



Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen in de glastuinbouw

Een overzicht van bestaande en nieuwe methoden van bestrijding

Gerben J. Messelink

Rapport WPR-1112

Referaat

Dit rapport geeft een overzicht van mogelijkheden voor een "natuurvriendelijke" bestrijding van bladluis in de glastuinbouw. Dit betreft biologische bestrijding met arthropode natuurlijke vijanden (macrobiolen) en micro-organismen (microbiolen), het stimuleren van natuurlijke bestrijding, geïnduceerde plantweerstand, de effecten van plantvoeding, afwerende geuren en de fysieke bestrijding van bladluis. Bij al deze methoden is er nog veel ruimte voor verbetering.

Abstract

This report provides an overview of options for a "nature-friendly" control of aphids in greenhouse horticulture. This concerns biological control with arthropod natural enemies (macrobiolen) and micro-organisms (microbiolen), the stimulation of natural control, induced plant resistance, the effects of plant nutrition, repellent odours and the physical control of aphids. With all these methods there are still many opportunities for improvement.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1112

Projectnummer: 3742325300

BO nummer: BO-43-102.02-000-WPR

Thema: gewasgezondheid

DOI: <https://doi.org/10.18174/566576>

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV voor invulling van de kennisdeskvraag KD-2021-055 "Bladluizen Glastuinbouw".

Disclaimer

© 2022 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 veelevoudigd, 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	Inleiding	7
2	Biologische bestrijding met Macrobia's	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Generalistische predatoren	9
2.2.1	Anthocoridae	9
2.2.2	Miridae	10
2.3	Generalistische predatoren met een voorkeur voor bladluis	10
2.3.1	Gaasvliegen	10
2.3.2	Lieveheersbeestjes	11
2.3.3	Zweefvliegen	11
2.4	Specialistische bladluisbestrijders	12
2.5	Conclusies	14
3	Biologische bestrijding met microbia's	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Entomopathogene schimmels	15
3.3	Conclusies	17
4	Stimulering van natuurlijke biologische bestrijding	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Bankerplanten in de kas	19
4.3	Biodiversiteit in de kasomgeving	19
4.3.1	Schuilplekken	19
4.3.2	Nectar	20
4.3.3	Alternatieve prooien	20
4.3.4	Pollen	20
4.4	Conclusies	21
5	Geïnduceerde plantweerbaarheid en plantenvoeding	23
5.1	Inleiding	23
5.2	Plantenvoeding	23
5.3	Geïnduceerde plantweerbaarheid	23
5.4	Conclusies	24
5.5		24
6	Afwerende middelen	25
6.1	Inleiding	25
6.2	Afwerende planten	25
6.3	Afwerende oliën	25
6.4	Kaolien	25
6.5	Alarmferomoon	25
6.6	Conclusie	26

7	Fysische bestrijding van bladluis	27
	7.1 Inleiding	27
	7.2 Hittebehandeling	27
	7.3 Waterbehandelingen	27
	7.4 UV-licht	27
	7.5 Gaas	28
8	Aanbevelingen	29
	Literatuur	31

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van mogelijkheden voor een "natuurvriendelijke" bestrijding van bladluis in de glastuinbouw. Door het wegvallen van systemische gewasbeschermingsmiddelen zoals imidacloprid en pymetrozine en de ontwikkeling klonen met resistentie tegen chemische gewasbeschermingsmiddelen, is de bestrijding van bladluis de laatste jaren steeds lastiger geworden. Biologische bestrijding van bladluis wordt al sinds de jaren tachtig van de vorige eeuw met succes toegepast, maar ondanks de beschikbaarheid van diverse soorten natuurlijke vijanden blijft het een uitdaging om de vele soorten bladluis effectief te bestrijden. Dit heeft vooral te maken met de zeer snelle ongeslachtelijke voortplanting waardoor populaties enorm snel kunnen groeien en al snel schade veroorzaken. In dit rapport zijn verschillende mogelijkheden voor niet-chemische bestrijding op een rij gezet. Dit betreft biologische bestrijding met arthropode natuurlijke vijanden (macrobiols) en micro-organismen (microbiols), het stimuleren van natuurlijke bestrijding, geïnduceerde plantweerbaarheid, de effecten van plantenvoeding, afwerende geuren en de fysieke bestrijding van bladluis. Bij al deze methoden is er nog veel ruimte voor verbetering.

