



Nieuwe methoden voor bestrijding van bodemplagen in de glastuinbouw en zomerbloemen

Deel 2: Literatuurstudie rouwmuggen (Sciaridae) en oevervliegen (Ephydridae)

Marjolein Kruidhof

Rapport WPR-786

Referaat

Dit rapport is een literatuurstudie naar de biologie, gedrag, preventie en biologische bestrijding van rouwmuggen (Sciaridae) en oevervliegen (Ephydriidae). Deze hinderlijke muggen en vliegen komen zeer algemeen voor in de glastuinbouw. Ze veroorzaken cosmetische schade op de bladeren door hun uitwerpselen, kunnen sporen van schimmelziekten zoals Fusarium en Pythium overbrengen en zorgen voor hinder voor telers en consumenten. Rouwmuggen vormen voornamelijk een probleem voor de opkweek van jonge planten en in de champignonindustrie. Rouwmuglarven voeden zich voornamelijk met schimmels, maar ze kunnen ook van de wortels van veel gewassen eten en zo schade veroorzaken. Oevervliegen voeden zich voornamelijk met algen en veroorzaken geen directe vraatschade aan gewassen. In deze literatuurstudie is speciale aandacht besteed aan de invloed van het teeltsubstraat op de aantrekkelijkheid voor eileg en geschiktheid voor de ontwikkeling van rouwmuggen en oevervliegen. Deze informatie vormt de basis voor het onderzoek dat wordt beschreven in het rapport 'Nieuwe methoden voor bestrijding van bodemplagen in de glastuinbouw en zomerbloemen: Deel 3 'Attract- en kill' strategieën voor de bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen'.

Abstract

This report is a literature study on the biology, behaviour, prevention and biological control of sciarid flies (Sciaridae) and shore flies (Ephydriidae). These noxious flies are widely present in greenhouse horticulture. They can cause cosmetic damage to the leaves through their faeces, can carry spores of fungal diseases like Fusarium and Pythium and when reaching large numbers they become annoying to both growers and consumers. Sciarid flies form predominantly a problem in the cultivation of young plants and mushrooms. Their larvae feed primarily on fungi, but can also eat from the roots of many crop species and cause damage. Shore flies feed primarily on algae, and do not directly harm the crop. In this literature review, special attention is given to the effect of the composition of the growing medium on its attractiveness for egg deposition, and its suitability for the development of sciarid flies and shore flies. This information forms the basis of the research that is described in the report 'New methods for the control of soil pests in greenhouse horticulture and annual flowers: part 3 Attract- and kill strategies for the control of sciarid flies and shore flies.'

Rapportgegevens

Rapport WPR-786

Projectnummer: 3742202500

PT nummer: 15139

DOI nummer: 10.18174/454216

Thema: Gewasgezondheid

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van Stichting TKI Tuinbouw, Ministerie van Economische Zaken, Coöperatie Eénjarige Zomerbloeiërs, Productschap Tuinbouw, Syngenta BV, Florensis BV en Horticoop 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 verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Achtergrondinformatie rouwmuggen en oevervliegen	7
	1.1 Rouwmuggen in de glastuinbouw	7
	1.2 Herkenning en levenscyclus van rouwmuggen	7
	1.3 Oevervliegen (Ephydridae) in de glastuinbouw	8
	1.4 Herkenning en levenscyclus van oevervliegen	8
2	Monitoring en preventie	11
	2.1 Monitoring van rouwmuggen en oevervliegen	11
	2.2 Hygiënemaatregelen tegen rouwmuggen en oevervliegen	11
	2.3 Invloed van algen en teeltsubstraat op oevervliegen	12
	2.4 Invloed van teeltsubstraat op rouwmuggen	13
	2.4.1 Geschiktheid van het teeltsubstraat voor de ontwikkeling van rouwmuglarven	13
	2.4.2 Aantrekkelijkheid van het teeltsubstraat voor eileg door rouwmuggen	14
	2.4.3 Aantrekkelijkheid van geuren van teeltsubstraat en bijbehorende micro-organismen voor volwassen rouwmuggen	15
	2.5 Plantschade door rouwmuggen en plantweerbaarheid	15
	2.6 Geurstoffen met mogelijk repellente werking tegen rouwmuggen	16
3	Biologische bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen	19
	3.1 Insectparasitaire aaltjes	19
	3.2 Bodemroofmijten	20
	3.3 <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>Israelensis</i>	21
	3.4 Insectpathogene schimmels	21
	3.5 Sluipwespen	22
	3.6 Kortschildkevers	22
	3.7 Roofvliegen	23
4	Gebruikte literatuur	25

Samenvatting

Rouwmuggen (Sciaridae) en oevervliegen (Ephydriidae) komen zeer algemeen voor in de glastuinbouw. Rouwmuggen vormen voornamelijk een probleem voor de opkweek van jonge planten en in de champignonindustrie. Rouwmuglarven voeden zich voornamelijk met schimmels, maar ze kunnen ook van de wortels van veel gewassen eten en zo schade veroorzaken. In tegenstelling tot rouwmuglarven veroorzaken oevervliegen geen directe vraatschade. Zowel de larven als volwassen oevervliegen voeden zich voornamelijk met algen. De volwassen vliegen kunnen echter wel cosmetische schade veroorzaken op de bladeren door hun uitwerpselen. Verder kunnen zowel oevervliegen als rouwmuggen sporen van schimmelziekten zoals *Fusarium* en *Pythium* overbrengen. Tenslotte zijn grote aantallen rouwmuggen en oevervliegen hinderlijk voor telers en consumenten. Voor deze literatuurstudie zijn meer dan 100 wetenschappelijke studies geraadpleegd om de verschillende aspecten van de biologie en gedrag, monitoring en preventie en biologische bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen in kaart te brengen.

Monitoring. Zowel rouwmuggen als oevervliegen kunnen worden gemonitord met behulp van gele vangplaten. Wanneer deze vangplaten horizontaal worden geplaatst, resulteert dit in hogere vangsten van adulten dan wanneer de vangplanten verticaal worden geplaatst. Om de aanwezigheid van rouwmuglarven in het teeltsubstraat aan te tonen kunnen schijfjes rauwe aardappel op het teeltsubstraat worden geplaatst. Deze tactiek werkt echter niet voor de larven van oevervliegen. Rouwmuggen vertonen een sterke aantrekking tot licht, met name tot LED in het UV spectrum. Verder produceren rouwmuggen sexferomonen, maar deze feromonen zijn tot op heden niet chemisch gekarakteriseerd.

Preventie. Ter preventie van rouwmuggen moet worden uitgekeken met het toevoegen van organische stof aan het teeltsubstraat, omdat rouwmuggen hier goed op gedijen. Verder moeten resten van grond, substraat en/of gewasresten snel worden afgevoerd. Algengroei, welke de ontwikkeling van oevervliegen in de hand werkt, kan worden voorkomen door het tegengaan van de vorming van natte plekken, met name van plekken met voedingsoplossingen. Verder moeten opgeslagen voorraden van substraat goed worden afgesloten, met name als het een substraat een hoog organische stofgehalte heeft. Een drogere toplaag van het substraat kan eileg en ontwikkeling van rouwmuggen reduceren. Verder is aangetoond dat grondsoorten met een hoger percentage zand een droger oppervlakte hebben, waardoor minder algengroei optreedt en de ontwikkeling van oevervliegen moeizamer verloopt.

Bestrijding met natuurlijke vijanden. Verschillende soorten biologische bestrijders kunnen worden ingezet om rouwmuggen en oevervliegen te bestrijden. Bodemroofmijten kunnen een goede bijdrage leveren aan de bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen mits ze in voldoende hoge aantallen aanwezig zijn. Met zogenaamde open kweeksystemen konden de populaties van bodemroofmijten sterk worden gestimuleerd (Pijnakker *et al.* 2014). De roofkever *Dalotia* (voorheen *Atheta*) *coriaria* kan rouwmuglarven ook goed bestrijden, maar het effect van deze roofkevers op oevervliegen is niet bekend. Sluipwespen van rouwmuggen en oevervliegen worden tot op heden niet commercieel geproduceerd, maar komen wel vaak spontaan voor in de kas. De soorten sluipwespen van rouwmuggen en oevervliegen die in de kassen voorkomen zijn echter nog niet goed in kaart gebracht, en over hun biologie is op een enkele uitzondering na nog weinig tot niets bekend. Wel is uit enkele studies bekend dat bepaalde sluipwespen een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen. Een andere bestrijder die niet commercieel geproduceerd wordt, maar ook vaak spontaan optreedt in kassen en een goede bijdrage kan leveren aan de bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen is de roofvlieg *Coenosia attenuata*. Deze roofvlieg kan zowel de larven als de volwassen muggen en vliegen bestrijden.

Bestrijding met micro-organismen. Met behulp van insectparasitaire aaltjes kunnen de larven van zowel rouwmuggen als oevervliegen goed worden bestreden. Ze moeten echter wel frequent worden toegepast. De frequentie van de toepassingen moet worden afgestemd op de ontwikkelingssnelheid, welke afhankelijk is van de teelttemperatuur, en het type substraat. In steenwol blijken de aaltjes minder goed te overleven als in potgrond. De bodembacterie *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) kan ook rouwmuggen bestrijden door de toxische eiwitten die deze bacterie produceert. Ook voor het Bti product geldt dat het door de beperkte werkingsduur regelmatig moet worden toegepast. Het aantal publicaties dat naar de werking van Bti tegen oevervliegen heeft gekeken is beperkt tot één studie, waaruit blijkt dat Bti geen effect heeft op oevervliegen in steenwol. Commercieel beschikbare entomopathogene schimmels zijn tot dusver niet erg effectief gebleken tegen rouwmuggen en oevervliegen. Wel hebben (Stanghellini and El-Hamalawi, 2005) een sterk effect tegen oevervliegen gevonden van een niet-commercieel *Beauveria bassiana* isolaat, welke ze zelf uit oevervliegen hadden geïsoleerd.

Geschiktheid teeltsubstraat voor rouwmuggen. In puur veensubstraat of kokossubstraat waar geen planten in groeien kunnen vrijwel geen rouwmuggen uit eitjes ontwikkelen (Olson *et al.* 2002). In de wortelzone van planten, waar wortellexudaten worden uitgescheiden en micro-organismen kunnen ontwikkelen, kunnen rouwmuglarven zich wel ontwikkelen. Ook wanneer organisch materiaal wordt toegevoegd aan substraat kunnen rouwmuglarven zich goed ontwikkelen. Schimmels vormen de voornaamste voedselbron voor rouwmuglarven. Niet alle schimmelsoorten zijn echter even geschikt als voedselbron voor de larven. Zo werd in 3 studies gevonden dat rouwmuglarven zich niet goed konden ontwikkelen op *Trichoderma (atro)viride* (Anas and Reeleder 1988, Frouz and Novakova 2001, Kühne and Heller 2011). Verder is ook het vochtgehalte van het teeltsubstraat van invloed op de overleving van rouwmuggen van ei tot adult. Zowel een te hoog als een te laag vochtgehalte benadeelt de ontwikkeling van rouwmuggen (Olson *et al.* 2002). Verder kan een relatief droge toplaag de overleving van rouwmug eitjes tegengaan (Van Epenhuijsen *et al.* 2001).

Aantrekkelijkheid teeltsubstraat voor rouwmuggen. Cloyd *et al.* (2007b) hebben sterke verschillen gevonden in de aantrekkelijkheid voor volwassen rouwmuggen van de soort *Bradysia coprophila* voor twee organische substraatsoorten, zand en perliet. Deze verschillen bleken gecorreleerd te zijn aan verschillen in geur. den. Verder bleken ook pure schimmelculturen te verschillen in aantrekkelijkheid voor eileg voor *Lycoriella ingenua* rouwmuggen (Frouz and Novakova 2001). Er zijn echter nog geen studies bekend waarin de aantrekkelijkheid van geuren van verschillende substraat-samenstellingen voor de rouwmug soort die in de Nederlandse glastuinbouw voorkomt, namelijk *Bradysia difformis* (= *B. paupera*), is onderzocht.

1 Achtergrondinformatie rouwmuggen en oevervliegen

1.1 Rouwmuggen in de glastuinbouw

Rouwmuggen (Sciaridae) komen zeer algemeen voor in de glastuinbouw en vormen voornamelijk een probleem voor de opkweek van jonge planten en in de champignonindustrie. De belangrijkste schadelijke soorten in de tuinbouw behoren tot *Lycoriella spp.* en *Bradysia spp.* *Bradysia difformis* (= *B. paupera*) is één van de meest voorkomende soorten rouwmuggen in de glastuinbouw in Europa (Harris *et al.* 1996), en dit is ook de soort die in Nederlandse kassen is gevonden. *Bradysia coprophila* (Lintner) en *Bradysia impatiens* (Johannsen) komen veel in Noord-Amerikaanse kassen voor (Cloyd and Zaborski 2004).

