven werd een marginaal significante interactie gevonden tussen het effect van extra prooien en het effect van vochtgehalte van de bark (GLM, $P = 0.075$). Vervolgens is het effect van extra prooien apart geanalyseerd voor de potten met bark met een normaal vochtgehalte en voor de potten met bark met een hoog vochtgehalte. In de potten bark met een normaal vochtgehalte was er significant meer wortelschade veroorzaakt door *L. cambria* wanneer extra prooien waren toegediend (GLM, $P = 0.009$). Het toedienen van extra prooien zorgde niet voor extra *L. cambria* wortelschade in de potten met een hoog vochtgehalte (GLM, $P = 0.908$).



Figuur 5.2 Percentage teruggevonden *L. cambria*'s in de plug en in de bark (A) en percentage wortelpunten met schade veroorzaakt door *L. cambria* larven (B) voor behandelingen met en zonder extra prooien en met normaal en hoog vochtgehalte van de bark.



Figuur 5.3 Schade aan de wortelpunt veroorzaakt door een *L. cambria* larve.

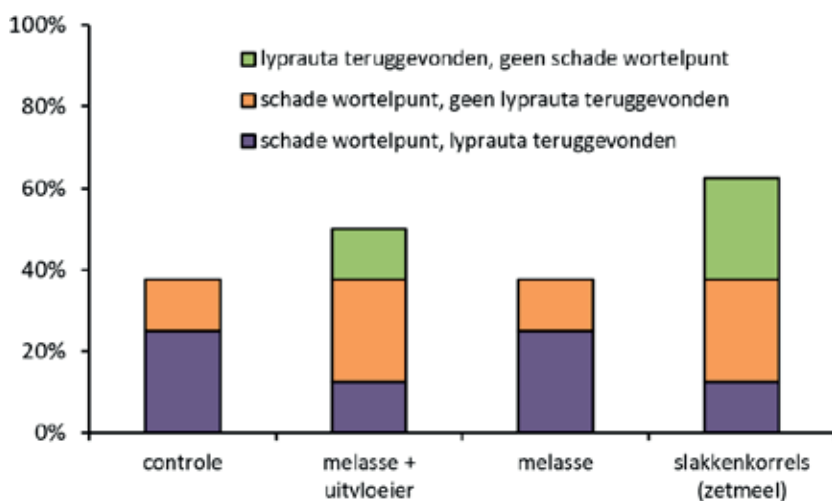
5.2 Effect van toediening melasse of zetmeel op wortelpuntenvraat door *Lyprauta cambria* larven

Lyprauta cambria kan worden gekweekt zonder de Phalaenopsis plant zelf. Het is daarom de vraag waarom en onder welke omstandigheden de larven schade berokkenen aan de wortelpunten van Phalaenopsis. Een *eerste hypothese* was dat *L. cambria* larven bij gebrek aan voedsel en/of vocht aan de wortelpunten gaan knagen. Uit de kasproef beschreven in hoofdstuk 5.1 is echter gebleken dat bij normale watergift zowel de overleving als het aantal beschadigde wortelpunten hoger lag wanneer prooimijten als extra voedsel werden toegevoegd aan de bark. Meer frequente watergift had geen duidelijk effect op de overleving van *L. cambria* larven en de wortelschade. Vervolgens is een *tweede hypothese* geformuleerd dat *L. cambria* larven aan de wortelpunten knagen om in hun behoefte aan suikers/koolhydraten te voorzien. Juist bij de wortelpunten worden exudaten uitgescheiden die suikers bevatten. Om dit verder te testen zijn een tweetal kasproeven uitgevoerd. Er is getest of toevoeging van een zetmeel- of suikerbron aan de bark de wortelschade door *L. cambria* larven kan reduceren.

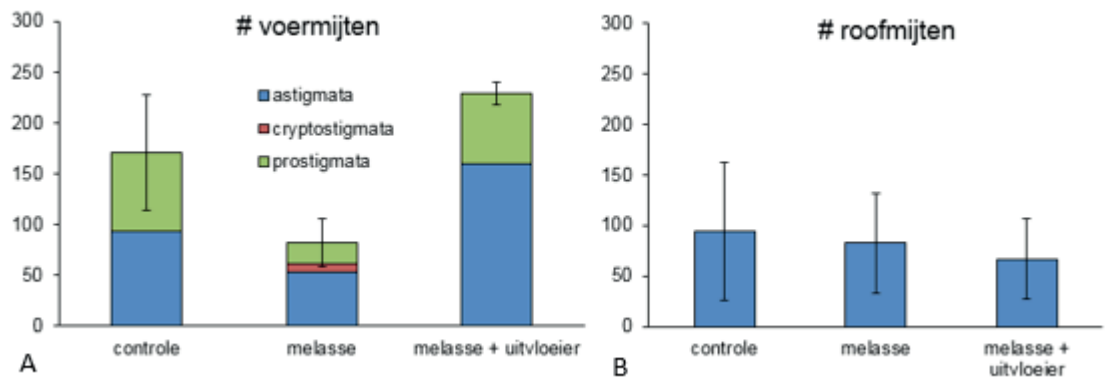
In 2 opeenvolgende kasproeven, uitgevoerd onder dezelfde klimaatomstandigheden als beschreven in hoofdstuk 5.1, zijn er steeds 4 verschillende behandelingen getest: a) controlebehandeling (geen toevoegingen), b) toevoeging van slakkenkorrels als zetmeelbron (10 gram/pot), c) suikermelasse als suikerbron (10% oplossing in voedingswater), d) suikermelasse (10% oplossing in voedingswater) met 1% Silwet Gold. Van de eerste proef zijn voor elke behandeling 8 herhalingen uitgevoerd, en voor de tweede proef zijn voor elke behandeling 7 herhalingen uitgevoerd. In de eerste proef zijn twee 1-week oude *L. cambria* larven per pot geïntroduceerd op 0-1 dag na de eerste toediening van de slakkenkorrels of de melasse-behandelingen. In de tweede proef zijn gedurende 4 behandelingen met melasse toegediend, met steeds 2 tot 3 weken tussenpauze, voordat er 2 *L. cambria* larven van 1 week oud per pot waren geïntroduceerd. De toevoeging van de slakkenkorrels vond ook in deze tweede proef plaats vlak voor de introductie van de *L. cambria* larven. Om de behandelingen met de melasse goed toe te passen is het watergeef regime aangepast. De melasse is toegediend op een moment dat de planten weer water moesten hebben. Eerst zijn de potten 'voorgeregend' met omgerekend 5 liter/m² voedingsoplossing. Daarna is omgerekend 1.5 liter/m² melasse-oplossing toegediend. Na het toedienen van de melasse zijn de potten nog nageregend met omgerekend 1.5 liter/m² voedingsoplossing. Voor de behandeling met slakkenkorrels (zetmeel) en de controlebehandeling is 8 liter voedingsoplossing toegediend. Twee dagen na de toepassing van de behandelingen is 14 liter/m² voedingsoplossing toegediend. Eén week na de introductie van de *L. cambria* larven zijn de twee melassebehandelingen nogmaals op dezelfde manier toegediend. De slakkenkorrels zijn niet nogmaals toegediend. Twee weken na de introductie van de *L. cambria* larven zijn de potten nagezocht op de aanwezigheid van deze larven, en is een evaluatie gedaan van de door *L. cambria* larven veroorzaakte schade aan de wortelpunten. Voordat de planten werden opgepot waren alle wortelpunten gecontroleerd op schade, en stonden de planten in een *L. cambria* vrije omgeving. De schade die aan het einde van de proef is gevonden kan daarom worden toegeschreven aan de vraat van *L. cambria* larven tijdens het experiment.