Biologische bestrijding met macrobiols kan waarschijnlijk worden versterkt door bestrijders te selecteren die de huidige soorten aanvullen doorzat ze bijvoorbeeld beter tegen lage of hoge temperaturen kunnen, beter overleven bij lage bladluisdichtheden of een bepaalde niche in het gewas innemen waar andere soorten niet actief foerageren. Dit kan gecombineerd worden met methoden om vestiging te ondersteunen met bankerplanten, schuilplekken en alternatieve voedselbronnen.

Biologische bestrijding met microbiols is tot nu toe weinig succesvol. De meeste potentie bieden entomopathogene schimmels, maar de huidige commerciële isolaten zijn beperkt effectief. De meest effectieve soorten behoren tot de entomophthorale schimmels, zoals *Pandora neoaphidis*, maar deze zijn obligaat parasitair en kunnen zich alleen voorplanten op bladluis, waardoor ze niet makkelijk massaal te kweken zijn en momenteel ook niet beschikbaar zijn. Meer onderzoek naar massakweektechnieken voor entomophthorale schimmels zou toepassing wellicht mogelijk kunnen maken. Verder zijn er steeds meer mogelijkheden om in kassen het klimaat te sturen, waardoor voor een bepaalde periode optimale condities voor inzet van entomopathogene schimmels gecreëerd.

Bestrijding van bladluis kan verder ondersteund worden door de waardplant minder aantrekkelijk te maken voor bladluizen. Hoewel er al redelijk wat bekend is over de effecten van plantenvoeding op bladluis, is het nog nauwelijks bekend hoe dit doorwerkt in een totaal systeem van planten, bladluizen en biologische bestrijders. Ook het induceren van plantweerbaarheid tegen bladluis is nog maar beperkt onderzocht en kan ook mogelijkheden bieden om de ontwikkelingsnelheid van bladluis te remmen en daardoor bestrijding met andere methoden te ondersteunen.

Aanvullend op het minder aantrekkelijk maken van teeltgewassen met plantweerbaarheid en aangepaste plantenvoeding is de inzet van afwerende geuren. Er zijn diverse studies die aantonen dat geuren zoals knoflook en rozemarijn afstotend werken op bladluis. Ook inzet van het alarmferomoon (E)- β -farneseen is hiervoor een mogelijkheid doordat het deze stof gesynthetiseerd kan worden. In hoeverre deze stoffen op praktijkschaal ook echt kolonisatie van gewassen kunnen verminderen is weinig onderzocht. Een ontwikkeling van push-pull systemen gecombineerd met biologische bestrijding zou mogelijk nieuwe kansen bieden voor het verbeteren van de bladluisbestrijding.

Tot slot is ook een aantal niet-chemische methoden voor curatieve bestrijding op basis van fysieke bestrijding beschreven. Afgezien van het afgazen van luchtramen, zijn alternatieve manieren van fysieke bestrijding met hitte, water, of UV-licht mogelijk, maar dit is nog nauwelijks onderzocht. Aan deze methoden van fysieke bestrijding kleven nog veel haken en ogen, maar een verdere verkenning van inzet van licht, water en hitte kan interessant zijn, omdat er maar weinig niet-chemische curatieve bestrijdingsmogelijkheden beschikbaar zijn.

1 Inleiding

In de glastuinbouw komen diverse soorten bladluis voor die schadelijk zijn voor gewassen. Directe schade wordt veroorzaakt door groeiremming en – misvorming van de planten, het uitvallen van groeipunten en bloemknoppen, en indirect door het afscheiden van honingdauw waar roetdauwschimmels op groeien en door het overbrengen van virussen, zoals het CABYV (Cucurbit Aphid-Borne Yellow virus) in komkommer.