Rouwmuglarven voeden zich voornamelijk met schimmels (Kennedy 1974), maar ze kunnen ook van de wortels van veel gewassen eten en zo schade veroorzaken. Ze hebben een voorkeur voor wortels die zijn aangetast door plant-pathogene schimmels en bacteriën (Braun *et al.* 2012). Tegelijkertijd kan de vraatschade aan wortels weer invalspoor voor ziekteverwekkers vormen. Volwassen rouwmuggen eten niet en veroorzaken dus geen directe schade aan het gewas. Echter spelen ze wel een actieve rol in de verspreiding van sporen van ziekteverwekkers (Gardiner *et al.* 1990, Jarvis *et al.* 1993, El-Hamalawi 2008, Scarlett *et al.* 2014). Verder zijn grote aantallen rouwmuggen hinderlijk voor telers en consumenten (Cimarra *et al.* 1999).

1.2 Herkenning en levenscyclus van rouwmuggen

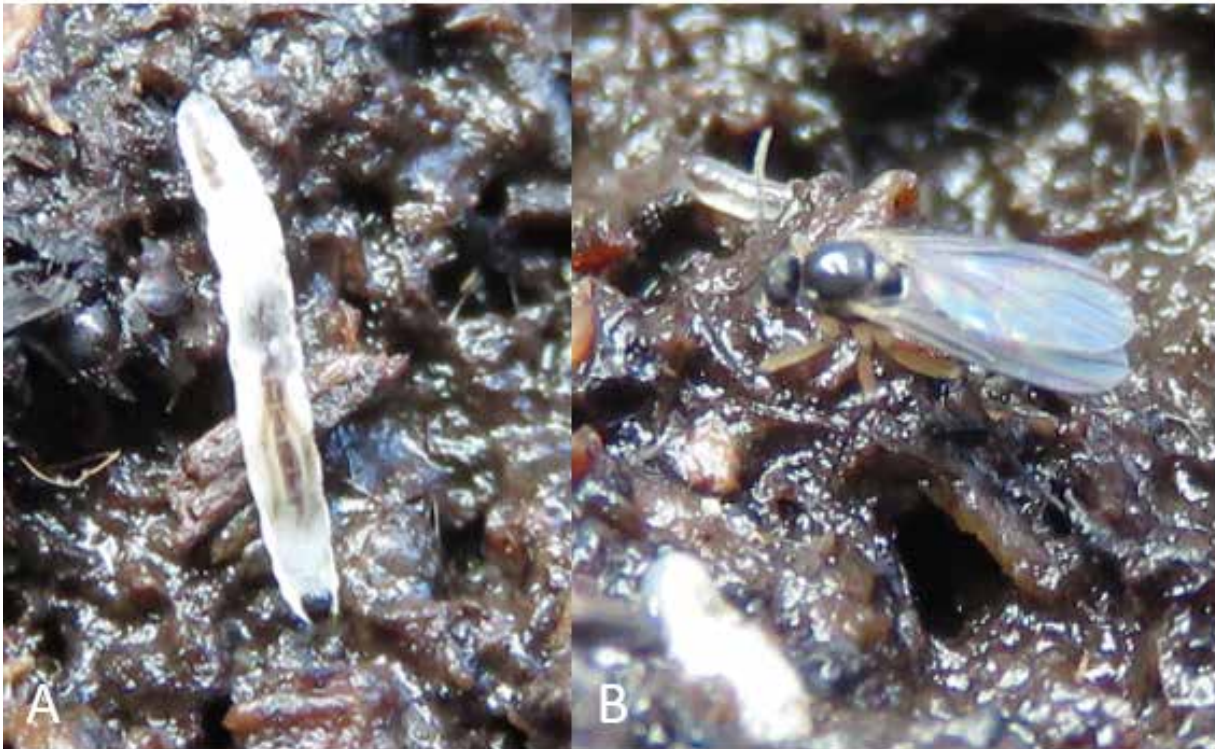
Volwassen rouwmuggen zijn klein (± 2.5 mm), hebben relatief lange antennes en poten, en een karakteristieke Y-vormige vleugelader. De larven zijn doorzichtig/wit en hebben een zwarte kop (Zie Figuur 1.1).

Chandler *et al.* (2011) hebben de ontwikkelingstijd van *Bradysia difformis* bij verschillende temperaturen onderzocht. Hieruit blijkt dat de *B. difformis* zich niet ontwikkelt onder de 10 °C. Bij 15 °C duurt het larvenstadium maar liefst 3x zo lang als bij 25 °C. Van *B. difformis* is nooit wetenschappelijk bepaald hoeveel eitjes een vrouwtje kan leggen. Voor *Bradysia coprophila* schatten Cloyd en Sadof (2003) dat een vrouwtje tijdens haar leven tussen de 100 en 200 eitjes legt.

Tabel 1

Ontwikkelingstijd (in dagen) van de rouwmug Bradysia difformis bij verschillende temperaturen (Chandler et al. 2011).

Temperatuur	Ei	Larve	Pop	Volwassene	Totaal
10 °C	14				
15 °C	7	16	7	4	34
20 °C	6	8	4	3	21
25 °C	6	5	3	3	17
30 °C	5	5	3	3	15



Figuur 1.1 Larve (A) en adult (B) van de rouwmug *Bradysia difformis* (Sciariidae)

1.3 Oevervliegen (Ephydriidae) in de glastuinbouw

In de glastuinbouw kunnen, met name in de zomer, grote aantallen oevervliegen optreden. In tegenstelling tot rouwmuggen veroorzaken oevervliegen geen directe vrachtschade aan het gewas. Echter kunnen ze wel cosmetische schade veroorzaken op de bladeren door hun uitwerpselen. Bovendien zijn grote aantallen oevervliegen hinderlijk voor medewerkers en kunnen ze allergische huidreacties en astma veroorzaken (Van Epenhuijsen *et al.* 2001). Verder kunnen ze net als rouwmuggen sporen van schimmelziekten zoals *Fusarium* en *Pythium* overbrengen (Goldberg and Stanghellini 1990, Corbaz and Fischer 1994).

In de natuur komen oevervliegen voor in moerassen en bij oevers van rivieren en meren, maar ook in meer extreme habitats, zoals kwelders, warmwaterbronnen, mangrovemoerassen en zelfs olievelden (Foote 1995). In de glastuinbouw is voornamelijk alleen de soort *Scatella tenuicosta* gevonden, welke eerder incorrect was geïdentificeerd als *S. stagnalis*. Niet alleen in de glastuinbouw, maar ook in de veeteelt zijn er problemen met oevervliegen; sommige varkenshouders hebben problemen met uitbraken van de soort *Scatella fusca*, ook wel de "urinevlieg" genoemd.

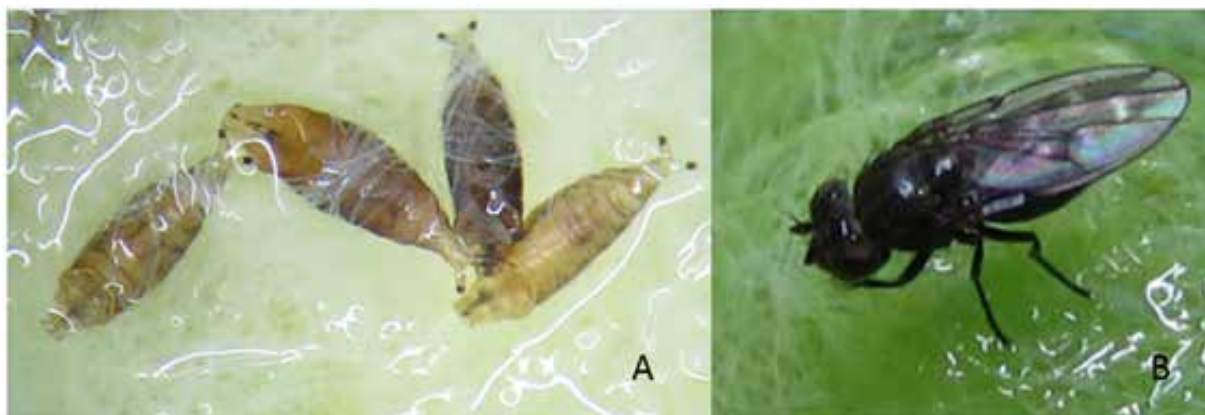
Groene algen vormen de voornaamste voedselbron van oevervliegen (Diptera; Ephydriidae) (Zack and Foote 1978, Jacobson and Croft 1997; 1999), en zowel de larven als de volwassen oevervliegen voeden zich hiermee.

1.4 Herkenning en levenscyclus van oevervliegen

Oevervliegen zijn kleine, donkergrijze vliegen tussen de 3 en 5 mm groot. Ze hebben een robuust lichaam en korte poten en antennes en kunnen worden herkend aan de 5 witte vlekken op een grijze vleugel (zie Figuur 1.2A). Verder missen ze de Y-vormige vleugelader die kenmerkend voor de rouwmuggen is. Ook zijn de larven geel tot bruin zonder duidelijke kop, in tegenstelling tot de witte larven met zwarte kop van de rouwmuggen. De poppen zijn bruin (zie Figuur 1.2B), met aan één kant een karakteristieke gevorkte structuur. De poppen hechten zichzelf, vaak in groepen, aan de oppervlakte van objecten of potten net boven het substraat/ wateroppervlakte.

De levenscyclus van oevervliegen omvat 6 verschillende fasen; ei, 3 larvenstadia, pop en volwassene. Oevervliegen kunnen zich bij hogere temperaturen razendsnel vermeerderen. Uit een Finse studie van Vänninen (2001), waarin de ontwikkeling van *S. tenuicosta* op steenwol is onderzocht, blijkt dat de populatie zich bij 25 °C in ongeveer 5 dagen kan verdubbelen. De studie van Ugine *et al.* (2007) rapporteert zelfs een verdubbelingstijd van de populatie van slechts 1.6 dagen bij 28.5 °C. De ontwikkelingstijd van ei tot volwassen vlieg lag in de studie van Vänninen (2001) op gemiddeld 16 dagen bij 20 °C, ruim 11 dagen bij 25 °C en 10 dagen bij gemiddeld 28.5 °C. In de studie van Ugine *et al.* (2007) ontwikkelde *S. tenuicosta* zich nog sneller; 14.5 dagen bij 20 °C, ruim 8 dagen bij 26 °C en slechts 7 dagen bij 28.5 °C.

In de studie van Vänninen (2001) leefden de mannetjes gemiddeld 22 dagen en de vrouwtjes bijna 16 dagen bij 25 °C, en legden de vrouwtjes bij deze temperatuur gemiddeld 315 eieren (ruim 20 eitjes per dag). Twee tot 3 dagen na uitkomen beginnen gepaarde vrouwtjes met het leggen van eitjes (Ugine *et al.* 2007). Ongepaarde oevervliegenvrouwtjes zijn niet in staat om nakomelingen te produceren. Bij temperaturen onder de 6.4 °C ontwikkelt *S. tenuicosta* zich niet (Vänninen, 2001). Volwassen oevervliegen konden bij 5 °C maar liefst 51 dagen overleven, en over een periode van 5 weken bij deze temperatuur overleefden ook alle poppen. Echter gingen bij een periode van 5 weken bij 5 °C wel alle eitjes dood en overleefde over eenzelfde periode bij 10 °C slechts 2% van de eitjes (Jacobson and Croft 1997).



Figuur 1.2 Poppen (A) en adult (B) van de oevervlieg *Scatella tenuis*.

2 Monitoring en preventie

2.1 Monitoring van rouwmuggen en oevervliegen

Gele vangplaten zijn geschikt om volwassen rouwmuggen oevervliegen te monitoren. Ze kunnen horizontaal boven het substraat worden gehangen voor maximale vangst, of verticaal boven het gewas voor algemene monitoring. Lindquist (1997) ving tot 300x meer rouwmuggen met horizontaal gepositioneerde vangplaten dan met verticaal gepositioneerde vangplaten.

Verder worden rouwmuggen sterk aangetrokken door licht, en hebben ze een voorkeur voor een hoge lichtintensiteit (Cloyd *et al.* 2007c). Uit een studie van Sonoda *et al.* (2014) bleek dat een LED lamp met ultraviolet licht (365 nm) meer rouwmuggen aantrok dan LED lampen met groen (525 nm) of wit licht. Met behulp van een val bestaande uit een bak met water met 1% Tween 80 met daarboven een UV-LED lamp konden maar liefst 5-7 zoveel rouwmuggen worden gevangen als met eenzelfde val zonder lichtbron. Ook het ontwerp van de val kan een grote rol spelen. Met een lichtval bestaande uit een plastic cilinder met een vangplaat gerold om een zwarte fluorescentielamp die zichtbaar blauw en UV licht uitstootte, konden 2.5 keer meer rouwmuggen worden gevangen dan met een electrocutielamp met dezelfde soort lichtbron (Ishitani *et al.* 1997). Verder bleek de toevoeging van 1% Tween 80 aan het water in de lichtval van Sonoda *et al.* (2014) een zeer sterke positieve invloed te hebben op het aantal gevangen rouwmuggen.

Alhoewel voor verschillende soorten rouwmuggen bekend is dat de vrouwtjes sexferomonen produceren (e.g. Alberts *et al.* 1981, Gotoh *et al.* 1999, Liu *et al.* 2002, Frank and Dettner 2008), zijn deze sexferomonen nog niet chemisch gekarakteriseerd. Er zijn geen lokstoffen bekend die de oevervlieg *S. tenuicosta* aantrekken en ook zijn er geen studies gedaan naar (sex)feromonen in oevervliegen.