In de eerste proef werden er geen verschillen in wortelschade gevonden tussen de 4 behandelingen (paarse + oranje balken in Figuur 5.4). Alleen in de behandelingen met melasse + uitvloeier en slakkenkorrels (zetmeel) werden *Lyprauta* larven teruggevonden zonder dat er schade aan de wortelpunten was waargenomen (groene balken in Figuur 5.4). Het toevoegen van een uitvloeier aan de melasse behandeling had geen negatieve invloed op het aantal voermijten in de pot (Figuur 5.5A) en geen invloed op het aantal roofmijten (Figuur 5.5B).

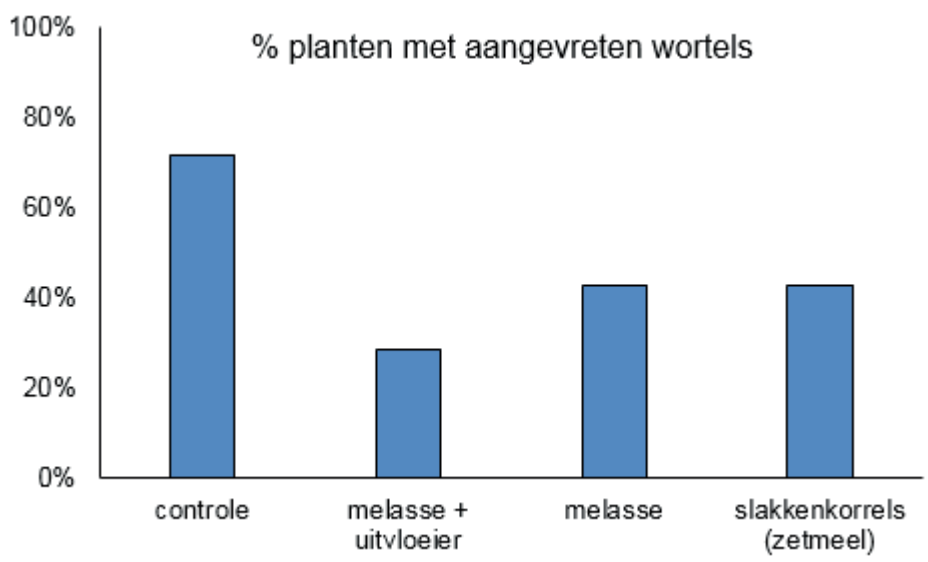
In de tweede kasproef konden vrijwel geen *L. cambria* larven worden teruggevonden bij de eindevaluatie. Wel was er een trend dat er minder planten met *L. cambria* wortelschade waren in de 3 behandelingen met zetmeel of melasse dan in de controlebehandeling. Deze verschillen waren echter niet statistisch significant. Om zekerheid te krijgen over de effecten zou de proef moeten worden herhaald.



Figuur 5.4 Percentage *Phalaenopsis* planten van de eerste kasproef met *L. cambria* schade aan de wortelpunt, waar wel een *L. cambria* larve is teruggevonden (paarse balken) en waar geen *L. cambria* is teruggevonden (oranje balken) en percentage planten zonder wortelschade waar wel een *L. cambria* larve is teruggevonden (groene balken). Van elke behandeling zijn 8 herhalingen uitgevoerd. Er zijn geen statistisch verschillende effecten van de behandelingen gevonden.



Figuur 5.5 Aantal voermijten (*astigmata*, *cryptostigmata* en *prostigmata*) (A) en roofmijten (B) in de controlebehandeling, behandeling met melasse en behandeling met melasse en uitvloeier van de eerste kasproef.



Figuur 5.6 Percentage *Phalaenopsis* planten van de tweede kasproef met *L. cambria* schade aan de wortelpunt in de 4 verschillende behandelingen. Van elke behandeling zijn er 7 herhalingen uitgevoerd. De verschillen zijn niet statistisch significant.