Door het wegvallen van systemische gewasbeschermingsmiddelen zoals imidacloprid en pymetrozine en de ontwikkeling klonen met resistentie tegen chemische gewasbeschermingsmiddelen, is de bestrijding van bladluis steeds lastiger. In dit rapport worden de mogelijkheden voor alternatieve, niet-chemische methoden voor bestrijding van bladluis in de glastuinbouw op een rij gezet en aanbevelingen gegeven voor verder onderzoek. Deze studie is aangevraagd door de werkgroep "actuele vraagstukken" die zich bezig houdt met het uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030 (LNV 2020). De kennisvraag van deze werkgroep was als volgt:

Welke innovatieve mogelijkheden zijn er om bladluizen in de glastuinbouw op natuurlijke wijze te bestrijden (zoals insectenpathogene schimmels) en welke mogelijkheden zijn er kansrijk voor toepassing in de praktijk?

In dit rapport komen de volgende mogelijkheden aan bod:

- Biologische bestrijding met macrobials en microbials.
- Stimulering van natuurlijke biologische bestrijding.
- Geïnduceerde plantweerbaarheid en plantenvoeding.
- Afwerende geuren.
- Fysische bestrijding.

Per onderdeel wordt aangegeven in welke stappen nodig zijn om de methoden praktijkrijp te krijgen.

De bestrijding van bladluis kan ook bereikt worden door veredeling van resistente gewassen. Voor tuinbouwgewassen onder glas is onderzoek gedaan naar sla (ten Broeke *et al.* 2016) en paprika (Sun *et al.* 2018). In beide gevallen bleek deze resistentie ook weer te kunnen worden doorbroken door aangepaste virulente klonen (ten Broeke *et al.* 2017, Sun *et al.* 2020), hetgeen aangeeft dat ontwikkeling van resistente cultivars niet makkelijk is. De mogelijkheden voor veredeling op bladluisresistentie worden in dit rapport niet verder behandeld, wat niet wegneemt dat het een belangrijk onderzoeksveld is voor de toekomst om plagen zoals bladluis te kunnen beheersen.

2 Biologische bestrijding met Macrobiaals

2.1 Inleiding

Onder biologische bestrijding met "macrobiaals" vallen nuttige insecten, mijten en entomofage aaltjes (nematoden). Voor deze bestrijders is geen lange registratieprocedure nodig zoals bij biologische en chemische middelen, wat een groot voordeel is. Wel is er voor iedere soort, ongeacht de herkomst, een ontheffing nodig via een procedure van RVO en de NVWA en moet rekening worden gehouden met het Nagoya Protocol voor "Access and Benefit Sharing".

Voor bladluis zijn er enorm veel bestrijders commercieel beschikbaar. Deze kunnen worden ingedeeld in 4 groepen:

1. Generalistische predatoren met een breed prooi-menu, waaronder bladluis.
2. Generalistische predatoren met een voorkeur voor bladluis.
3. Specialistische natuurlijke vijanden met een breed prooi-menu van bladluissoorten.
4. Specialistische natuurlijke vijanden met een werking op een beperkt aantal soorten bladluis.

De verschillende groepen voor afzonderlijk besproken, wat de huidige mogelijkheden zijn en waar de nieuwe mogelijkheden liggen.

2.2 Generalistische predatoren

Generalistische predatoren hebben 2 grote voordelen ten opzichte van specialistische natuurlijke vijanden: 1) ze kunnen bijdragen aan de bestrijding van meerdere soorten plagen en 2) ze kunnen zich ontwikkelen op alternatieve voedselbronnen, waardoor preventieve inzet mogelijk wordt. Een mogelijk nadeel is dat ze ook andere bestrijders kunnen aanvallen en consumeren (intraguild predatie, IGP). Dit kan de bestrijding van de plaag die de twee bestrijders delen verstoren, maar dit is alleen het geval als de bestrijder waarop de generalistische predator een effect heeft een veel effectiever bestrijder is van de gedeelde plaag dan de generalistische predator zelf (Holt and Polis 1997). In de meeste gevallen is IGP niet verstorend (Janssen *et al.* 2006). Voor bladluis zijn er diverse mogelijkheden om generalisten in te zetten.