Voor het monitoren van de larven van rouwmuggen kunnen aardappelschijfjes worden gebruikt (<http://www.greenhouse.cornell.edu/pests/pdfs/insects/SF.pdf>). Larven van de oevervlieg kunnen echter niet met behulp van aardappelschijfjes worden gelokt.

2.2 Hygiënemaatregelen tegen rouwmuggen en oevervliegen

Het tegengaan van problemen met rouwmuggen en oevervliegen begint met het nemen van de juiste hygiënemaatregelen, zoals:

- Het voorkomen van algengroei door het tegengaan van de vorming van natte plekken, met name van plekken met water dat ook meststoffen bevat.
- Het snel afvoeren van resten van grond, substraat en/of gewasresten.
- Het niet open bewaren van vochtig substraat, met name van substraat met een hoog gehalte aan organische stof.

Omdat het voorkomen van oevervliegen sterk samenhangt met algengroei, kunnen oevervliegen indirect worden bestreden door bestrijding van algen. Lindquist (1997) vermeldt dat sommige telers in de Verenigde Staten calcium hydroxide over de betonvloeren strooien om algengroei te verhinderen. Verder kan algengroei op plekken waar geen gewas staat worden bestreden met toegestane algiciden. In van der Staaij & Janse (2011) staat een lijst met middelen die kunnen worden gebruikt voor de bestrijding van algen in de glastuinbouw. Jacobson & Croft (1997) hebben een aantal algiciden getest, en de algicide met de werkzame stof quinoclamine bleek het meest effectief. Met 140 g quinoclamine per 10 liter water per 100 m² kon het aantal oevervliegen met 50% worden teruggedrogen. Quinoclamine is op de markt onder de naam Mogeton door Bayer Crop Science. Het middel mag echter slechts 1 keer per 12 maanden worden toegepast.

Het bestrijden van algen in het gewassubstraat is een lastiger verhaal. Vänninen & Koskula (1998) hebben een reeks concentraties van waterstofperoxide getest om de groei van groene algen in steenwol van komkommenzaailingen te reduceren. Een enkele toediening van 1 dl van 125 ppm waterstofperoxide op 1 week oude zaailingen of dagelijkse applicaties gedurende 3 weken van 100 ppm waterstofperoxide kon de algengroei gedurende 1 week reduceren met 40-60%, wat resulteerde in een reductie van 73-92% in het aantal oevervlieden. Beide behandelingen zorgen voor een initiële reductie in de groei van het gewas, maar deze groeiachterstand was 2 weken na de laatste behandeling met waterstofperoxide weer verdwenen. Verder bevorderen zure gronden mos- en algengroei. Door de pH van de grond te verhogen kan de algengroei worden afgeremd (van der Staaij & Janse 2011).

2.3 Invloed van algen en teeltsubstraat op oevervlieden

In de kas zijn oevervlieden meestal te vinden in op vochtige en natte plekken waar algen op potgrond, steenwol, vloeren of in goten groeien. Jacobson & Croft (1997) hebben waargenomen dat de populaties van oevervlieden in het gewas ruwweg samenhangen met het vochtgehalte van het grondoppervlak en de groei van algen op het grondoppervlak. De grondsoorten met een hoger percentage zand hadden een droger oppervlak en minder last van algen en oevervlieden, terwijl de zwaardere kleigronden veel langer nat bleven, waardoor er meer algengroei en meer oevervlieden werden waargenomen.

Kolonisatie van substraten en natte plekken met algen vindt nog sneller plaats wanneer er veel bemesting wordt toegediend. Oevervlieden kunnen zich voeden met algen van de families Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Tribophyciaea, Cyanophyceae en Euglenophyceae (Zack and Foote 1978, Blair and Foote 1984). Jacobson & Croft (1997; 1999) vonden een sterke correlatie tussen de aanwezigheid van de draadalgen *Hormidium* en *Ulothrix* spp. (Chlorophyceae) en oevervlieden in kassen waar sla werd geteeld. Ook vonden ze in deze kassen eencellige algen, waarvan *Chlorella* en *Chlamydomonas* tot de dominante soorten behoorden. De draadalgen, welke toleranter leken te zijn voor de fluctuaties in vochtigheid, kwamen het meest voor op aan de bodemoppervlakte, terwijl de eencellige algen makkelijker konden worden gekweekt. De algen die Ugine *et al.* (2007) uit Amerikaanse kassen verzamelden behoorden tot de Chlorophyceae en Cyanophyceae.

Chandler *et al.* (2011) hebben het effect van 5 verschillende substraatsoorten op de populatie-ontwikkeling van oevervlieden bepaald; a) een standaard substraat op basis van veengrond, b) een mengsel van 40% gecomposteerd groenafval en 60% veengrond, c) een mengsel van 10% gecomposteerd groenafval en 90% veengrond, d) een mengsel van 40% houtvezels en 60% veengrond, en e) een mengsel van 10% houtvezels en 90% veengrond. Deze substraten waren gekoloniseerd met in de kas voorkomende algen. Significant meer volwassen oevervlieden kwamen tevoorschijn uit het mengsel van 10% gecomposteerd groenafval en 90% veengrond dan van alle andere substraatmengsels. Dit betekent dat dit mengsel a) meer aantrekkelijk was voor eileg of b) dat dit mengsel beter geschikt was voor de larvale ontwikkeling van oevervlieden. Het is niet duidelijk welke eigenschap van het substraat de oevervlieden heeft beïnvloed. De algengroei op de verschillende soorten substraten was niet gekwantificeerd, en het zou kunnen dat verschillen in algengroei tussen de verschillende substraatsoorten (en niet de substraatsoorten zelf) de verschillen in het aantal oevervlieden hebben veroorzaakt. De substraten met gecomposteerd groenafval bleken ook consistent vochtiger te zijn dan de andere substraatmengsels.

Er is nooit onderzoek gedaan naar eileg preferenties van oevervlieden voor verschillende algen- en substraatsoorten. Ook is niet duidelijk of oevervlieden gebruik maken van geuren om een geschikt substraat te vinden om van te eten of om eitjes op te leggen. Wel is bekend dat ook algen geuren afscheiden. De geuren die worden afgescheiden door algen en geassocieerde micro-organismen zijn door Cotsaris *et al.* (1995) gegroepeerd in grasachtige geuren, visachtige geuren en septische geuren. Voorbeelden van grasachtige geuren zijn *cis,trans* 2,6-nonadienal, *cis* 3-hexen-1-ol en *trans* 2-hexenal. Voorbeelden van typisch visachtige geuren die door veel algensoorten worden afgescheiden zijn n-pentanal en n-heptanal. De hoofdcomponenten van de septische geuren zijn dimethyl disulphide en dimehtyl trisulphide. Deze geuren kunnen worden gevormd bij de afbraak van algen door bacteriën. Of deze geuren ook vrijkomen uit de algensoorten die in kassen worden gevonden is niet bekend.

2.4 Invloed van teeltsubstraat op rouwmuggen

De problemen met rouwmuggen hangen in grote mate samen met de samenstelling van het substraat dat wordt gebruikt in de teelt. Tegenwoordig worden de meeste potplanten in veengrond geteeld. Er ligt echter grote druk om veengrond te vervangen door alternatieve, meer milieuvriendelijkere substraatsoorten. Mogelijke alternatieven om in substraat te verwerken zijn gecomposteerd groenafval, bark, houtvezels en kokosvezels. Verder kan de soort (organische) bemesting, en de soorten micro-organismen die groeien in het substraat van grote invloed zijn op het gedrag en de ontwikkeling rouwmuggen. Bij het onderzoeken van de invloed van de substraatsamenstelling op rouwmuggen is het belangrijk om onderscheid te maken tussen de a) geschiktheid van het teeltsubstraat voor de ontwikkeling van de rouwmuggen, b) de aantrekkelijkheid van het teeltsubstraat voor eileg door rouwmuggen, en c) de aantrekkelijkheid van de geur van het teeltsubstraat voor rouwmugvrouwtjes. Het blijkt namelijk niet altijd zo te zijn dat de keuze van rouwmug-vrouwtjes om eitjes te leggen samenhangt met de geschiktheid van het substraat voor de ontwikkeling van het nageslacht (zie e.g. Frouz & Novakova (2001)). Ook is nog niet duidelijk in hoeverre aantrekking tot teeltsubstraat op basis van geur samenhangt met het aantal eitjes dat op het teeltsubstraat wordt gelegd. Niet alleen vluchtige geurstoffen, maar ook niet-vluchtige stoffen kunnen meewegen in de beslissing van een rouwmug vrouwtje om wel of geen eitjes op een bepaald soort substraat te leggen. Hieronder wordt de literatuur over de invloed van substraatsamenstelling op deze 3 verschillende aspecten van ontwikkeling en -gedrag van rouwmuggen samengevat.

2.4.1 Geschiktheid van het teeltsubstraat voor de ontwikkeling van rouwmuglarven

In het algemeen is de overleving van rouwmuggen lager wanneer de microbiële activiteit laag is. Kennedy (1974) liet zien dat de overleving van de rouwmugsoort *Bradysia impatiens* maar liefst 8x hoger was op agarplaten met schimmelgroei van *Alternaria tenuis* of gist (*Saccharomyces cerevisiae*) dan op agar van limabonen. Op agar van aardappeldextrose en agar-agar overleefden helemaal geen rouwmuglarven.

Uit de studie van Olson (2002) bleek dat er bijna geen rouwmuggen uit eitjes ontwikkelden die in puur veensubstraat of puur kokosvezelsubstraat waren geplaatst. De toevoeging van voedsel, in de vorm van gist, resulteerde echter in beide substraatsoorten in een sterke toename in het aantal volwassen muggen (Olson *et al.* 2002). Uit ongepubliceerde gegevens van Christian Neubauer van de Hochschule Osnabrück in Duitsland kwam eenzelfde trend naar voren. Ook in deze studie ontwikkelden zich in pure witveen, zwartveen, kokosvezel en houtvezel relatief weinig rouwmuggen, maar konden de rouwmuggen na toevoeging van een organische meststof zich wel succesvol ontwikkelen. Toevoeging van minerale meststoffen stimuleerde de ontwikkeling van rouwmuggen in deze substraten echter niet. Neubauer liet ook zien dat rouwmuggen zich in pure groencompost, barkcompost, houtcompost of hennepvezel wel goed konden ontwikkelen.

Verder bleken niet alle schimmelsoorten even geschikt te zijn als voedselbron voor rouwmuggen. Terwijl *Sclerotinia sclerotiorum* en *Botrytis porri* een goede voedselbron voor rouwmuglarven bleken te zijn, konden rouwmuglarven zich met de schimmeldraden van *Sclerotinia minor*, *Fusarium solani*, *Botrytis cinerea* en *Trichoderma viride* niet goed ontwikkelen tot volwassen mug (Anas and Reeleder 1988). Frouz & Novakova (2001) hebben de ontwikkeling van de rouwmug *Lycoriella ingenua* op 28 verschillende soorten schimmels onderzocht, en vonden dat de larven zich op 11 van de 28 soorten schimmels succesvol tot volwassen muggen konden ontwikkelen. Ook hier kwam de schimmelsoort *Trichoderma (atro)viride* naar voren als ongeschikt voor de ontwikkeling van rouwmuggen, en dezelfde bevinding werd gedaan door Kühne & Heller (2011). De leeftijd van het schimmelycelium bleek ook van groot belang te zijn; wanneer het mycelium de zeer geschikte schimmelsoort *Absidia cylindrospora* 2 weken oud was werden nagenoeg geen eitjes meer afgezet door *L. ingenua* (Frouz and Novakova 2001).

Verder bleek uit de studie van Olson *et al.* (2002) dat het vochtgehalte van het veensubstraat van grote invloed was op het aantal volwassen muggen dat uit het substraat tevoorschijn kwam; bij een vochtgehalte van 52.5% en 71.2% was het aantal volwassen muggen meer als twee keer zo hoog als bij een vochtgehalte van 90% en bij vochtgehaltes van 34% en 15%. Of dit ook samenhangt met verhoogde microbiële activiteit bij deze middelhoge vochtgehaltes ten opzichte van de hoge en lage vochtgehaltes wordt niet genoemd.

2.4.2 Aantrekkelijkheid van het teeltsubstraat voor eileg door rouwmuggen

Eileg door rouwmuggen vind bij voorkeur plaats op vochtig substraat. Zo kan door het aanbrengen van een toplaag die makkelijk uitdroogt (e.g. zand) eileg door rouwmuggen worden tegengegaan, en kunnen de eitjes zich niet goed ontwikkelen (Van Epenhuijsen *et al.* 2001). Ook de wijze van watergeven kan van invloed zijn; wanneer van onderaf water wordt gegeven zal het substraatoppervlak sneller uitdrogen en zo minder aantrekkelijk worden voor eileg door rouwmuggen. Verder vormen barsten en spleten in het teeltsubstraat goede eileg-plekken voor rouwmuggen (Anas and Reeleder 1988). Binns (1973) vond dat rouwmugeitjes die in spleten werden gelegd, waar de luchtvochtigheid relatief hoog is, een hogere overlevingskans hadden dan rouwmugeitjes die aan de oppervlakte van het substraat werden gelegd. Het mengen van scherpe diatomeeën-aarde in een toplaag kon niet voorkomen dat er eitjes werden gelegd door rouwmuggen en dat de volwassen rouwmuggen levend uit de potten tevoorschijn kwamen (Cloyd *et al.* 2007a). Bovendien is er waargenomen dat de diatomeeën-aarde in de droge behandelingen uitzette doordat er vocht uit de potgrond werd opgenomen. De op deze manier ontstane spleten en barsten bleken juist een goede plek te vormen voor eileg en verpoping van rouwmuggen (Cloyd *et al.* 2007a).