6 Effect van bodempredatoren op de aanwezigheid van mogelijke prooien voor langhoornmug larven

6.1 Doelstelling en proefopzet

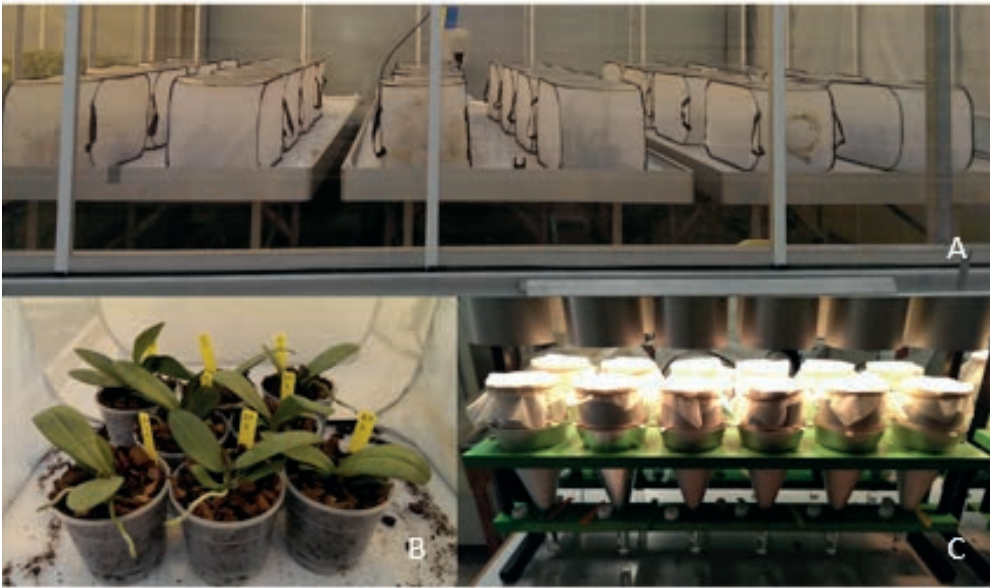
In de kasproef beschreven in hoofdstuk 5.1 kwam naar voren dat de overleving van *L. cambria* larven en wortelschade veroorzaakt door *L. cambria* larven hoger is wanneer er veel prooien in de bark aanwezig zijn. Het doel van deze kasproef was het testen of de bodemroofkever *Dalotia* (= *Atheta*) *coriaria* en de bodemroofmijt *Macrocheles robustulus* - wanneer aanwezig in grote aantallen - jonge Lyprauta larven indirect kunnen bestrijden door de mogelijke prooien van Lyprauta te bestrijden. De proef vond plaats met jonge Phalaenopsisplanten (opgekweekt in pluggen) in barksubstraat in een kas met drie tafels. Er waren 2 series planten met elk 6 behandelingen; 3 behandelingen met predatoren (*D. coriaria*, *M. robustulus*, controle), welke elk werden uitgevoerd met normale watergift (1x per 5 dagen) en frequente watergift (1x per 2/3 dagen). Alle potten waren in kooien geplaatst, om te voorkomen dat *D. coriaria* roofkevers zouden overlopen naar andere behandelingen. Van tevoren was er een pilotproef gedaan om te zien of de *D. coriaria* roofkevers uit de kooien konden ontsnappen. De potten waarin *M. robustulus* roofmijten werd geïntroduceerd stonden op een aparte tafel, om besmetting van andere potten tegen te gaan.

6.2 Werkwijze

Er zijn wekelijks 100 *M. robustulus* of 20 *D. coriaria* of niets (controle) geïntroduceerd. In totaal waren er 16 potten per behandeling (96 potten in totaal). Twee maanden na de eerste introductie zijn van de eerste 30 potten (5 potten per behandeling) de bladeren van de planten afgeknijpt, en zijn de pluggen + bark in zogenaamde Tullgren trechters geplaatst (zie Figuur 6.1 C). Hierbij werd de bodemfauna in alcohol opgevangen, zodat de beestjes konden worden gedetermineerd en geteld. Een week later werden nogmaals 30 potten (5 potten per behandeling) op de Tullgren trechters geplaatst en op dezelfde manier geanalyseerd. Dit met als doel om na te gaan in hoeverre de aanwezigheid van de predatoren de aantallen van verschillende soorten bodembeestjes had beïnvloed. Het plan was om - indien de predatoren een sterk reducerend effect hebben op de bodemfauna - Lyprauta larven toe te voegen aan de laatste 6 potten van elke behandeling om het effect van de 'prooibestrijding' van Lyprauta te testen. De verschillen bleken echter minder sterk dan verwacht, en ook was er veel variatie tussen de potten. Daarom is besloten om geen Lyprauta larven te introduceren, en ook de laatste 6 potten van elke behandeling op de Tullgren trechters te plaatsen en mee te nemen in de analyse van de bodemfauna.

6.3 Resultaten en discussie

Er zijn twee groepen van potentiële prooien van *L. cambria* die in relatief grote aantallen voorkwamen in de bark van Phalaenopsis: prooimijten behorende tot de groep van de 'Prostigmata' (afhankelijk van de behandeling gemiddeld 193 - 1117 per pot) en springstaarten (afhankelijk van de behandeling gemiddeld 82 - 1414 per pot). Verder werden er, in veel lagere aantallen, ook prooimijten van de groep 'astigmata' gevonden (afhankelijk van de behandeling gemiddeld 0-13 per pot), en kleine kevertjes (afhankelijk van de behandeling gemiddeld 7-17 per pot). In enkele Tullgren monsters werd een klein aantal mosmijten (Oribatida) en/of Sciaridae larven/adulten gevonden. Deze aantallen zijn echter te verwaarlozen.



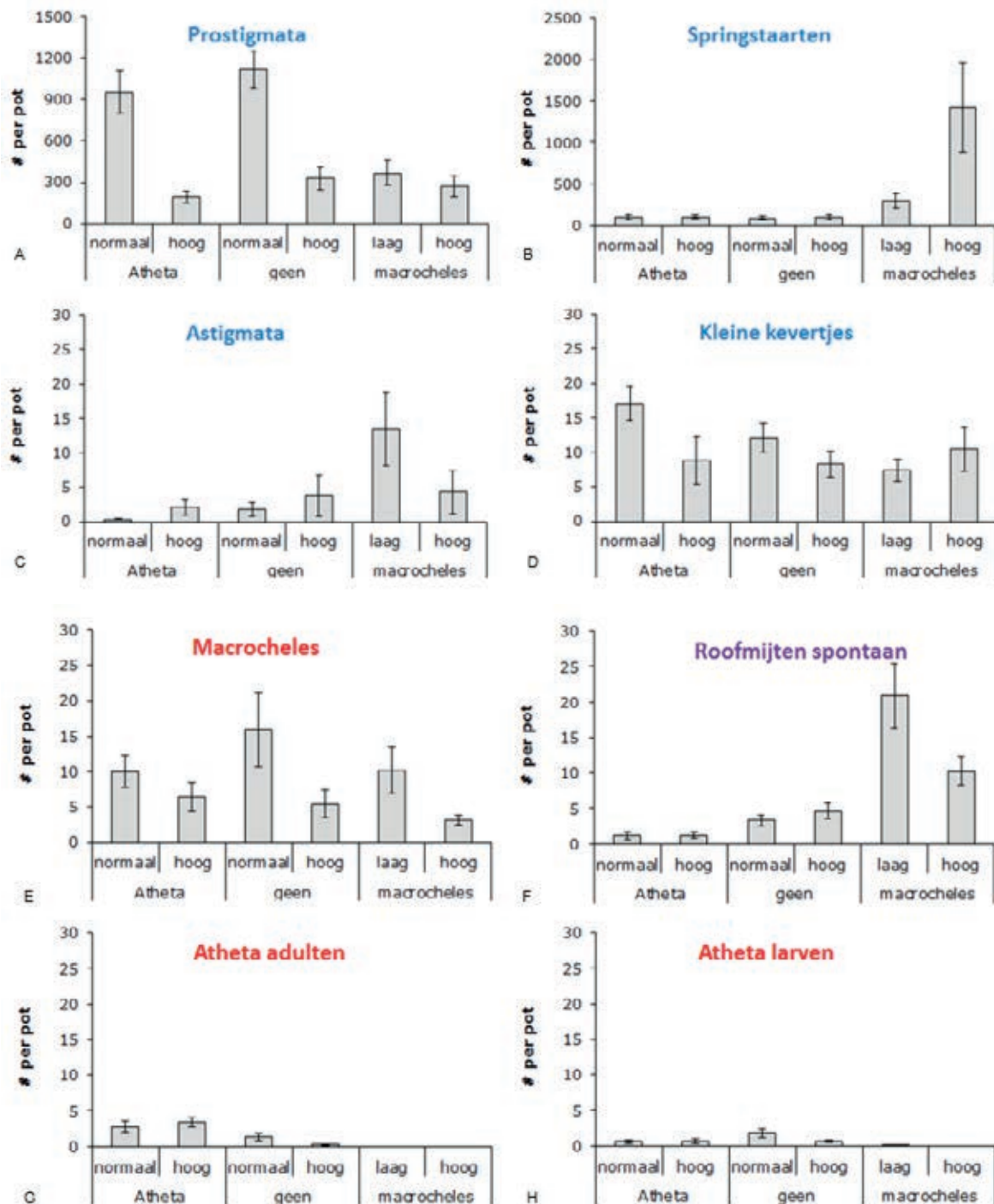
Figuur 6.1 Kasexperiment naar de invloed van bodempredatoren op mogelijke prooien van *Lyprauta* larven, met kooien waar *M. robustulus* roofmijten, *D. coriaria* roofkevers of geen predatoren (controle) in de bark zijn toegediend (A, B), en Tullgren trechters welke worden gebruikt om bodemfauna uit de bark in alcohol op te vangen (C).