2.2.1 Anthocoridae

Een belangrijke familie van generalistische predatoren is de Anthocoridae. Hieronder vallen alle Orius-soorten. De meest bekende is *Orius laevigatus*, welke standaard wordt ingezet in paprika voor bestrijding van trips. Deze soort is echter sterk gericht op stuifmeel en bloemen, waardoor de effecten op bladluis beperkt zijn wanneer er bloemen aanwezig zijn. *Orius majusculus* is veel meer een bladbewonende roofwants die ook een belangrijke bijdrage kan leveren aan bladluis (Messelink *et al.* 2011c, Messelink *et al.* 2013b). Een nadeel van deze soort is dat de wantsen in diapauze gaan, waardoor de populatieontwikkeling in het najaar stopt. Er zijn echter tal van andere soorten van Orius die bladbewonend zijn en geselecteerd kunnen worden uit gebieden waar ze niet in diapauze gaan. Het is wel belangrijk te noemen dat het succes van vestiging erg gewasafhankelijk is. Ze hebben zacht plantweefsel nodig voor ei-afzet, waardoor inzet in houtige gewassen, zoals roos lastig is. Daarnaast is de beschikbaarheid van alternatief voedsel bij afwezigheid van stuifmeel noodzakelijk. Dit kan echter aangeboden worden met producten op basis van meelmoteieren (Ephestia), pekelkreefstysten (Artemia) of voermijten (Messelink *et al.* 2016).

2.2.2 Miridae

Een tweede belangrijke familie van generalisten is de Miridae. Onder deze groep vallen zowel plagen zoals de behaarde wants en groene appelwants, maar ook nuttigen zoals *Macrolophus pygmaeus*. In feite zijn deze wantsen omnivoren die zowel plantmateriaal als prooi consumeren. Dit is een groot voordeel bij vestiging in afwezigheid van plagen, maar soms een risico voor plantschade. De wants *Nesidiocorius tenuis* wordt bijvoorbeeld ingezet in Zuid-Spanje in tomaat voor de bestrijding van witte vlieg en *Tuta absoluta*, maar in Nederland wordt deze soort als plaag beschouwd vanwege de gewasschade. In gerbera zijn diverse soorten miride wantsen getest, waar ze een geweldige bestrijding van diverse plagen geven, waaronder bladluis, maar bij hoge dichtheden kunnen ze helaas ook bloemschade geven (Messelink *et al.* 2019, Leman *et al.* 2020). Ook in paprika zijn diverse soorten miride wantsen getest, specifiek voor de bestrijding van bladluis. Preventieve inzet van *Macrolophus pygmaeus* gaf de beste bestrijding van groene perzikluis (Messelink *et al.* 2015). In de praktijk vallen de effecten op bladluis soms tegen, waarschijnlijk door te lage dichtheden of door onbekende effecten van andere voedselbronnen en prooivoorkeur. Een goede populatieopbouw van deze wantsen voordat bladluis het gewas infesteert is belangrijk.

2.3 Generalistische predatoren met een voorkeur voor bladluis

2.3.1 Gaasvliegen

Gaasvliegen (Chrysopidae), kunnen worden beschouwd als generalistische predatoren met een voorkeur voor bladluis. Tot nu toe worden ze op beperkte schaal ingezet voor de biologische bestrijding van bladluis, maar soms ook voor de bestrijding van bladtripsen zoals *Echinothrips americanus* of wolluis. De larven worden met name gebruikt in de kruidenteelt en in laagblijvende gewassen zoals aardbei. In de paprikateelt zetten telers incidenteel larven van gaasvliegen in om een haard met bladluizen te bestrijden. Dit is echter een relatief dure methode omdat de larven vrij snel na de inzet verpoppen en daarna niet meer bijdragen aan de bestrijding. Bovendien wordt er vrijwel nooit een populatieopbouw in kassen waargenomen. Recent kunnen gaasvliegen ook massaal als ei-stadium worden ingezet. Op die manier kan je langer profiteren van het larvale stadium. Een nadeel is dat de larven vrij kannibalistisch zijn, waardoor de effecten beperkt kunnen blijven. Dit is echt een "overkill" strategie om zo snel mogelijk haarden te bestrijden.