Meers & Cloyd (2005) hebben de aantrekkelijkheid van 3 substraatmengsels van verschillende samenstelling voor de eileg van de rouwmugsoort *Bradysia coprophila* bepaald, maar konden geen significante verschillen vinden in het aantal eitjes dat in deze 3 verschillende substraatsoorten werd gelegd. Er zijn verder geen studies bekend die de aantrekkelijkheid van verschillende soorten substraat voor eileg door rouwmuggen hebben vergeleken. Wel zijn er duidelijke verschillen gevonden in eileg-preferenties tussen verschillende schimmelsoorten. Het is voor de eileg van rouwmuggen belangrijk dat de schimmel nog leeft; in het experiment van Braun *et al.* (2012) werden door *Bradysia impatiens* vrouwtjes op door bevrozing of uitdroging gedood schimmelmycelium geen eitjes afgezet. Frouz & Novakova (2001) hebben de eileg van *Lycoriella ingenua* getest in paarsgewijze keuzetests van in totaal 68 schimmelsoorten. Deze schimmelsoorten zijn vervolgens gecategoriseerd als "aantrekkelijk", "neutraal", "genegeerd" en "nooit gebruikt". In maar liefst 10 van de 68 schimmelsoorten werden nooit eieren gelegd. Interessant is dat er van de 17 schimmelsoorten die het meest aantrekkelijk waren voor eileg, er maar liefst 6 niet geschikt waren voor de ontwikkeling en overleving van de larven. Drie soorten schimmels, waaronder de schimmel-antagonisten *Trichoderma atroviride* en *Trichoderma koningii* waren zowel onaantrekkelijk voor eileg als ongeschikt voor de ontwikkeling van de rouwmuglarven.

Met betrekking tot goedaardige schimmels die als biostimulant en/of ter bestrijding van ziektes en plagen reeds in de praktijk worden ingezet, kwam uit de studie van Braun *et al.* (2012) naar voren dat mycelia van *Trichoderma harzianum* en de insectpathogene schimmel *Beauveria bassiana* zeer aantrekkelijk zijn voor eileg van *Bradysia impatiens*. In de studie van Frouz & Novakova (2001) werden er door *Lycoriella ingenua* echter juist weinig eitjes afgezet in petrischalen met *Beauveria bassiana*. Of dit verschil kan worden verklaard door een verschil in de soort rouwmug, een verschil in het specifieke isolaat van *B. bassiana*, of dat er toch nog een andere factor een rol heeft gespeeld is niet duidelijk. Verder konden Cloyd *et al.* (2007a) geen effect vinden van *T. harzianum* T-22 op het aantal rouwmuggen in een experiment waarbij deze schimmelantagonist/ biostimulant door het teeltsubstraat was gemengd.

2.4.3 Aantrekkelijkheid van geuren van teeltsubstraat en bijbehorende micro-organismen voor volwassen rouwmuggen

Cloyd *et al.* (2007b) hebben de aantrekkelijkheid van de geuren van 2 organische substraatsoorten, zand en perliet voor volwassen rouwmuggen van de soort *Bradysia coprophila* getest. Ze vonden dat de substraatsoort "SB300 Universal Professional Growing Mix", welke voor 50% uit gecomposteerde bark bestond, bijna 2x zo aantrekkelijk was voor de volwassen rouwmuggen dan de substraatsoort "Sunshine LC1 Mix" welke geen gecomposteerde bark bevatte. Door zand en perliet werden weinig tot geen muggen aangetrokken. Opvallend was dat wanneer pure gecomposteerde bark tegen de SB300 substraatmix werd getest, er meer dan twee keer zoveel muggen werden teruggevonden in het compartiment met de SB300 substraatmix. Er werd echter geen mogelijke verklaring gegeven waarom pure gecomposteerde bark minder aantrekkelijk was dan de SB300 mix. Ook vonden Cloyd *et al.* (2007b) dat een hoger percentage rouwmuggen werd aangetrokken door zeer vochtig SB300 substraat (vochtgehalte 92%) dan door gedroogd SB300 substraat (vochtgehalte 8%). Verder hebben ze de geurstoffen die vrijkomen uit het substraat geanalyseerd, maar is het niet duidelijk welke geurstoffen verantwoordelijk zijn voor de aantrekking van de rouwmuggen, en of dit geurstoffen zijn die voortkomen uit het substraat of geurstoffen die vrijkomen als gevolg van microbiële activiteit.

Uit een studie van Tibbles *et al.* (2005) blijkt dat de rouwmugsoort *Lycoriella castanescens* geen onderscheid maakt tussen de geuren van gecomposteerd substraat dat sinds 4 dagen of 14 dagen geïnoculeerd was met mycelium van de champignonsoort *Agaricus bisporus*, gecomposteerd substraat dat niet met *A. bisporus* mycelium was geïnoculeerd of de zogenaamde "sporoforen" van *A. bisporus*. De vliegensoort *Megaselia halterata* (Diptera; Phoridae) had echter wel een voorkeur voor gecomposteerd substraat met *A. bisporus* mycelium, en prefereerde hierbij substraat dat sinds 14 dagen was geïnoculeerd. Deze voorkeuren kwamen in grote lijnen overeen met de geschiktheid van het substraat voor de ontwikkeling van het nageslacht; de rouwmugsoort *Lycoriella castanescens* ontwikkelde zich beter in gecomposteerd substraat zonder *A. bisporus* mycelium terwijl *Megaselia halterata* zich niet in substraat zonder *A. bisporus* mycelium kon ontwikkelen.

In andere voor de landbouw belangrijke vliegenplagen zijn geurstoffen die worden geproduceerd als gevolg van microbiële activiteit als eileg-stimulanten geïdentificeerd. Zo werd de eileg van de uienvlieg *Hylemya antiqua* niet gestimuleerd door geurstoffen van het geteste micro-organisme alleen, maar was eileg-stimulatie het resultaat van een interactie tussen het micro-organisme en het uiengewas waarbij zwavelhoudende geurstoffen vrijkwamen (Hough *et al.* 1981). Maar ook in de grond en rhizosfeer voorkomende schimmels en bacteriën zelf produceren een diversiteit aan geurstoffen (zie e.g. Cordovez *et al.* 2015, Schulz-Bohm *et al.* 2015). De aantrekking van rouwmuggen tot door micro-organismen geproduceerde geurstoffen is echter nog nooit onderzocht. Omdat rouwmuggen door veel verschillende soorten schimmels tot eileg worden gestimuleerd, suggereren Braun *et al.* (2012) dat er wellicht ook een meer algemene "cue" is die door rouwmugvrouwtjes wordt gebruikt als indicatie voor hoge microbiële activiteit, en dus potentieel geschikte voedselbron voor het nageslacht. Een voor de hand liggende algemene "cue" zou kunnen CO₂ zijn. Het effect van CO₂ op de aantrekking en eileg door rouwmuggen is nog niet getest. Dit zou wel relatief eenvoudig kunnen met behulp van de CO₂ capsules die door Duitse onderzoekers zijn ontwikkeld als lokstof voor de larvale stadia van andere bodemplagen (zie e.g. Schumann *et al.* 2013).

2.5 Plantschade door rouwmuggen en plantweerbaarheid

Over de factoren die een rol spelen bij plantschade door rouwmuggen is nog lang niet alles duidelijk. Uit de studie van Braun *et al.* (2012) blijkt dat rouwmuggen meer eitjes legden op met *Pythium* geïnfecteerde geranium kiemplantjes dan op gezonde geranium kiemplantjes en op gezonde, in de magnetron gedode geranium kiemplantjes. Interessant genoeg werd door Braun *et al.* (2012) aangetoond dat ook op kiemplantjes met een bacteriële infectie van *Xantomonas campestris* relatief veel rouwmugeitjes werden afgezet. Verder bleken ook veel eitjes te worden afgezet op geranium kiemplanten met niet-pathogene *Pythium* soorten en met de goedaardige, niet-pathogene schimmelsoorten *Trichoderma harzianum* en *Beauveria bassiana*.

Anas & Reeleder (1988) lieten zien dat *Bradysia coprophila* larven zich tot gezonde volwassen rouwmuggen ontwikkelden op plantenwortels die waren geïnoculeerd met plant-pathogene schimmels, maar dat de larven zich niet konden ontwikkelen op gezonde wortels van sla-, wortel-, prei-, bonen- en erwtenplanten. Opvallend aan deze studie van Anas & Reeleder was dat rouwmuglarven zich met bepaalde, voor hun in pure vorm ongeschikte plant-pathogene schimmelsoorten, ineens veel beter konden ontwikkelen wanneer deze schimmelsoorten op plantenwortels groeiden. Als mogelijke verklaringen werd geopperd dat a) er naast de schimmelsoort waarmee de plantenwortel was geïnoculeerd nog andere micro-organismen aanwezig waren in de plantenwortel waardoor de rouwmuggen additionele voedingsstoffen binnenkregen of b) het rottende plantenmateriaal zelf een additionele voedselbron zou kunnen zijn voor de rouwmuggen. Of inoculatie van kiemplanten met de goedaardige, maar voor rouwmuggen ongeschikte schimmelsoort *Trichoderma (atro)viride* de kiemplanten kan beschermen tegen vraat is nog niet onderzocht.

Uit het bovenstaande blijkt dat rouwmuglarven voor hun ontwikkeling afhankelijk zijn van schimmels. Echter betekent dit niet dat rouwmuglarven nooit van gezonde plantenwortels eten. Zo hebben Wilkinson & Daugherty (1970) geobserveerd dat larven van *Bradysia impatiens* van gezonde sojaboonwortels aten. Ook in andere studies is vraat van rouwmuglarven aan gezonde plantenwortels waargenomen (Stintzi *et al.* 2001, Chabannes *et al.* 2009). Onder welke omstandigheden de meeste vraat aan gezonde plantenwortels plaatsvindt (e.g. bij juist weinig of meer alternatief voedsel in de vorm van schimmels in het substraat) is nog niet duidelijk. Ook lijkt het waarschijnlijk dat sommige gewassen of cultivars meer resistent zijn tegen vraat van rouwmuggen dan andere, maar hiernaar zijn nog geen vergelijkende studies gedaan. Wel is er door Chabannes *et al.* (2009) een protocol ontwikkeld om verschillen in resistentie tussen planten te testen in de afwezigheid van micro-organismen. Verder zijn er experimenten gedaan met mutanten van de zandraket (*Arabidopsis thaliana*) waarbij 1 of meerdere genen die betrokken zijn bij het afweermechanisme tegen plaaginsecten waren uitgeschakeld. Uit deze experimenten bleek dat plantresistentie een groot effect kan hebben op de hoeveelheid schade veroorzaakt door rouwmuggen (Stintzi *et al.* 2001, Chabannes *et al.* 2009). Ook bleken rouwmuglarven minder goed te kunnen overleven op spinazieplanten die waren behandeld met het bij plantafweer betrokken hormoon jasmonzuur (Schmelz *et al.* 2002). Niet alleen kunnen afweermechanismen van de plant een directe invloed hebben op rouwmuglarven, ook kunnen ze de aantrekkelijkheid van de plant voor volwassen rouwmuggen beïnvloeden. Zo bleek de aantrekkelijkheid van witte klaverplanten voor volwassen *Bradysia* vrouwtjes beïnvloed te worden door het witte klaver mozaiek virus (WCIMV) (van Molken *et al.* 2012). Uit twee-keuze vergelijkingen in een y-buis opstelling bleken planten met het virus significant minder aantrekkelijk te zijn dan gezonde planten. Het grootste verschil in geurstoffen tussen gezonde planten en plant met het virus was dat alleen planten met het virus de geurstof beta-caryophellene aanmaakten. Dit is vluchtige plantenstof die ook vaak vrijkomt wanneer het afweermechanisme van planten tegen plaaginsecten wordt aangeschakeld (zie e.g. Thaler *et al.* 2002). Echter is dit de enige studie die de aantrekkelijkheid van levende planten op volwassen rouwmuggen heeft getest. Wel vermelden Cloyd *et al.* (2007b) een Chinese studie (Xue *et al.* 2002) waarin staat dat volwassen rouwmuggen van de soort *Bradysia odoriphaga* worden aangetrokken door extracten van knoflook (*Allium tuberosum*) en bieslook (*Allium schoenoprasum*). Het lijkt waarschijnlijk dat gewassen en/of cultivars verschillen in aantrekkelijkheid voor rouwmuggen. Ook zou de aantrekkelijkheid van gewasplanten voor rouwmuggen mogelijk kunnen worden beïnvloed door behandeling van planten met biostimulanten waardoor bepaalde afweerroutes wel of juist niet worden aangeschakeld.