De hoogste aantallen Prostigmata prooimijten werden gevonden bij normale watergift, met gemiddeld 1117 per pot, tegen 327 per pot bij frequente watergift. *Dalotia coriaria* kon het aantal Prostigmata prooimijten niet reduceren. In de behandeling met *M. robustulus* roofmijten lag het aantal Prostigmata prooimijten bij normale watergift met 368 per pot ruim 3x lager als bij de behandeling zonder toegevoegde predatoren en de behandeling met *D. coriaria*. Ook is waargenomen dat veel jonge *M. robustulus* roofmijten een donkere kleur hadden gekregen; dit duidt erop dat ze van de prostigmata prooimijten hadden gegeten, welke een oranje of zwarte kleur hadden. Het is daarom waarschijnlijk dat het wekelijks toevoegen van 100x *M. robustulus* roofmijten ervoor heeft gezorgd dat het aantal Prostigmata prooimijten in de potten met normale watergift omlaag is gegaan.

Het aantal springstaarten lag in de behandeling zonder *Dalotia coriaria* ongeveer gelijk aan het aantal springstaarten in de behandeling met *D. coriaria* roofkevers, en verschilde niet tussen normale en frequente watergift (gemiddeld 83-100 springstaarten/pot). Opvallend was echter dat het aantal springstaarten veel hoger lag in de behandeling met *M. robustulus* roofmijten met frequente watergift (gemiddeld 1414 springstaarten per pot). Met het toevoegen van *M. robustulus* is ook steeds wat dragermateriaal toegevoegd. Dit dragermateriaal bevat ook schimmels. Mogelijk heeft dit dragermateriaal de schimmelgroei in de potten bevorderd - met name in de relatief vochtige bark in de potten met frequente watergift - waardoor er meer voedsel aanwezig was voor springstaarten en deze zich beter konden ontwikkelen.

Ook in de potten waar geen *M. robustulus* roofmijten waren toegevoegd, werd *M. robustulus* teruggevonden. Blijkbaar zijn er toch *M. robustulus* roofmijten van de ene tafel op de andere tafels terechtgekomen. Gemiddeld werden er in de verschillende behandelingen 3-16 *M. robustulus* per pot gevonden. Tegen onze verwachting in lagen de aantallen *M. robustulus* in de *M. robustulus* behandeling niet hoger dan in de overige behandelingen. Het is echter goed om voor zowel de *M. robustulus* als de *D. coriaria* behandeling in het achterhoofd te houden dat de monsternamen steeds een week na de laatste introductie plaatsvond. De aantallen *M. robustulus* / *D. coriaria* lagen naar alle waarschijnlijkheid elke week direct na de introductie een stuk hoger dan tijdens de monsternamen in desbetreffende behandeling, en namen dan gedurende de week af. Opvallend was dat spontaan optredende roofmijten (voornamelijk *Armscirus* sp.) in significant hogere aantallen voorkwamen in de behandeling waar wekelijks *M. robustulus* werd toegevoegd. Mogelijk hebben *Armscirus* roofmijten *Macrocheles* als prooi gebruikt, met als gevolg steeds een sterke afname van *M. robustulus* tijdens de week na elke introductie.

Van *D. coriaria* werden gemiddeld 3 *D. coriaria* en 0.5 *D. coriaria* larven per pot teruggevonden in de behandeling waar wekelijks 20 volwassen *D. coriaria* roofkevers werden toegevoegd. Wekelijks 20 *D. coriaria* roofkevers per pot is erg veel, en het zou goed kunnen dat er niet voldoende geschikte prooien aanwezig waren voor *D. coriaria*, waardoor ze niet hebben overleefd door honger en/of door elkaar op te eten. Ook zou het kunnen dat de omstandigheden in de bark niet geschikt zijn voor *D. coriaria*. Analyse van de tweede serie potten, waar eenmalig *D. coriaria* is toegevoegd en vervolgens op verschillende momenten is bemonsterd, moet hierover meer inzicht geven. Verder zijn er toch enkele *D. coriaria*'s gevonden in kooien op dezelfde tafels waar geen predatoren aan waren toegevoegd. Het is niet geheel duidelijk hoe dit heeft kunnen gebeuren. In de pilot was voor volwassen *D. coriaria* kevers, maar niet voor *D. coriaria* larven, getest of ze uit de kooien konden ontsnappen. Wellicht konden toch enkele *D. coriaria* larven overlopen naar andere kooien.