In de natuur komen verschillende soorten gaasvliegen voor. Een veldonderzoek in Zuidwest Europa leverde een lijst van 56 soorten op (Canard *et al.* 2007). De biologie en het gedrag van deze soorten verschilt onderling sterk. Sommige soorten zijn bijvoorbeeld vooral in bomen te vinden, terwijl andere soorten laag in kruidlagen voorkomen. Er zijn soorten waarvan de volwassen stadia ook bladluis eten en soorten waarbij alleen de larven carnivoren zijn en de volwassenen als vegetariërs door het leven gaan doordat ze uitsluitend stuifmeel en nectar eten. De eieren worden meestal verspreid, maar soms geclusterd afgezet. Groene gaasvliegen zetten de eieren af op steeltjes, maar bruine gaasvliegen direct op het blad. Verder verschillen de soorten waarschijnlijk sterk in voorkeur voor temperatuur en vochtigheid. In hoeverre al deze eigenschappen bepalen of een soort wel of niet geschikt is als bladluisbestrijder in een kasgewas is onbekend. Tot nu toe worden voornamelijk larven van de groene gaasvlieg ingezet, welke worden verkocht onder de naam "*Chrysoperla carnea*". Het is al lange tijd bekend dat deze groene gaasvlieg niet één soort is, maar een complex van verschillende soorten die verschillen in morfologie en het zanggedrag van de mannetjes (Henry *et al.* 2002). Het is goed mogelijk dat ze niet alleen qua uiterlijk anders zijn, maar ook in hun gedrag en effectiviteit als bladluisbestrijder.

In paprika zijn naast *Chrysoperla carnea* 4 andere soorten getest voor de bestrijding van bladluis in kassen (Messelink *et al.* 2012):

- *Chrysoperla affinis*.
- *Chrysoperla lucasina*.
- *Micromus variegatus*.
- *Chrysopa perla*.

Het bijzondere van de laatste 2 soorten is dat hier de volwassenen ook bladluis eten. In kooien was vooral *Crysopa perla* bijzonder effectief. Deze soort wordt momenteel niet gebruikt in plaagbestrijding in kassen, omdat er nog geen bedrijf is dat deze soort produceert. *Micromus variegatus* kan een goede aanvulling zijn op bestrijding van bladluis met sluipwespen, doordat ze wat actiever zijn lager in het gewas waar ze bladluizen kunnen bestrijden die zich na verstoring door sluipwespen laten vallen (Rocca and Messelink 2017). Deze soort wordt al enige tijd in Canada ingezet. Sinds 2022 is een andere bruine gaasvliegsoort beschikbaar voor Nederlandse telers, namelijk *Micromus angulatus*. Net als bij *M. variegatus* zijn ook hier de adulten predatoren van bladluis, wat een groot voordeel is ten opzichte van de groene gaasvlieg. In kasproeven met paprika is een goede bestrijding van bladluis met deze nieuwe gaasvlieg aangetoond (Ntalia et al. 2022).

2.3.2 Lieveheersbeestjes

Naast gaasvliegen zijn ook lieveheersbeestjes (Coccinellidae) interessante bestrijders van bladluis. In Nederland komen zo'n zestig soorten voor, waarvan de meeste soorten bladluis eten. De meest voorkomende soorten zijn het:

- Aziatisch lieveheersbeestje, *Harmonia axyridis*.
- zevenstippelig lieveheersbeestje, *Coccinella septempunctata*.
- tweestippelig lieveheersbeestje, *Adalia bipunctata*.
- schaakbordlieveheersbeestje, *Propylea quatuordecimpunctata*.