2.6 Geurstoffen met mogelijk repellente werking tegen rouwmuggen

Er is al een klein aantal studies gedaan waarin geurstoffen zijn onderzocht op een repellente werking tegen rouwmuggen. Zo hebben Cloyd *et al.* (2011) 10 natuurlijk voorkomende bestanddelen van vluchtige alcoholen en essentiële plantenoliën onderzocht op afweer tegen de rouwmugsoort *Bradysia coprophila*. Van deze geurstoffen bleken menthol, 1-octen-3-ol en borneol het sterkste afwerende effect op *B. coprophila* te hebben. Ook had de hoogste concentratie van alfa-terpineol (8.0 micromol) een significant repellent effect. De overige geurstoffen (i.e. octanoic acid, furfural, acetophenone, benzaldehyde, dimethoxybenzene en 7-hydroxycitronellol) hadden geen afwerend of aantrekkend effect op de rouwmuggen.

Verder hebben Choi *et al.* (2006) gevonden dat vluchtige stoffen van bepaalde essentiële oliën en vluchtige monoterpenen een toxisch effect hadden op volwassen rouwmuggen van de soort *Lycoriella mali*. Hierbij bleek een mengsel van alfa- en beta-pinene - twee componenten uit de essentiële olie van thijm - het sterkste toxische effect te hebben op de rouwmuggen. Ook linalool had een toxisch effect op *L. mali*. Borneol, welke in de studie van Cloyd *et al.* (2011) een afwerende werking had tegen *B. coprophila*, bleek geen toxisch effect te hebben op *L. mali*. Of lagere concentraties van alfa- en beta-pinene en linalool ook een afwerend effect hebben op volwassen rouwmuggen is nog niet onderzocht. Wel is er in een studie van Cloyd *et al.* (2010) gevonden dat zogenaamde "fabric softener dryer sheets" van het merk "Bounce", met linalool als dominante geurstof, een afwerende werking hadden op *Bradysia coprophila* rouwmuggen. Er werden 3x zo weinig muggen teruggevonden in de compartimenten van de gedragsopstelling met deze "sheets" in vergelijking met de controle compartimenten.

3 Biologische bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen

3.1 Insectparasitaire aaltjes

Er zijn al veel studies gedaan naar de effectiviteit van insectparasitaire aaltjes tegen rouwmuggen (Nickle and Cantelo 1991, Grewal and Richardson 1993, Grewal *et al.* 1993, Tomalak 1994, Gouge and Hague 1995c, a, b, Harris *et al.* 1995, Hay and Richardson 1995, Rinker *et al.* 1995, Scheepmaker *et al.* 1997, Scheepmaker *et al.* 1998a, Scheepmaker *et al.* 1998b, Vanninen 2003, Jagdale *et al.* 2004, Jagdale *et al.* 2007, Shamshad *et al.* 2008, Ma *et al.* 2013, Navarro and Gea 2014), zowel voor toepassingen in de glastuinbouw en in de champignonsteelt. Insectparasitaire aaltjes van de soort *Steinernema feltiae* worden al op grote schaal commercieel geproduceerd en vormen een belangrijk en effectief alternatief voor de chemische bestrijding van rouwmuggen. Deze soort is bij temperaturen van 15 °C tot 25 °C het meest effectief tegen rouwmuggen (Gouge and Hague 1994, Jagdale *et al.* 2007). Echter zijn bij temperaturen hoger dan 25 °C andere soorten insectparasitaire aaltjes beter geschikt (Jagdale *et al.* 2007). De aaltjes bestrijden de rouwmuglarven doordat ze de larven binnendringen via de lichaamsopeningen (anus, mond, ademhalingsopeningen etc), waarna speciale bacteriën die in de darmen van de aaltjes leven toxines uitscheiden die de rouwmuglarven binnen 1-3 dagen doden. Vervolgens eten de aaltjes de rouwmuglarven verder op.

De insectparasitaire aaltjes worden toegediend met water. Gemiddeld genomen blijven de aaltjes zo'n 10 tot 14 dagen actief. In de literatuur bestaat over de frequentie en dosering van de aaltjes geen exacte eenduidigheid. De dosis is mede afhankelijk van de plaagdruk. Bovendien kan het soort substraat een rol spelen bij de effectiviteit van de aaltjes (Jagdale *et al.* 2004, Jagdale *et al.* 2007). Verder zijn ze erg gevoelig voor uitdroging en UV straling. Andere factoren die verliezen van insectparasitaire aaltjes kunnen veroorzaken zijn predatie, infectie door antagonisten, uitputting van energie en invloed van een meststof of bestrijdingsmiddel (Pijnakker *et al.* 2014). Niet alle larvenstadia van rouwmuggen zijn even gevoelig voor infectie met insectparasitaire aaltjes (Harris *et al.* 1995). Daarom kan het goed zijn om de behandelingen met aaltjes te spreiden in de tijd. Uit onderzoek aan WUR Glastuinbouw bleek dat 6 toepassingen *S. feltiae* bij de dosering 0,25 miljoen aaltjes/m² met een interval van 1 week en 3 toepassingen van 0,5 miljoen aaltjes/m² met een interval van twee weken betere resultaten gaven als 3 toepassingen van 0,5 miljoen aaltjes/m² met een interval van 1 week (Pijnakker *et al.* 2014).

Vänninen & Koskula (2003) hebben de effecten van verschillende concentraties van *Steinernema feltiae* en *S. carpocapsae* getest op oevervliegen (*Scatella tenuicosta*) in potgrond en in steenwol. Ze hebben de aaltjes preventief ingezet (2 dagen voor het blootstellen van het substraat aan de oevervliegen), of curatief (9 dagen na het blootstellen van het substraat aan de oevervliegen). In de potgrond resulteerden alle behandelingen in een reductie van het aantal vliegen van 61-96%. Bij hogere temperaturen leek de behandeling iets minder goed aan te slaan. In de steenwol werd initieel een redelijk effect bereikt (69-84% bestrijding), maar over een langere periode (4 weken) was het bestrijdingseffect gedaald naar 46%. Dit kwam omdat de aaltjes niet goed konden overleven in de steenwol. Morton & del Pino (2007) hebben de effectiviteit van 5 verschillende insectparasitaire aaltjes tegen oevervliegen bekeken en vonden van alle soorten een hoge activiteit tegen oevervliegen in laboratoriumproeven. Ze hebben echter geen veldproeven gedaan.

3.2 Bodemroofmijten

Hypoaspis miles and *H. aculeifer* (Acari: Laelapidae) zijn bodemroofmijten die een breed dieet hebben, waaronder ook vliegenlarven en -eieren. Deze bodemroofmijten worden in de praktijk al veelvuldig gebruikt voor de bestrijding van rouwmuggen in kassen en de effecten van deze roofmijtsoorten op rouwmuggen is al veelvuldig onderzocht (Chambers *et al.* 1993, Enkegaard *et al.* 1997, Ali *et al.* 1999, Jess and Bingham 2004, Jess and Schweizer 2009). Verder is de biologie van *H. aculeifer* en *H. miles* is al goed in kaart gebracht door Wright & Chambers (1994) en Enkegaard *et al.* (1997). Beide bodemroofmijtsoorten vallen alle larvenstadia van de rouwmuggen aan, echter worden eitjes weinig gegeten en worden poppen helemaal niet aangevallen. *H. miles* eet tussen de 1 en 7 larven per dag. Een andere bodemroofmijt – *Macrocheles robustulus* - komt ook vaak spontaan voor in kassen en is in sommige teelten talrijke dan *Hypoaspis*. Sinds 2011 is deze soort ook commercieel beschikbaar. Uit vergelijkende experimenten met *H. miles*, *H. aculeifer* en *M. robustulus* van WUR Glastuinbouw (Pijnakker *et al.* 2011) bleek in eerste instantie dat geen van deze roofmijten de rouwmuggen goed konden bestrijden bij een dichtheid van 30 roofmijten per pot. Bovendien bleek dat geen van de 3 roofmijtsoorten zich goed kon vestigen in de potten. In vervollexperimenten van WUR Glastuinbouw (Grosman *et al.* 2011) zijn hogere dichtheden van *M. robustulus* en *H. aculeifer* (100 roofmijten/pot) gebruikt, en zijn er tevens prooimijten (Astigmata) toegevoegd om rouwmuggen in potchrysan te bestrijden. Op deze manier konden beide roofmijten een zeer sterke reductie in het aantal rouwmuggen (97.1% reductie door *M. robustulus* en 87.1% reductie door *H. aculeifer*) bewerkstelligen. Wanneer er ook nog een toplaag (Biotop®; een product op basis van aardappelschillen dat op de markt was gebracht voor onkruidbestrijding) op de potgrond werd aangebracht, kon *M. robustulus* de populatie rouwmuggen praktisch uitroeien (99.5% reductie). Enige voorzichtigheid is hiermee wel geboden: toevoeging van Biotop® zonder bodemroofmijten resulteerde namelijk in een sterke toename van het aantal rouwmuggen.

Verder is er door WUR Glastuinbouw geëxperimenteerd met zogenaamde open kweeksystemen van *M. robustulus* en *H. aculeifer* (Pijnakker *et al.* 2014). Uit kasproeven bleek dat twee verschillende typen open kweeksystemen de dichtheid van bodemroofmijten in het gewas sterk konden vergroten; er werden gemiddeld 11-15 *H. aculeifer* en 5-8 *M. robustulus* per 100 ml potgrond gevonden in de behandelingen met een open kweekstelsel t.o.v. ca. 2 roofmijten/100 ml potgrond in de controlebehandeling. In hoeverre de open kweeksystemen van bodemroofmijten in de praktijk resulteren in een afname van het aantal rouwmuggen moet nog worden onderzocht. Ook moeten de open kweeksystemen voor bodemroofmijten nog verder worden ontwikkeld met speciale aandacht voor het beperken van vochtverlies en het goed functioneren onder verschillende klimaatomstandigheden.

Vänninen & Koskula (2004) hebben *H. miles* en *H. aculeifer* ingezet tegen oevervliegen in op spaghnum geteelde munt. *H. aculeifer* kwam in deze studie als een iets betere bestrijder van oevervliegen naar voren dan *H. miles*. Bij de hoogste dichtheid van preventief uitgezette *H. aculeifer* mijten (36 mijten per 0.3 L pot / 5000 per m²) was de bestrijding 84-100% na 2 weken, en 92-97% na 3 weken na blootstelling van de potten aan de oevervliegen. Bij dezelfde dichtheid van *H. miles* werd een bestrijding van 92-100% na 2 weken en 68-97% na 3 weken gevonden. Echter was er ongeveer 1 roofmijt per vliegenlarve nodig om dit effect te bereiken, waardoor roofmijten toch niet zo'n effectieve predator lijkt van oevervliegen. Bij iets lagere dichtheden van *H. miles* (25 roofmijten/pot) vond Lindquist (1994) dan ook geen significant bestrijdingseffect. Verder kunnen roofmijten niet worden ingezet om oevervliegen die zich op algen op steenwol ontwikkelen te bestrijden, omdat de omstandigheden daar te vochtig zijn.

Andere roofmijtsoorten waarvan een effect op rouwmuggen is waargenomen zijn *Parasitus* spp. (Alamidi *et al.* 1991, Szlendak and Lewandowski 2009, Szafranek *et al.* 2013) *Stratiolaelaps scimitus* (Freire *et al.* 2007, Castilho *et al.* 2009a), *Actoseius semiscissus* (Rudzinska 1998) en *Protogamasellopsis posnaniensis* (Castilho *et al.* 2009b). Zo toonden Al Alamidi *et al.* (1991) aan dat *Parasitus bituberosus* het aantal rouwmuggen in de champignonsteelt met 50-66% kon reduceren, waardoor de champignonsteelt met 18% werd verhoogd.

3.3 *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis*

Bacillus thuringiensis var. *israelensis* (Bti) is een bodembacterie welke een selectief toxische werking heeft tegen vliegen- en muggenlarven (Diptera). Tegen andere soorten plagen is deze bacterie dus niet actief. Bti moet eerst door de muggen- of vliegenlarven worden opgegeten wil er een effect optreden. Uit verschillende studies naar de effecten van Bti op rouwmuggen en oevervliegen komen sterk uiteenlopende resultaten naar voren. In sommige studies zijn duidelijke effecten van Bti tegen rouwmuggen gevonden (Cantwell and Cantelo 1984, Osborne *et al.* 1985; Neubauer, ongepubliceerde data, Keil 1991), terwijl Bti in verschillende andere studies niet effectief bleek te zijn tegen rouwmuggen (Jess and Kilpatrick 2000, Cloyd and Dickinson 2006, Shamshad *et al.* 2008) en oevervliegen (Vanninen and Koskula 2003).