Figuur 6.2 Aantallen potentiële prooien van *L. cambria* larven (A-D), en bodempredatoren (E,H) per pot in de verschillende behandelingen met normaal en hoog vochtgehalte en wekelijkse introductie van *D. coriaria* (*Atheta*) roofkevers, *M. robustulus* (*macrocheles*) roofmijten of geen bodempredatoren (controlebehandeling).

Al met al zijn er duidelijke verschillen gevonden tussen de behandeling met *M. robustulus* roofmijten enerzijds, en de controlebehandeling (geen predatoren toegevoegd) en de behandeling met *D. coriaria* (*Atheta*) roofkevers anderzijds. Bij wekelijkse introductie van een overmaat aan *M. robustulus* roofmijten lagen de aantallen Prostigmata prooimijten ruim 3x lager dan in de controlebehandeling. Of deze reductie voldoende is om de ontwikkeling van *Lyprauta*, die de Prostigmata prooimijten mogelijk als prooi kan gebruiken, te remmen is maar zeer de vraag, zeker als er in de praktijk lagere aantallen en/of minder frequent *M. robustulus* wordt toegediend dan in deze proef. Bovendien waren ook in de controlebehandeling *M. robustulus* roofmijten teruggevonden. Verder is het de vraag of *L. cambria* larven *M. robustulus* als prooi kunnen gebruiken. Er is onlangs een aanval van een *Lyprauta* larve op een *M. robustulus* roofmijt geobserveerd, echter heeft deze roofmijt kunnen ontsnappen. Verder onderzoek is nodig om duidelijkheid te verkrijgen in hoeverre *Lyprauta* larven *M. robustulus* roofmijten als voedselbron gebruiken. Ook is er een risico dat toedienen van *M. robustulus* het aantal springstaarten in de pot stimuleert. Bij frequente watergift lag het aantal springstaarten in de behandeling met *M. robustulus* bijna 15 x hoger, waarschijnlijk door de schimmels die met het dragermateriaal van *M. robustulus* meekomen en als voedsel dienen voor de springstaarten. *Dalotia coriaria* kon zich slechts met lage aantallen in de potten handhaven en had geen meetbaar effect op de rest van de bodemfauna.

7 Eileg-gedrag volwassen *Lyprauta* muggen

In keuze-tests met volwassen *L. cambria* vrouwtjes is onderzocht of de vrouwtjesmuggen een voorkeur hebben voor ei-afzet in bepaalde types substraat. Deze kennis zou handvaten kunnen geven om het teeltsubstraat minder aantrekkelijk te maken voor eileg.

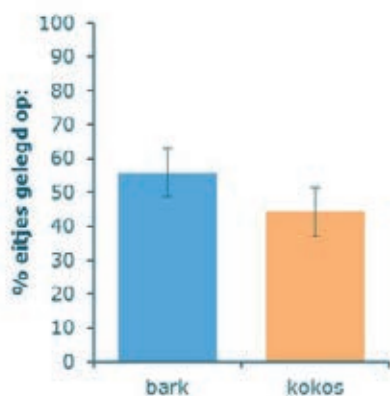
7.1 Kleinschalige keuze-tests in kweekkooien

In een eerste kleinschalige keuzetest is onderzocht of *L. cambria* vrouwtjes een voorkeur hebben om hun eitjes op kokos- of barksubstraat te leggen. In een tweede kleinschalige keuzetest is onderzocht of *L. cambria* vrouwtjes een voorkeur hebben voor het afzetten van eitjes op a) kweekbakjes met 'oude bark' met hierop resten van een pas uitgekomen *L. cambria* pop en prooimijten, b) kweekbakjes met 'oude bark' met hierop een jonge *L. cambria* pop met prooimijten, c) kweekbakjes met 'nieuwe bark' zonder prooimijten, of d) kweekbakjes zonder bark, met alleen oase. De keuze-tests zijn uitgevoerd in kweekkooien (zie Figuur 2.7B) bij 28 °C en 70% RV. Van de eerste keuzetest zijn 7 herhalingen, en van de tweede keuzetest zijn 4 herhalingen uitgevoerd, waarbij de behandelingen (kweekbakjes of petrischalen met kokos- of barkstukjes op vochtige watten geplaatst) steeds van plek in de kweekkooi zijn gewisseld tussen de herhalingen.

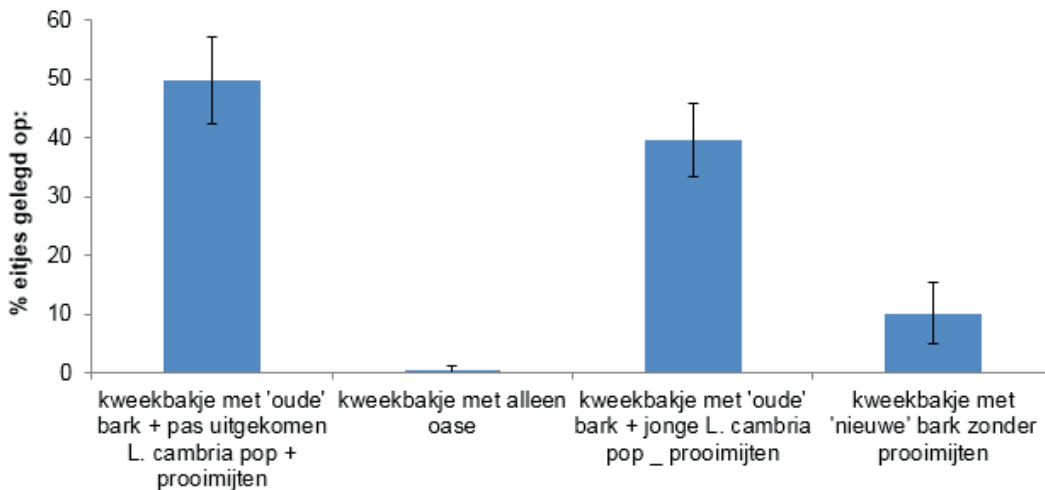
Lyprauta cambria vrouwtjes bleken geen voorkeur te hebben voor substraattypen (bark- of kokos) (zie Figuur 7.2). Wel lieten de *L. cambria* vrouwtjes in het tweede keuze-experiment een sterke voorkeur voor de plek van ei-afzet zien (GLM, $P = 0.001$). Verreweg de meeste eitjes waren afgezet in de twee behandelingen van kweekbakjes met 'oude bark', prooimijten en (resten van) een *L. cambria* pop. Welke van de eigenschappen van deze kweekbakjes precies de aantrekking heeft veroorzaakt moet verder worden uitgezocht.