In de glastuinbouw werd tot nu toe hoofdzakelijk het tweestippelig lieveheersbeestje *Adalia bipunctata* ingezet. De strategie is dan om larven in te zetten in haarden om bladluis snel te reduceren. Het nadeel is dat deze soort slecht werkt bij lage bladluisdichtheden. Grote lieveheersbeestjes zullen alleen eieren afzetten in haarden van voldoende omvang, zodat hun nakomelingen zich goed kunnen ontwikkelen (mother-knows-best-theorie). Kleinere lieveheersbeestjes daarentegen zullen eerder eieren afzetten bij kleine bladluishaarden en in die zin aanvullend werken (Sloggett 2008). Meer recent is ook het schaakbordlieveheersbeestje beschikbaar gekomen voor telers. Deze soort is iets kleiner dan het tweestippelig lieveheersbeestjes en is vaak spontaan gevonden bij biologische telers van vruchtgroenten onder glas en kan zich beter handhaven bij lagere bladluisdichtheden dan de grotere soorten zoals het zevenstippelig lieveheersbeestje (Honek et al. 2008). Wellicht zijn de nog kleinere kapoentjes interessant als aanvulling op de grotere lieveheersbeestjes.

De meeste lieveheersbeestjes kunnen worden beschouwd als generalisten met een sterke voorkeur voor bladluis. Bladluis is vaak een essentiële voedingsbron voor voortplanting, maar veel soorten kunnen ook andere prooien consumeren zoals keverlarven of wittevlieg (Evans et al. 1999, Laurenz et al. 2019).

2.3.3 Zweefvliegen

In de glastuinbouw is recent ook meer aandacht gekomen voor de bestrijding van bladluis met aphidofage zweefvliegen. Net als bij galmuggen leggen de volwassen zweefvliegen van deze groep eieren nabij bladluiscolonies en zijn de larven predatoren van bladluis. Veel andere soorten zweefvliegen (ongeveer twee/ derde van alle soorten in Nederland) zijn geen bladluispredatoren. De larven leven dan meestal van organisch afval. In buitenteelten worden de aphidofage zweefvliegen als een van de belangrijkste predatoren van bladluis beschouwd (Freier et al. 2007). Ze kunnen ook spontaan in kassen voorkomen door invlieg door de luchtramen. In Spaanse kassen met paprika is gedurende meerdere seizoenen onderzocht welke soorten zweefvliegen met meest voorkomen in kassen (Pineda and Marcos-Garcia 2008). Dit bleken de volgende 3 soorten te zijn:

- *Episyrphus balteatus*.
- *Eupeodes corollae*.
- *Sphaerophoria rueppellii*.

Dit zijn momenteel ook de enige soorten die in Europa gekweekt worden voor de bestrijding van bladluis in kassen. De inzet van zweefvliegen in kassen kan nog sterk worden verbeterd door het aanbieden van stuifmeel en nectar voor de adulten. Ook moet rekening worden gehouden met de relatief lange ontwikkelingsduur en tijd die nodig is resultaten van de larven te kunnen verwachten.

Aphidofage zweefvliegen eten voornamelijk bladluis, maar kunnen facultatief ook andere prooien consumeren zoals wittevlug (Laurenz *et al.* 2019).

2.4 Specialistische bladluisbestrijders

Onder de specialistische natuurlijke vijanden van bladluis vormen sluipwespen een belangrijke groep. Binnen de familie van de Braconidae zijn er 2 subfamilies met veel sluipwespsoorten die bladluizen parasiteren; de Aphidae en de Aphelinidae (Boivin *et al.* 2012). Deze sluipwespen zijn solitaire endoparasitoïden, wat betekent dat in iedere bladluis maar één eitje wordt gelegd en de ontwikkeling volledig in de bladluis plaatsvindt. De bladluizen kunnen zich na parasitering nog gewoon en tijdje doorontwikkelen. De sluipwespen vallen daarom onder de koinobionte soorten. Typisch aan Aphelinidae is dat ze naast parasitering ook bladluizen kunnen doden door aan gastheervoeding.