De effectiviteit van Bti kan afhankelijk zijn van verschillende factoren, waaronder het larvenstadium, de formulering en de temperatuur (Molloy *et al.* 1981) en de substraatsoort (Keil 1991). Oudere larven bleken minder gevoelig te zijn voor Bti als jongere larven (Molloy *et al.* 1981), en Bti lijkt het meest effectief te zijn als het aanwezig is wanneer de rouwmug-eieren uitkomen (Pethybridge 1991). Met betrekking tot de interactie tussen Bti en substraatsoort, had Keil (1991) een 4x zo hoge concentratie Bti nodig in compost dan op agar om hetzelfde dodingseffect te bereiken. Verder heeft Bti slechts een beperkte werkingsduur, waardoor herhaaldelijke toepassing noodzakelijk is voor een langdurig bestrijdingseffect (Osborne *et al.* 1985). Voor zover bekend is er nog geen vergelijkend onderzoek gedaan naar verschillen in effectiviteit van Bti tegen verschillende soorten rouwmuggen en oevervliegen.

Uit de studie van Vänninen & Koskula (2003) blijkt dat Bti geen effect heeft op oevervliegen in steenwol. Het effect van Bti op oevervliegen in potgrond is voor zover bekend nog niet getest.

3.4 Insectpathogene schimmels

Pijnakker & Leman (2011) hebben in een potproef met kalanchoë planten 4 soorten commercieel verkrijgbare insectpathogene schimmels getest tegen rouwmuggen, waaronder Bio 1020 vloeibaar (*Metarhizium anisopliae*; 125 ml/100 l), Botanigard spuitpoeder (*Beauveria bassiana*; 62.5 g/ 100 l), Mycotal (*Lecanicillium lecanii*; 100 g/ 100 l) en Preferal (*Paecilomyces fumosoroseus*; 100 g/ 100 l). Per 6 potten is 3x 50 ml oplossing toegediend met een interval van 7 dagen. De proef werd uitgevoerd bij een temperatuur van 20 °C. Er zijn geen effecten gevonden op het aantal rouwmuggen. Van deze proef is echter niet bekend om welke soort rouwmug het gaat. Ook Jacobson & Chandler (2000) hebben geen effect van een op olie-gebaseerde formulering van Botanigard gevonden op rouwmuggen. Zij suggereren dat rouwmuggen zich te snel ontwikkelen, waardoor er geen goede infectie plaatsvindt.

Chandler *et al.* (2011) hebben het effect van 3 verschillende typen insectpathogene schimmels, nl. *Metarhizium* (Met52), *Beauveria* (Naturalis), en *Lecanicillium* (een isolaat dat uit natuurlijk geïnfecteerde rouwmuggen is geïsoleerd, terwijl andere isolaten van *Lecanicillium* worden gebruikt in de commerciële producten Mycotal en Vertalec) uitgetest op rouwmuggen in petrischalen. Deze schimmelsoorten worden normaliter niet geassocieerd met besmetting van muggen en vliegen, en in tegenstelling tot *Furia* veroorzaken ze ook geen uitbraken die de potentie hebben om zich makkelijk over de populatie rouwmuggen in de kas kan verspreiden. De sporen werden op 3 verschillende tijdstippen toegepast, namelijk 1) voor het uitkomen van de rouwmugeieren, 2) gedurende het 1^e en 2^e larvenstadium, 3) tijdens het 2^e en 3^e larvenstadium. Alle schimmelsoorten hadden een effect op de rouwmuggen, maar het bestrijdingsniveau lag laag (25-40% voor L2 en L3 larven). Het bestrijdingsniveau nam wel toe met de leeftijd van de larven en *Beauveria* (Naturalis) leek het iets beter te doen dan de andere 2 schimmelsoorten. Insectpathogene schimmels infecteren insecten m.b.v. sporen die door de insectenhuid groeien. Mogelijk ontsnappen jonge larven gemakkelijker aan infectie met insectpathogene schimmel dan de oudere larven omdat jonge larven sneller vervellen.

Verder hebben Chandler *et al.* (2011) onderzoek gedaan naar de effecten van "spontaan" optredende insectpathogene schimmels op populaties van rouwmuggen. Ze hebben 2 experimenten gedaan om informatie te verzamelen over uitraken van de insectpathogene schimmels *Furia* (= *Erynia*) *sciarae* (Zygomycota: Zygomycetes: Entomophthorales); 1 op cycloam en 1 op munt, in kassen waar al eerder infectie van rouwmuggen met *Furia* was opgetreden. Twee weken nadat de eerste rouwmuglarven zich ontwikkelden, werden de eerste symptomen van *Furia* infectie al zichtbaar. Na 4 weken waren alle larven die aan de oppervlakte van het substraat zaten geïnfecteerd met de schimmel. De schimmel is niet eenvoudig te isoleren van de rouwmuggen, en kweken in petrischalen raken makkelijk vervuild. Chandler *et al.* (2011) hebben echter twee vloeibare media gevonden die normaliter worden gebruikt voor de kweek van insectencellen, waarbij de zogenaamde "ballistosporen" makkelijker te oogsten zijn.

Al met al zijn de meeste commerciële producten van insectpathogene schimmels dus weinig effectief gebleken op rouwmuggen. De meeste isolaten van insectpathogene schimmels die in commerciële producten zitten zijn dan ook niet geselecteerd voor effectiviteit op rouwmuggen en oevervliegen. Zo is het isolaat van *B. bassiana* dat in Botanigard zit geselecteerd op basis van activiteit tegen wittevlies, en is Bio1020 vooral ontwikkeld voor effectiviteit tegen de larven van de taxuskever. Het is dus niet uit te sluiten dat andere, niet-commercieel verkrijgbare isolaten van insectpathogene schimmels, een beter effect hebben tegen rouwmuggen en oevervliegen dan de commerciële producten. Verder hangt het effect van de insectpathogene schimmels mogelijk samen met de ontwikkelingssnelheid van de larven, en dus ook met de temperatuur in de kas. Net als bij Bti kan ook de interactie met het substraat en de formulering van de insectpathogene schimmel een rol spelen. Zo is voor zover bekend is de nieuwe formulering van Bio1020, waarbij *M. anisopliae* op rijstkorrels is ge-ent, nog niet op rouwmuggen getest.

Voor oevervliegen vonden Jacobson & Chandler (2000) wel een effect, maar alleen als *B. bassiana* eerst door het substraat werd gemengd. Direct spuiten op de larven van de oevervlieg gaf geen effect. De meeste oevervliegen gingen dan dood tijdens het verpoppen. Stanghellini and El-Hamalawi (2005) vonden ook een sterk effect van een *Beauveria bassiana* isolaat tegen oevervliegen. Het ging hier echter niet om een commercieel verkrijgbaar product, maar om een isolaat dat de onderzoekers zelf uit een zieke oevervlieg geïsoleerd hadden.

3.5 Sluipwespen

Sluipwespen van rouwmuggen worden tot op heden niet commercieel geproduceerd. Wel komt de sluipwesp *Synacra paupera* (Hymenoptera; Diapriidae) vaak spontaan voor in kassen. Deze soort sluipwesp is onderzocht door (Hellqvist 1994). Het betreft een zogenaamde solitaire sluipwesp, waarbij er slechts 1 sluipwesp per rouwmuglarve ontwikkeld. De sluipwesp legt een eitje in een rouwmuglarve, waarna de larve gewoon door blijft leven en gaat verpoppen. Uit de pop komt echter geen volwassen rouwmug, maar een volwassen sluipwesp. *Synacra paupera* parasiteert larven van *Bradysia paupera* (= *Bradysia difformis*), maar niet van *Lycoriella solani*. Volgens de studie van Hellqvist was de gemiddelde ontwikkelingstijd 25.4 dagen bij 23 °C, en 45 dagen bij 17 °C, en konden de vrouwtjes gemiddeld 272-290 eitjes leggen. Over twee andere sluipwespen van rouwmuggen, *Cryptoserphus aculeator* (Hymenoptera; Proctotrupidae) en *Disogmus* sp., is er maar weinig bekend (Pijnakker *et al.* 2014).

(Tilley *et al.* 2011b, a) hebben onderzoek gedaan naar de effectiviteit van de sluipwesp *Aphaereta debilitata* als bestrijder van oevervliegen in de slateelt onder glas in Engeland. Deze solitaire sluipwespen van oevervliegen waren eerder spontaan gevonden in kassen (Vanninen and Koskula 1998). De studies van Tilley *et al.* laten zien dat *A. debilitata* Morley zich snel in een kas kan vestigen en oevervliegen effectief kan bestrijden.

3.6 Kortschildkevers

Kortschildkevers (*Dalotia coriaria*; voorheen *Atheta coriaria*) worden in de praktijk ingezet voor de bestrijding van rouwmuggen.

Een volwassen *D. coriaria* kever is ongeveer 3 tot 4 mm lang, heeft een donkerbruin tot zwart glimmende kleur met beharing en heeft de kenmerkende korte dekschilden (zie Figuur 3.1A). Ook de larven zijn behaard, en hebben een witte tot bruin-oranje kleur (zie Figuur 3.1B). Birken & Cloyd (2007) hebben in keuzetests in het laboratorium de voedselvoorkeuren van *D. coriaria* onderzocht. Zowel de volwassen kevers als de keverlarven hadden een sterke voorkeur voor het eten van rouwmuglarven ten opzichte van haveremout. Birken & Cloyd (2007) suggereren op basis van deze data van haveremout als een relatief goedkope voedselbron kan worden gebruikt om *D. coriaria* bij te voeren in het de kas, en dat dit niet ten koste gaat van de effectiviteit van de bestrijding van rouwmuggen. Jandricic *et al.* (2006) hebben getest in hoeverre de inzet van *D. coriaria* kan worden gecombineerd met andere biologische bestrijders. De combinatie van *D. coriaria* met het insectparasitaire aaltje *S. feltiae* gaat goed, maar de combinatie van *D. coriaria* met de bodemroofmijt *Hypoaspis aculeifer* zo mogelijk problemen op kunnen leveren omdat *H. aculeifer* zich met de larven van *D. coriaria* kan voeden. Verder bleek *D. coriaria* zowel eitjes van veel plaaginsecten als eitjes van verschillende biologische bestrijders te kunnen eten. Wel had *D. coriaria* een voorkeur voor het eten van 1^e instar rouwmuglarven boven andere plaaginsecten. Echegaray *et al.* (2015) hebben nog een aantal laboratoriumtests gedaan om te kijken naar het aantal rouwmuggen dat door *D. coriaria* werd geconsumeerd bij verschillende verhoudingen tussen *D. coriaria* en rouwmuglarven. Ook zij suggereren, dat wanneer op de juiste manier ingezet, er goede perspectieven zijn om *D. coriaria* te gebruiken voor de bestrijding van rouwmuggen in kassen. Pijnakker *et al.* (2014) zag van een eenmalige introductie van *D. coriaria* in een kooiproef met licht met rouwmuggen besmette kalanchoëplanten echter geen effect op het aantal rouwmuggen.



Figuur 3.1 *Dalotia coriaria* (voorheen *Atheta coriaria*) adult met prooi (A) en *D. coriaria* larve.

3.7 Roofvliegen

In kassen komen vaak spontaan vliegen van het geslacht *Coenosia* (Diptera; Muscidae) voor. Deze rovers vallen verschillende soorten vliegen, waaronder rouwmuggen en oevervliegen, aan. Ook is waargenomen dat ze wittevlieg, kleine wespjes, dwergcicaden en trips aanvallen (Mateus 2012). Uit een Portugese studie (Mateus 2012) blijkt dat de volwassen vliegen vooral in de ochtend en namiddag actief zijn. Ze zitten bij voorkeur op zonnige plekken in de kas, en worden getriggered om aan te vallen wanneer een prooi-insect die net zo groot of kleiner is op korte afstand voorbij vliegt. Prooi-insecten die stilzitten worden niet aangevallen (Mateus 2012). De vliegen kunnen 2-3 maanden oud worden en zijn actief over een brede range aan temperaturen ($\sim 12^{\circ}\text{C}$ – 36°C) (Gilioli *et al.* 2005). Ook *Coenosia* larven zijn predatoren. Volgens Ugine *et al.* (2010) eet *Coenosia attenuata* tijdens de larvale ontwikkeling gemiddeld 232 x L2, 144 x L3 en 87 x L4 larven van de rouwmug *Bradysia impatiens*. Bij deze optimale hoeveelheid voedsel en een temperatuur van 25°C duurde de larvale ontwikkeling van *C. attenuata* 12-14 dagen en het popstadium 10 dagen. Ook konden de larven voor een lange periode (14-22 dagen) overleven wanneer er minder voedsel aanwezig was. Martins *et al.* (2015) hebben een methode ontwikkeld om *Coenosia attenuata* te kweken op rouwmuggen en op fruitvliegen.

Naast *Coenosia* zijn er ook nog veel andere vliegsoorten die op andere insecten jagen, onder andere binnen de families Hybotidae, Empididae (dansvliegen), Dolichopodidae (langpootvliegen) en Asilidae (roofvliegen) (Pijnakker *et al.* 2014).