Figuur 7.1 Verschillende behandelingen van keuze-experiment 2, met van links naar rechts: controle (kweekbakje zonder bark), kweekbakje met 'nieuwe' bark zonder prooimijten, kweekbakje met 'oude' bark met daarop een jonge *L. cambria* pop met prooimijten, en kweekbakje met 'oude' bark met daarop een jonge *L. cambria* pop met prooimijten.



Figuur 7.2 Percentage eitjes van *L. cambria* gelegd op bark- of kokossubstraat in een keuze-experiment met 7 herhalingen.



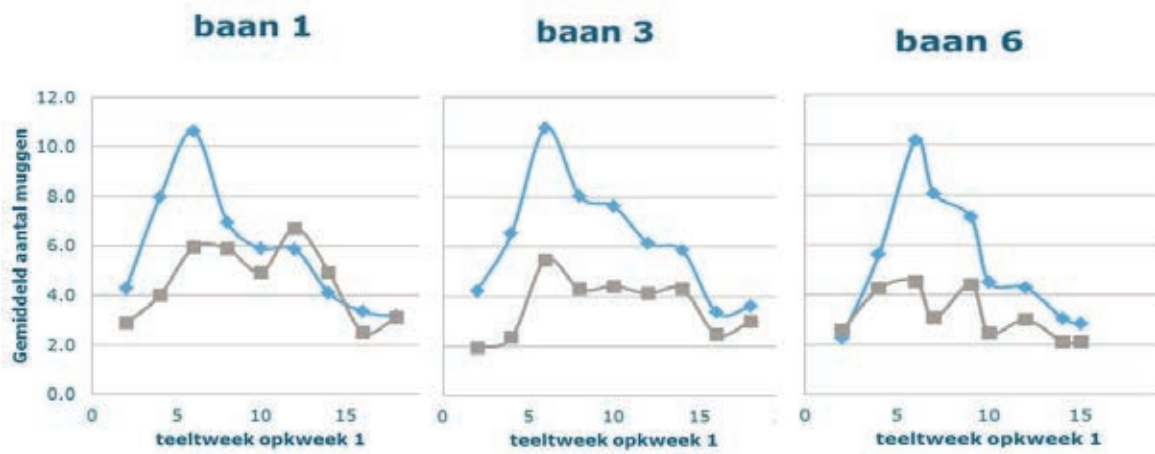
Figuur 7.3 Percentage eitjes van *L. cambria* gelegd in kweekbakjes met 4 verschillende behandelingen in een keuze-experiment met 4 herhalingen..

7.2 Onderzoek naar invloed leeftijd Phalaenopsis plant op eifzet *Lyprauta cambria*

Achtergrond en doelstelling. Bij een inventarisatie van vangsten van vanglampen op een Phalaenopsis kwekerij is een piek in het aantal gevangen *L. cambria* muggen waargenomen in lampen die boven 6 weken oude planten hingen (zie Figuur 7.4). De vraag is of deze piek kan worden verklaard door een voorkeur van *L. cambria* vrouwtjes om eitjes af te zetten in de bark van planten van een bepaalde leeftijd, en zo ja, of de muggen die in de vanglampen werden gevonden a) muggen waren die zich in de bark van de 6-weken oude planten hadden ontwikkeld (en dus voortkwamen uit eitjes die waren gelegd toen deze planten 0-2 weken oud waren) of b) muggen waren die van elders uit de kas kwamen en juist werden aangetrokken door de geur van 6 weken oude planten. Om dit verder te onderzoeken is een keuze-proef opgezet in de kas, bij klimaatomstandigheden zoals omschreven in hoofdstuk 5.1.

Werkwijze. In grote kooien (zie Figuur 7.5) zijn steeds twee 0-2 weken oude planten en twee 5-7 weken oude planten geplaatst in diagonaal tegenoverstaande hoeken van de kooi (zie Figuur 7.6). Voor het oppotten zijn jonge planten gecontroleerd op wortelschade. In elke kooi is vervolgens een volwassen *L. cambria* vrouwtje samen met een *L. cambria* mannetje geïntroduceerd, welke gedurende 1 dag de kans kreeg om eitjes te leggen. De volwassen *L. cambria* muggen waren op een praktijkbedrijf verzameld met vanglampen die zo waren aangepast dat de muggen levend konden worden gevangen. De proef is in 12 herhalingen uitgevoerd, met in totaal 48 planten. Drie weken na de introductie van de muggen is de bark in alle potten gecontroleerd op de aanwezigheid *L. cambria* larven en zijn de wortelpunten van alle planten gecontroleerd op vraatschade door *L. cambria*. Gedurende de hele proef hebben de planten elke 4-5 dagen water gekregen.

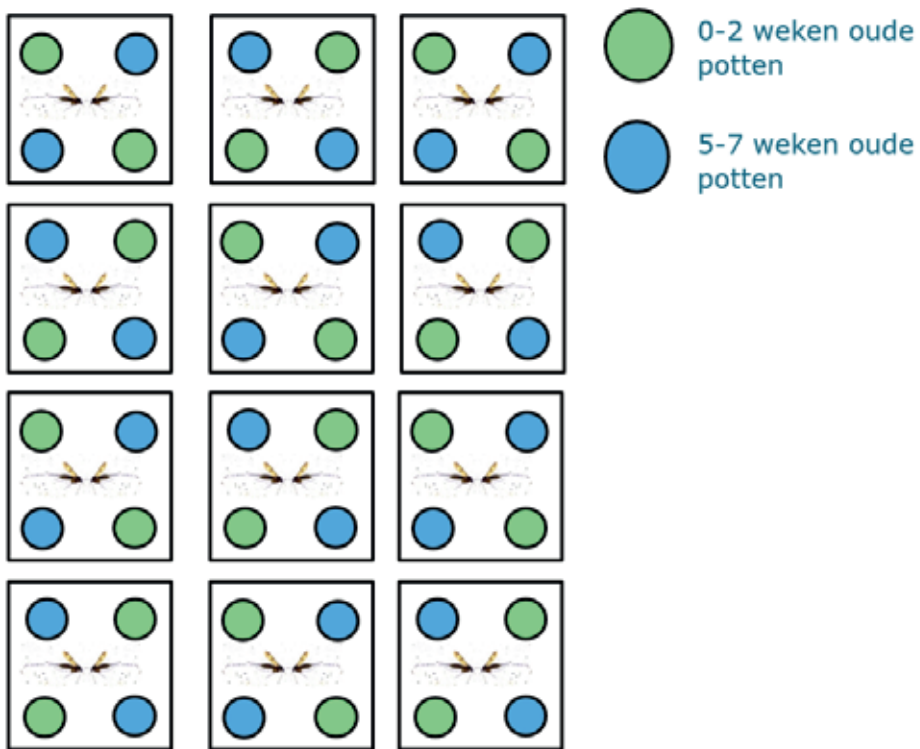
Resultaten. In geen van de potten konden *L. cambria* larven worden teruggevonden, en bij slechts 2 van de planten werd vraatschade door *L. cambria* aan de wortelpunten geconstateerd. Of dit kwam doordat de *L. cambria* vrouwtjes geen eitjes hadden gelegd en/of doordat de eitjes of jonge larven niet hebben overleefd is niet duidelijk. Wanneer besloten wordt de proef te herhalen zullen er meer *L. cambria* vrouwtjes per kooi worden geïntroduceerd en/of zullen ze gedurende een langere tijdsperiode de kans krijgen om eitjes te leggen.