4 Gebruikte literatuur

- Alamidi, A. H. K., R. Dunne, and M. J. Downes. 1991. *Parasitus bituberosus* (Acari, Parasitidae) - an agent for control of *Lycoriella solani* (Diptera, Sciaridae) in mushroom crops. *Experimental & Applied Acarology* **11**:159-166.
- Alberts, S. A., M. K. Kennedy, and R. T. Carde. 1981. Pheromone-mediated anemotactic flight and mating behavior of the sciarid fly *Bradysia impatiens* (Diptera, Sciaridae). *Environmental Entomology* **10**:10-15.
- Ali, O., R. Dunne, and P. Brennan. 1999. Effectiveness of the predatory mite *Hypoaspis miles* (Acari : Mesostigmata : Hypoaspidae) in conjunction with pesticides for control of the mushroom fly *Lycoriella solani* (Diptera : Sciaridae). *Experimental and Applied Acarology* **23**:65-77.
- Anas, O., and R. D. Reeleder. 1988. Feeding habits of larvae of *Bradysia coprophila* on fungi and plant tissue. *Phytoprotection* **69**:73-78.
- Binns, E. S. 1973. Laboratory rearing, biology and chemical control of mushroom sciarid *Lycoriella auripila* (Diptera - Lycoriidae). *Annals of Applied Biology* **73**:119-&.
- Birken, E. M., and R. A. Cloyd. 2007. Food preference of the rove beetle, *Atheta coriaria* Kraatz (Coleoptera : Staphylinidae) under laboratory conditions. *Insect Science* **14**:53-56.
- Blair, J. M., and B. A. Foote. 1984. Resource partitioning in 5 sympatric species of *Scatella* (Diptera, Ephydriidae). *Environmental Entomology* **13**:1336-1339.
- Braun, S. E., J. P. Sanderson, M. L. Daughtrey, and S. P. Wraight. 2012. Attraction and oviposition responses of the fungus gnat *Bradysia impatiens* to microbes and microbe-inoculated seedlings in laboratory bioassays. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **145**:89-101.
- Cantwell, G. E., and W. W. Cantelo. 1984. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* in controlling a sciarid fly, *Lycoriella mali*, in mushroom compost. *Journal of Economic Entomology* **77**:473-475.
- Castilho, R. C., G. J. de Moraes, E. S. Silva, R. A. P. Freire, and F. C. Da Eira. 2009a. The predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* as a control agent of the fungus gnat *Bradysia matogrossensis* in commercial production of the mushroom *Agaricus bisporus*. *International Journal of Pest Management* **55**:181-185.
- Castilho, R. C., G. J. de Moraes, E. S. Silva, and L. O. Silva. 2009b. Predation potential and biology of *Protogamasellopsis posnaniensis* Wisniewski & Hirschmann (Acari: Rhodacaridae). *Biological Control* **48**: 164-167.
- Chabannes, M., G. Hatt, G. Thebaud, I. D. Bedford, and C. Lamb. 2009. Establishment of an in vitro sciarid fly larvae assay to study plant resistance. *Annals of Applied Biology* **155**:293-296.
- Chambers, R. J., E. M. Wright, and R. J. Lind. 1993. Biological control of glasshouse Sciarid flies (*Bradysia* spp) with the predatory mite, *Hypoaspis miles*, on cyclamen and poinsettia. *Biocontrol Science and Technology* **3**:285-293.
- Chandler, D., G. Prince, J. Bennison, J. Buxton, and K. Maulden. 2011. New approaches to microbial control of insect pests in protected crops and their interaction with waste-based growing media. University of Warwick, Warwick, UK.
- Choi, W. S., B. S. Park, Y. H. Lee, D. Y. Jang, H. Y. Yoon, and S. E. Lee. 2006. Fumigant toxicities of essential oils and monoterpenes against *Lycoriella mali* adults. *Crop Protection* **25**:398-401.
- Cimarra, M., C. Martinez-Cocera, M. Chamorro, M. Cabrera, T. Robledo, M. Lombardero, A. Alonso, A. Castellano, and J. M. Bartolome. 1999. Occupational asthma caused by champignon flies. *Allergy* **54**:521-525.
- Cloyd, R. A., and A. Dickinson. 2006. Effect of *Bacillus thuringiensis* subsp *israelensis* and neonicotinoid insecticides on the fungus gnat *Bradysia* sp nr. *coprophila* (Lintner) (Diptera : Sciaridae). *Pest Management Science* **62**: 171-177.
- Cloyd, R. A., A. Dickinson, and K. E. Kemp. 2007a. Effect of diatomaceous earth and *Trichoderma harzianum* T-22 (Rifai strain KRL-AG2) on the fungus gnat *Bradysia* sp nr. *coprophila* (Diptera : Sciaridae). *Journal of Economic Entomology* **100**:1353-1359.
- Cloyd, R. A., A. Dickinson, R. A. Larson, and K. A. Marley. 2007b. Effect of growing media and their constituents on fungus gnat, *Bradysia* sp nr. *coprophila* (Lintner) adults. *Insect Science* **14**:467-475.
- Cloyd, R. A., A. Dickinson, R. A. Larson, and K. A. Marley. 2007c. Phototaxis of fungus gnat, *Bradysia* sp nr *coprophila* (Lintner) (Diptera : Sciaridae), adults to different light intensities. *Hortscience* **42**:1217-1220.
- Cloyd, R. A., K. A. Marley, R. A. Larson, and B. Arieli. 2010. Bounce (R) Fabric Softener Dryer Sheets Repel Fungus Gnat, *Bradysia* sp. nr. *coprophila* (Diptera: Sciaridae), Adults. *Hortscience* **45**:1830-1833.
- Cloyd, R. A., K. A. Marley, R. A. Larson, A. Dickinson, and B. Arieli. 2011. Repellency of Naturally Occurring Volatile Alcohols to Fungus Gnat *Bradysia* sp nr. *coprophila* (Diptera: Sciaridae) Adults Under Laboratory Conditions. *Journal of Economic Entomology* **104**:1633-1639.

- Cloyd, R. A., and C. S. Sadof. 2003. Fungus gnats and shore flies. Purdue Coop. Ext. Serv. Bull. E-111-W.
- Cloyd, R. A., and E. R. Zaborski. 2004. Fungus gnats, *Bradysia* spp. (Diptera : sciaridae), and other arthropods in commercial bagged soilless growing media and rooted plant plugs. *Journal of Economic Entomology* **97**: 503-510.
- Corbaz, R., and S. Fischer. 1994. The shore fly *Scatella stagnalis* Fall (Diptera Ephydriidae) responsible for transmitting *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici in soilless tomato crops. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture* **26**:383-385.
- Cordovez, V., V. J. Carrion, D. W. Etalo, R. Mumm, H. Zhu, G. P. van Wezel, and J. M. Raaijmakers. 2015. Diversity and functions of volatile organic compounds produced by *Streptomyces* from a disease-suppressive soil. *Frontiers in Microbiology* **6**:13.
- Cotsaris, E., A. Bruchet, J. Mallevialle, and D. B. Bursill. 1995. The identification of odorous metabolites produced from algal monocultures. *Water Science and Technology* **31**:251-258.
- Echegaray, E. A., R. A. Cloyd, and J. R. Nechols. 2015. Rove Beetle (Coleoptera: Staphylinidae) Predation on *Bradysia* sp nr. *coprophila* (Diptera: Sciaridae). *Journal of Entomological Science* **50**:225-237.
- El-Hamalawi, Z. A. 2008. Acquisition, retention and dispersal of soilborne plant pathogenic fungi by fungus gnats and moth flies. *Annals of Applied Biology* **153**:195-203.
- Enkegaard, A., M. A. Sardar, and H. F. Brodsgaard. 1997. The predatory mite *Hypoaspis miles*: Biological and demographic characteristics on two prey species, the mushroom sciarid fly, *Lycoriella solani*, and the mould mite, *Tyrophagus putrescentiae*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **82**:135-146.
- Foote, B. A. 1995. Biology of shore flies. *Annual Review of Entomology* **40**:417-442.
- Frank, J., and K. Dettner. 2008. Sex pheromones in three *Bradysia* species (Dipt., Sciaridae): novel bioassays with female body extracts and fractions. *Journal of Applied Entomology* **132**:513-518.
- Freire, R. A. P., G. J. de Moraes, E. S. Silva, A. C. Vaz, and R. D. Castilho. 2007. Biological control of *Bradysia matogrossensis* (Diptera : Sciaridae) in mushroom cultivation with predatory mites. *Experimental and Applied Acarology* **42**:87-93.
- Frouz, J., and A. Novakova. 2001. A new method for rearing the sciarid fly, *Lycoriella ingenua* (Diptera : Sciaridae), in the laboratory: possible implications for the study of fly-fungal interactions. *Pedobiologia* **45**:329-340.
- Gardiner, R. B., W. R. Jarvis, and J. L. Shipp. 1990. Ingestion of *Pythium* spp by larvae of the fungus gnat *Bradysia impatiens* (Diptera, Sciaridae). *Annals of Applied Biology* **116**:205-212.
- Gilioli, G., J. Baumgartner, and V. Vacante. 2005. Temperature influences on functional response of *Coenosia attenuata* (Diptera : Muscidae) individuals. *Journal of Economic Entomology* **98**:1524-1530.
- Goldberg, N. P., and M. E. Stanghellini. 1990. Ingestion-egestion and aerial transmission of *Pythium-aphanidermatum* by shore flies (Ephydriinae, *Scatella stagnalis*). *Phytopathology* **80**:1244-1246.
- Gotoh, T., K. Nakamuta, M. Tokoro, and T. Nakashima. 1999. Copulatory behavior and sex pheromones in sciarid fly, *Lycoriella mali* (Fitch) (Sciaridae : Diptera). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* **43**:181-184.
- Gouge, D. H., and N. G. M. Hague. 1994. Control of sciarids in glass and propagation houses with *Steinernema feltiae*. Pages 1073-1078 in Brighton Crop Protection Conference: Pest Dis.
- Gouge, D. H., and N. G. M. Hague. 1995a. The development of *Steinernema feltiae* (Nematoda, Steinernematidae) in the sciarid fly *Bradysia paupera* (Diptera, Sciaridae). *Annals of Applied Biology* **126**:395-401.
- Gouge, D. H., and N. G. M. Hague. 1995b. Glasshouse control of fungus gnats, *Bradysia paupera*, on fuchsias by *Steinernema feltiae*. *Fundamental and Applied Nematology* **18**:77-80.
- Gouge, D. H., and N. G. M. Hague. 1995c. The susceptibility of different species of sciarid flies to entomopathogenic nematodes. *Journal of Helminthology* **69**:313-318.
- Grewal, P. S., and P. N. Richardson. 1993. Effects of application rates of *Steinernema feltiae* (Nematoda, Steinernematidae) on biological control of the mushroom fly *Lycoriella auripila* (Diptera, Sciaridae). *Biocontrol Science and Technology* **3**:29-40.
- Grewal, P. S., M. Tomalak, C. B. O. Keil, and R. Gaugler. 1993. Evaluation of a genetically selected strain of *Steinernema feltiae* against the mushroom sciarid *Lycoriella mali*. *Annals of Applied Biology* **123**:695-702.
- Grosman, A., G. Messelink, and E. De Groot. 2011. Combined use of a mulch layer and the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese) enhance the biological control of sciarids in potted plants. *IOBC/WPRS bulletin*:51-54.
- Harris, M. A., W. A. Gardner, and R. D. Oetting. 1996. A review of the scientific literature on fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in the genus *Bradysia*. *Journal of Entomological Science* **31**:252-276.
- Harris, M. A., R. D. Oetting, and W. A. Gardner. 1995. Use of entomopathogenic nematodes and a new monitoring technique for control of fungus gnats, *Bradysia coprophila* (Diptera, Sciaridae) in floriculture. *Biological Control* **5**:412-418.

- Hay, D. B., and P. N. Richardson. 1995. Interspecific and intraspecific variation in infectivity of *Steinernema* spp to larvae of the mushroom fly *Lycoriella solani*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **77**:11-15.
- Hellqvist, S. 1994. Biology of *Synacra* sp (Hymenoptera, Diapriidae), a parasitoid of *Bradysia paupera* (Diptera, Sciaridae) in Swedish greenhouses. *Journal of Applied Entomology* **117**:491-497.
- Hough, J. A., G. E. Harman, and C. J. Eckenrode. 1981. Microbial stimulation of onion maggot oviposition. *Environmental Entomology* **10**:206-210.
- Ishitani, E., T. Gotoh, and T. Kawasaki. 1997. Development of sticky light trap and attractiveness to mushroom-infesting sciarids, *Lycoriella mali* (Fitch) and *Bradysia paupera* Tuomikoski (Diptera: Sciaridae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* **41**:141-146.
- Jacobson, R. J., and D. Chandler. 2000. Protected crops: A review of the potential of *Beauveria bassiana* against pests of glasshouse grown crops in the UK. Horticulture Research International, Stockbridge House, Cawood, North Yorkshire.
- Jacobson, R. J., and P. Croft. 1997. Protected lettuce: Control of sciarid and shore flies. Report of contract work undertaken for HDC project PC 101.
- Jacobson, R. J., P. Croft, and J. Fenlon. 1999. *Scatella stagnalis* Fallen (Diptera: Ephydriidae): Towards IPM in protected lettuce crops. *IOBC Bulletin* **22**:117-120.
- Jagdale, G. B., M. L. Casey, L. Canas, and P. S. Grewal. 2007. Effect of entomopathogenic nematode species, split application and potting medium on the control of the fungus gnat, *Bradysia difformis* (Diptera : Sciaridae), in the greenhouse at alternating cold and warm temperatures. *Biological Control* **43**:23-30.
- Jagdale, G. B., M. L. Casey, P. S. Grewal, and R. K. Lindquist. 2004. Application rate and timing, potting medium, and host plant effects on the efficacy of *Steinernema feltiae* against the fungus gnat, *Bradysia coprophila*, in floriculture. *Biological Control* **29**:296-305.
- Jandricic, S., C. D. Scott-Dupree, A. B. Broadbent, C. R. Harris, and G. Murphy. 2006. Compatibility of *Atheta coriaria* with other biological control agents and reduced-risk insecticides used in greenhouse floriculture integrated pest management programs for fungus gnats. *Canadian Entomologist* **138**:712-722.
- Jarvis, W. R., J. L. Shipp, and R. B. Gardiner. 1993. Transmission of *Pythium aphanidermatum* to greenhouse cucumber by the fungus gnat *Bradysia impatiens* (Diptera, Sciaridae). *Annals of Applied Biology* **122**:23-29.
- Jess, S., and J. F. W. Bingham. 2004. Biological control of sciarid and phorid pests of mushroom with predatory mites from the genus *Hypoaspis* (Acari : Hypoaspidae) and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *Bulletin of Entomological Research* **94**:159-167.
- Jess, S., and M. Kilpatrick. 2000. An integrated approach to the control of *Lycoriella solani* (Diptera : Sciaridae) during production of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Pest Management Science* **56**:477-485.
- Jess, S., and H. Schweizer. 2009. Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. *Pest Management Science* **65**:1195-1200.
- Keil, C. B. 1991. Field and laboratory evaluation of a *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* formulation for control of fly pests in mushrooms. *Journal of Economic Entomology* **84**:1180-1188.
- Kennedy, M. K. 1974. Survival and development of *Bradysia impatiens* (Diptera - Sciaridae) on fungal and non-fungal food resources. *Annals of the Entomological Society of America* **67**:745-749.
- Kühne, S., and H. Heller. 2011. Sciarid fly larvae in growing media - biology, occurrence, substrate and environmental effects and biological control measures. Online Presentatie.
- Lindquist, R. K. 1997. Integrated management of poinsettia pests: fungus gnats. *Ohio Florists' Assoc. Bull.* **813**:4-8.
- Liu, Y. N., H. Honda, and Y. Kohno. 2002. Mating Behavior and its regulatory factors in the black fungus gnat, *Bradysia paupera* (Diptera : Sciaridae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* **46**:23-30.
- Ma, J., S. L. Chen, M. Moens, R. C. Han, and P. De Clercq. 2013. Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the chive gnat, *Bradysia odoriphaga*. *Journal of Pest Science* **86**:551-561.
- Martins, J., C. Mateus, C. Ramos, and E. Figueiredo. 2015. An optimized method for mass rearing the tiger-fly, *Coenosia attenuata* (Diptera: Muscidae). *European Journal of Entomology* **112**:470-476.
- Mateus, C. 2012. Bioecology and behaviour of *Coenosia attenuata* in greenhouse vegetable crops in the Oeste region, Portugal. *Bulletin of Insectology* **65**:257-263.
- Molloy, D., R. Gaugler, and H. Jamnback. 1981. Factors influencing efficacy of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* as a biological control agent of black fly *Diptera, Simuliidae* larvae. *Journal of Economic Entomology* **74**:61-64.
- Morton, A., and F. G. Del Pino. 2007. Susceptibility of shore fly *Scatella stagnalis* to five entomopathogenic nematode strains in bioassays. *Biocontrol* **52**:533-545.

- Navarro, M. J., and F. J. Gea. 2014. Entomopathogenic nematodes for the control of phorid and sciarid flies in mushroom crops. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* **49**:11-17.
- Nickle, W. R., and W. W. Cantelo. 1991. Control of a mushroom-infesting fly, *Lycoriella mali*, with *Steinernema feltiae*. *Journal of Nematology* **23**:145-147.
- Olson, D. L., R. D. Oetting, and M. W. van Iersel. 2002. Effect of soilless potting media and water management on development of fungus gnats (Diptera : Sciaridae) and plant growth. *Hortscience* **37**:919-923.
- Osborne, L. S., D. G. Boucias, and R. K. Lindquist. 1985. Activity of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* on *Bradysia coprophila* (Diptera, Sciaridae). *Journal of Economic Entomology* **78**:922-925.
- Pethybridge, N. J. 1991. The systemic use of bioassay methods to determine the effectiveness of *Bacillus thuringiensis* isolates for the control of the mushroom sciarid *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). in M. J. Maher, editor. *Science and cultivation of edible fungi*. Aa Balkema, Dublin, Ireland.
- Pijnakker, J., A. Grosman, A. Leman, A. Van der Linden, and E. de Groot. 2014. Biologische bestrijding van rouwmuggen. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, Nederland.
- Pijnakker, J., A. Leman, G. Messelink, A. Grosman, and R. van Holstein. 2011. Bestrijding van rouwmuggen en oevervliegen. Interne Projectnummer: 3242070400, PT-number: 13804, Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, Nederland.
- Rinker, D. L., T. H. A. Olthof, J. Dano, and G. Alm. 1995. Effects of entomopathogenic nematodes on control of a mushroom-infesting sciarid fly and on mushroom production. *Biocontrol Science and Technology* **5**:109-119.
- Rudzinska, M. 1998. Life history of the phoretic predatory mite *Arctoseius semiscissus* (Acari : Ascidae) on a diet of sciarid fly eggs. *Experimental & Applied Acarology* **22**:643-648.
- Scarlett, K., L. Tesoriero, R. Daniel, and D. Guest. 2014. Sciarid and shore flies as aerial vectors of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in greenhouse cucumbers. *Journal of Applied Entomology* **138**:368-377.
- Scheepmaker, J. W. A., F. P. Geels, A. J. Rutjens, P. H. Smits, and L. Van Griensven. 1998a. Comparison of the efficacy of entomopathogenic nematodes for the biological control of the mushroom pests *Lycoriella auripila* (Sciaridae) and *Megaselia halterata* (Phoridae). *Biocontrol Science and Technology* **8**:277-288.
- Scheepmaker, J. W. A., F. P. Geels, P. H. Smits, and L. Van Griensven. 1997. Control of the mushroom pests *Lycoriella auripila* (Diptera : Sciaridae) and *Megaselia halterata* (Diptera : Phoridae) by *Steinernema feltiae* (Nematoda : Steinernematidae) in field experiments. *Annals of Applied Biology* **131**:359-368.
- Scheepmaker, J. W. A., F. P. Geels, L. van Griensven, and P. H. Smits. 1998b. Susceptibility of larvae of the mushroom fly *Megaselia halterata* to the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* in bioassays. *Biocontrol* **43**:201-214.
- Schmelz, E. A., R. J. Grebenok, T. E. Ohnmeiss, and W. S. Bowers. 2002. Interactions between *Spinacia oleracea* and *Bradysia impatiens*: A role for phytoecdysteroids. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **51**:204-221.
- Schulz-Bohm, K., H. Zweers, W. de Boer, and P. Garbeva. 2015. A fragrant neighborhood: volatile mediated bacterial interactions in soil. *Frontiers in Microbiology* **6**:11.
- Schumann, M., A. Patel, and S. Vidal. 2013. Evaluation of an attract and kill strategy for western corn rootworm larvae. *Applied Soil Ecology* **64**:178-189.
- Shamshad, A., A. D. Clift, and S. Mansfield. 2008. Toxicity of six commercially formulated insecticides and biopesticides to third instar larvae of mushroom sciarid, *Lycoriella ingenua* Dufour (Diptera : Sciaridae), in New South Wales, Australia. *Australian Journal of Entomology* **47**:256-260.
- Sonoda, S., Y. Kataoka, Y. Kohara, R. Nakano, Y. Imura, and M. Suzue. 2014. Trap Catches of Dipteran Insects using Ultraviolet LED (Light Emitting Diode) and Water-pan Trap. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* **58**:32-35.
- Stanghellini, M. E., and Z. A. El-Hamalawi. 2005. Efficacy of *Beauveria bassiana* on colonized millet seed as a biopesticide for the control of shore flies. *Hortscience* **40**:1384-1388.
- Stintzi, A., H. Weber, P. Reymond, J. Browse, and E. E. Farmer. 2001. Plant defense in the absence of jasmonic acid: The role of cyclopentenones. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **98**:12837-12842.
- Szafranek, P., M. Lewandowski, and M. Kozak. 2013. Prey preference and life tables of the predatory mite *Parasitus bituberosus* (Acari: Parasitidae) when offered various prey combinations. *Experimental and Applied Acarology* **61**:53-67.
- Szlendak, E., and M. Lewandowski. 2009. Development and reproductive capacity of the predatory mite *Parasitus consanguineus* (Acari: Parasitidae) reared on the larval stages of *Megaselia halterata* and *Lycoriella ingenua*. *Experimental and Applied Acarology* **47**:285-292.
- Thaler, J. S., M. A. Farag, P. W. Pare, and M. Dicke. 2002. Jasmonate-deficient plants have reduced direct and indirect defences against herbivores. *Ecology Letters* **5**:764-774.

- Tibbles, L. L., D. Chandler, A. Mead, M. Jervis, and L. Boddy. 2005. Evaluation of the behavioural response of the flies *Megaselia halterata* and *Lycoriella castanescens* to different mushroom cultivation materials. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **116**:73-81.
- Tilley, L. A. N., P. Croft, and P. J. Mayhew. 2011a. Control of a glasshouse pest through the conservation of its natural enemies? An evaluation of apparently naturally controlled shore fly populations. *Biological Control* **56**:22-29.
- Tilley, L. A. N., P. Croft, and P. J. Mayhew. 2011b. Testing a candidate parasitoid in the glasshouse: control efficacy of *Aphaereta debilitata* (Hymenoptera: Braconidae) against shore fly populations. *Biocontrol* **56**:851-860.
- Tomalak, M. 1994. Selective breeding of *Steinernema feltiae* (Filipjev) (Nematoda, Steinernematidae) for improved efficacy in control of a mushroom fly, *Lycoriella solani* Winnertz (Diptera, Sciaridae). *Biocontrol Science and Technology* **4**:187-198.
- Ugine, T. A., J. P. Sanderson, and S. P. Wraight. 2007. Developmental times and life tables for shore flies, *Scatella tenuicosta* (Diptera : Ephydriidae), at three temperatures. *Environmental Entomology* **36**:989-997.
- Ugine, T. A., E. J. Sensenbach, J. P. Sanderson, and S. P. Wraight. 2010. Biology and Feeding Requirements of Larval Hunter Flies *Coenosia attenuata* (Diptera: Muscidae) Reared on Larvae of the Fungus Gnat *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae). *Journal of Economic Entomology* **103**:1149-1158.
- van der Staaïj, M., and J. Janse. 2011. Inventarisatie alternatieven voor thiram in bladgewassen (sla, andijvie) en radijs onder glas., Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.
- Van Epenhuijsen, C. W., B. B. C. Page, and J. P. Koolaard. 2001. Preventative treatments for control of fungus gnats and shore flies. *New Zealand Plant Protection* **54**:42-46.
- van Molken, T., H. de Caluwe, C. A. Hordijk, A. Leon-Reyes, T. A. L. Snoeren, N. M. van Dam, and J. F. Stuefer. 2012. Virus infection decreases the attractiveness of white clover plants for a non-vectoring herbivore. *Oecologia* **170**:433-444.
- Vanninen, I. 2001. Biology of the shore fly *Scatella stagnalis* in rockwool under greenhouse conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **98**:317-328.
- Vanninen, I. 2003. Control of sciarid flies with *Steinernema feltiae* in poinsettia cutting production. *International Journal of Pest Management* **49**:95-103.
- Vanninen, I., and H. Koskula. 1998. Effect of hydrogen peroxide on algal growth, cucumber seedlings and the reproduction of shore flies (*Scatella stagnalis*) in rockwool. *Crop Protection* **17**:547-553.
- Vanninen, I., and H. Koskula. 2003. Biological control of the shore fly (*Scatella tenuicosta*) with steinernematid nematodes and *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* in peat and rockwool. *Biocontrol Science and Technology* **13**:47-63.
- Vanninen, I., and H. Koskula. 2004. Biocontrol of the shore fly *Scatella tenuicosta* with *Hypoaspis miles* and *H-aculeifer* in peat pots. *Biocontrol* **49**:137-152.
- Wilkinson, J. D., and D. M. Daugherty. 1970. Biology immature stages of *Bradysia impatiens* (Diptera - Sciaridae). *Annals of the Entomological Society of America* **63**:656-8.
- Wright, E. M., and R. J. Chambers. 1994. The biology of the predatory mite *Hypoaspis miles* (Acari, Laelapidae), a potential biological control agent of *Bradysia paupera* (Diptera, Sciaridae). *Entomophaga* **39**:225-235.
- Xue, M., L. Yuan, and M. L. Xu. 2002. The olfactory response of adults to volatiles and comparison of toxicity of different insecticides to the adults and larvae of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Journal of Pesticide Science* **4**:50-56. (in Chinese).
- Zack, R. S., and B. A. Foote. 1978. Utilization of algal monocultures by larvae of *Scatella stagnalis* (Diptera; Ephydriidae). *Environmental Entomology* **7**:509-511.

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-786

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.