Figuur 7.4 Lyprauta druk (aantal muggen in vanglampen) per teeltweek bij een Phalaenopsis kwekerij. Data uitgewerkt door René Janssen, Horticoop.



Figuur 7.5 Kooien met planten voor de *L. cambria eileg* keuze-proef tussen planten van verschillende leeftijden in de kas.



Figuur 7.6 Proefopzet keuze-proef eileg van *L. cambria* tussen planten van verschillende leeftijden in grote kooien in de kas.

8 Conclusies en voortgang

Hoewel het onderzoeksproject helaas nog geen duidelijke oplossingen heeft opgeleverd voor de bestrijding van langhoornmuggen, zijn er wel verschillende aanknopingspunten gevonden die naar een oplossing zouden kunnen leiden.

Uit het onderzoek komt naar voren dat *Lyprauta cambria* larven primair prederen op andere bodemorganismen, zoals mijten, springstaarten en larven van mugjes en vliegen. De *L. cambria* larven kunnen dan ook worden gekweekt zonder plantmateriaal. Een belangrijke vraag is daarom waarom en onder welke omstandigheden de *L. cambria* larven aan de wortelpunten eten. Mogelijk levert de observatie dat *L. cambria* larven van slakkenkorrels eten, welke voornamelijk uit zetmeel bestaan, hiervoor een verklaring. Het zou kunnen dat de *L. cambria* larven van de wortelpunten eten om suikers binnen te krijgen welke worden uitgescheiden in wortellexudaten. Aanvulling van het dieet van *L. cambria* met slakkenkorrels resulteerde in een betere overleving van larve tot adult (zie Hoofdstuk 2.2). Ook is het effect van toevoeging van een zetmeel- of suikerbron aan de bark op de schade van *L. cambria* larven aan de wortelpunten onderzocht (zie Hoofdstuk 5.2). Hoewel er een trend was gevonden die duidde op minder wortelschade bij toevoeging van zetmeel of suiker, was deze uitkomst niet statistisch significant en moet de proef worden uitgebreid met meer herhalingen.

Op de ontdekking dat *L. cambria* larven hun dieet van kleine prooien aanvullen met koolhydraten kon nog een perspectievolle oplossingsrichting worden geformuleerd: namelijk de ontwikkeling van een attract- en kill methode voor *L. cambria* larven, waarbij koolhydraten en/of suikers als lokstof/voedings-stimulant in de 'attract' component kunnen dienen. In Hoofdstuk 4.5 is beschreven hoe deze strategie is gebruikt voor het testen van een product gebaseerd op het toxische eiwit van *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti). Hierbij is het Bti product door zetmeel gemengd en in de vorm van zetmeel bolletjes aangeboden aan de *L. cambria* larven. Ondanks dat *L. cambria* larven van de zetmeel bolletjes hadden gegeten, had het Bti product geen dodend effect op de larven. Wel zouden andere biologische middelen kunnen worden gebruikt in een 'attract & kill' methode voor *L. cambria* larven. Insectparasitaire aaltjes lijken hiervoor een goed perspectief te bieden. Uit eerder onderzoek blijkt dat insectparasitaire aaltjes, in een geforceerde labopstelling, *L. cambria* larven konden infecteren. Slechts 25% van de *L. cambria* larven overleefde de behandeling met de aaltjes tov 92% in de controlebehandelingen (Pijnakker *et al.* 2006). Directe toevoeging van insectparasitaire aaltjes aan de bark was echter niet succesvol, omdat de aaltjes slecht overleven in de bark en niet voldoende mobiel zijn om *L. cambria* larven te infecteren (Pijnakker and Lemans 2013). Door de aaltjes te formuleren in pellets/capsules zou a) de overleving van de aaltjes in de bark kunnen worden verbeterd, en b) *L. cambria* larven onder toevoeging van een voedings-stimulant/lokstof kunnen worden gestimuleerd om van de pellets/capsules te eten en op deze manier in aanraking te komen met de aaltjes. Op deze manier hoeven de aaltjes niet zelf 'op zoek' naar *Lyprauta* larven. Er bestaan reeds capsules van pure alginaat met aaltjes, met als hoofddoel van deze formulering het verlengen van de levensduur van de aaltjes. *Lyprauta cambria* larven eten echter niet van puur alginaat. Door het toevoegen van een voedings-stimulant van suikers/koolhydraten aan alginaat kunnen de capsules wel aantrekkelijk worden gemaakt om te worden opgegeten door de *L. cambria* larven. In een vervolgproject worden alginaatcapsules met insectparasitaire aaltjes verder ontwikkeld voor de bestrijding van *L. cambria* larven.

Verder blijkt uit dit onderzoek dat de mogelijkheden voor bestrijding van *Lyprauta* met bestaande roofkevers, oorwormen en sluipwespen erg lastig is (zie Hoofdstuk 4.1 tm 4.3). Hoewel de Europese oorworm zorgde voor een reductie in de overleving van de *L. cambria* larven in kweekbakjes, is de kans groot dat dit een indirecte vorm van bestrijding betrof waarbij de oorwormen de prooien van *L. cambria* larven wegvraten. De roofkever *D. coriaria* bestreed in een labproef in afwezigheid van ander voedsel wel de eitjes van *L. cambria*, maar niet de larven. Uit het onderzoek is echter ook gebleken dat *D. coriaria* zich niet goed in het barksubstraat kon vestigen, waardoor een eventueel bestrijdend effect op de eitjes verwaarloosbaar lijkt. De sluipwesp *Megastylus woelkei* bleek op het orchideeënbedrijf waar hij was ontdekt de populatie langhoornmuggen (zowel *Lyprauta* als *Proceroplatus*) zeer goed te hebben bestreden. Doordat de soort een specialist is op langhoornmug larven is het echter zeer lastig om de soort op grote schaal te gaan kweken.

De bestrijding van langhoornmuggen met roofvliegen biedt mogelijk betere perspectieven (zie Hoofdstuk 4.4). Tijdens verkennende experimenten zijn meerdere succesvolle aanvallen van roofvliegen op *L. cambria* muggen waargenomen. Hoewel roofvliegen niet commercieel beschikbaar zijn, lijkt een open kweekstelsel voor roofvliegen wel goede mogelijkheden te bieden. Hiermee zou een populatie van roofvliegen in de Phalaenopsis kassen kunnen worden gehandhaafd. Er is nog wel onderzoek nodig voor de ontwikkeling van een gebruiksvriendelijk open kweekstelsel voor roofvliegen. Ook zou verder onderzoek moeten uitwijzen in hoeverre de larven van roofvliegen een bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van de larven van langhoornmuggen.

Van de roofmijt *Macrocheles robustulus* was reeds bekend dat ze in een geforceerde labopstelling jonge larven van *L. cambria* kunnen opeten, maar niet de oudere larven (Pijnakker *et al.* 2006). Of dit ook in de bark gebeurt, waar nog veel meer alternatief voedsel aanwezig is voor *M. robustulus* roofmijten, is nog steeds de vraag. Uit vervolgonderzoek van Pijnakker en Leman (2013) had *M. robustulus* zich niet goed in de bark gevestigd en kon geen significante bestrijding van *L. cambria* worden waargenomen. Binnen dit project is geen verder onderzoek gedaan naar de directe bestrijding van *L. cambria* door *M. robustulus*.

Wel is er gekeken of *L. cambria* larven ook op een indirecte manier kunnen worden bestreden door *M. robustulus* en *D. coriaria*. Aanleiding hiervoor waren de resultaten uit hoofdstuk 5.1 waarbij is gevonden dat een grotere hoeveelheid prooien samenhangt met een betere overleving van de *L. cambria* larven en meer wortelschade bij een normaal vochtgehalte van de bark. De hypothese was dat *L. cambria* larven ook indirect zouden kunnen worden bestreden door bodempredatoren die de potentiële prooien van *L. cambria* larven konden reduceren. Echter bleek uit de proeven beschreven in Hoofdstuk 6 dat bij een wekelijkse introductie met een overmaat aan *D. coriaria* en *M. robustulus* er onvoldoende effect was op het aantal potentiële prooien in het barksubstraat. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat het terugdringen van het aantal prooiorganismen door bodempredatoren geen perspectiefvolle manier is om *L. cambria* te bestrijden.

Verder blijkt uit de keuzeproeven met *L. cambria* vrouwtjes dat de vrouwtjes een uitgesproken voorkeur hadden om eitjes te leggen in kweekbakjes met 'oude' bark met hierop prooimijten en (resten van) *L. cambria* poppen. Welke factoren ten grondslag liggen aan de aantrekking van deze kweekbakjes voor het leggen van eitjes door *L. cambria* is nog niet duidelijk. Uit een vervolgprouf waarbij *L. cambria* vrouwtjes de keuze hadden om eitjes te leggen in Phalaenopsis planten die 0-2 weken daarvoor waren opgepot en Phalaenopsis planten die 5-7 weken daarvoor waren opgepot konden geen conclusies worden getrokken. Verder onderzoek naar factoren die eileg door *L. cambria* vrouwtjes stimuleren zou mogelijk handvaten kunnen geven om het teeltsubstraat minder aantrekkelijk te maken voor eileg en/of de vrouwtjes weg te lokken.

Tenslotte is het belangrijk om te vermelden dat het onderzoek dat in dit rapport staat beschreven zich voornamelijk op *Lyprauta cambria* heeft gericht. Uit de inventarisatie beschreven in Hoofdstuk 3 is echter gebleken dat naast *L. cambria* de soort *Proceroplatus trinidadensis* op verreweg de meeste bedrijven ook voorkomt. Het is nog niet duidelijk of *P. trinidadensis* in dezelfde mate als *L. cambria* schade aan de wortelpunten veroorzaakt. Deze kennis is echter wel nodig om beter in te kunnen schatten waar en wanneer moet worden ingegrepen met controlemaatregelen.

Literatuur

- Benoit, T. G., K. A. Newnam, and G. R. Wilson. 1995.
Correlation between alkaline activation of *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki spores and crystal production. *Current Microbiology* **31**:301-303.
- Chandler, P. J., and J. Pijnakker. 2009.
Tropical fungus gnats established in nurseries in the Netherlands (Diptera: Keroplatidae and Mycetophilidae). *Br. J. Ent. Nat. Hist.* **22**:81-93.
- Du, C., P. A. W. Martin, and K. W. Nickerson. 1994.
Comparison of disulfide contents and solubility at alkaline pH of insecticidal and noninsecticidal *Bacillus thuringiensis* protein crystals. *Applied and Environmental Microbiology* **60**:3847-3853.
- Evenhuis, N. L. 2006.
Catalog of the Keroplatidae of the World (Insecta: Diptera). . *Bishop Mus Bull Entomol.* **13**:1-178.
- Frouz, J., R. J. Lobinske, A. Yaqub, and A. Ali. 2007.
Larval gut pH profile in pestiferous *Chironomus crassicaudatus* and *Glyptotendipes paripes* (Chironomidae: Diptera) in reference to the toxicity potential of *Bacillus thuringiensis* serovar israelensis. *Journal of the American Mosquito Control Association* **23**:355-358.
- Humala, A. E., M. Kruidhof, and J. B. Woelke. 2017.
New species of *Megastylus* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Orthocentrinae) reared from larvae of Keroplatidae fungus gnats (Diptera) in a Dutch orchid greenhouse. *Journal of Natural History* **51**:83-95.
- Pijnakker, J., and A. Leman. 2013.
Biologische en chemische bestrijding van *Lyprauta* sp. in Phalaenopsis. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Pijnakker, J., P. Ramakers, A. Kromwijk, E. d. Groot, and M. v. Slooten. 2006.
Bestrijding van *Lyprauta* spp., geïntroduceerde muggensoorten in Nederlandse potorchideeen., *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Glastuinbouw, Wageningen.*
- Pijnakker, J., P. Ramakers, A. Leman, and D. Ludeking. 2010.
Inventarisatie van muggenlarven in de sierteelt onder glas. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen.

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



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-784

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, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten 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.