In de glastuinbouw worden sluipwespen al langere tijd ingezet voor de bestrijding van bladluis. De meest bekende soorten zijn *Aphidius colemani* en *Aphidius ervi*. *Aphidius colemani* werd populair toen bekend werd dat deze de katoenluis goed parasiteert, terwijl de tot dan toe gebruikte *Aphidius matricariae* minder effectief was tegen deze bladluissoort (Van Steenis 1995). *Aphidius matricariae* is echter een betere bestrijder van groene perzikluis dan *A. colemani*, waardoor deze later ook weer op de markt is terechtgekomen (Schelt *et al.* 2011). Naast deze soorten zijn er de laatste veel nieuwe soorten sluipwespen bijgekomen, met name door nieuwe kweektechnieken van de firma Viridaxis in België. Verschillende soorten sluipwespen worden vaak als mix aangeboden voor gewassen waar veel soorten bladluis kunnen voorkomen, zoals in kruiden, aardbei en framboos. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de belangrijke bladluissoorten in de glastuinbouw en de werking van de huidige commercieel beschikbare sluipwespen (voor zover bekend). *Aphidius gifuensis* is alleen in Azië verkrijgbaar waar deze massaal wordt ingezet voor de bestrijding van groene perzikluis in tabak (Wei *et al.* 2003). Deze soort zou in paprika een interessante kandidaat kunnen zijn voor de bestrijding van zowel groene perzikluis als boterbloemluis, de 2 meest voorkomende bladluissoorten in paprika die allebei goed worden bestreden voor *A. gifuensis* (Messelink *et al.* 2011b).

De bestrijding van bladluis met sluipwespen gaat lang niet altijd goed. De belangrijkste oorzaak daarvan is hyperparasitering (Sullivan and Völkl 1999). Dit vindt plaats wanneer secundaire sluipwespen de primaire sluipwespen in geparasiteerde bladluizen parasiteren. In de Nederlandse glastuinbouw komt dit massaal voor. De meeste voorkomende soort lijkt *Dendrocerus aphidum* te zijn (Bloemhard *et al.* 2014). Hyperparasitering kan al vroeg in het jaar optreden en oplopen tot 100% van de geparasiteerde bladluizen, waardoor er geen opbouwende generatie van sluipwespen is. De secundaire of hypersluipwespen kunnen lange tijd in kassen overleven, waardoor het moeilijk is om hier vanaf te komen. Een strategie kan zijn om een periode geen sluipwespen meer in te zetten, zodat er ook geen mummies meer aanwezig zijn die geparasiteerd kunnen worden. Bladluisbestrijding zal in deze periode dan moeten leunen op inzet van andere bestrijders.

Tabel 2.1

In de glastuinbouw voorkomende bladluisoorten en de commercieel beschikbare sluipwespen die ingezet kunnen worden tegen deze soorten. Aa = *Aphelinus abdominalus*, Ac = *Aphidus colemani*, Ae = *Aphidius ervi*, Ag = *Aphidius gifuensis*, Am = *Aphidius matricariae*, Ec = *Ephedrus cerasicola*, Lf = *Lysiphlebus fabarum*, Lt = *Lysiphlebus testaceipes*, Pv = *Praon volucre* (Kavallieratos et al. 2004, Ohta and Honda 2010, Boivin et al. 2012).

Bladluisoort	Aa	Ac	Ae	Ag	Am	Ec	Lf	Lt	Pv
<i>Acyrtosyphum malvae</i>			X						X
<i>Amphorophora idaei</i>									X
<i>Aphis craccivora</i>		X			X				X
<i>Aphis fabae</i>					X				X
<i>Aphis frangulae</i>					X		X		
<i>Aphis gossypii</i>		X			X		X	X	X
<i>Aphis idaei</i>		X			X		X		
<i>Aphis nasturtii</i>					X		X		X
<i>Aphis roborum</i>		X							
<i>Aphis schneideri</i>		X							
<i>Aphis spiraecola</i>		X			X		X		
<i>Aulacorthum circumflexum</i>						X			
<i>Aulacorthum solani</i>	X		X	X		X			
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	X		X			X			X
<i>Macrosiphum rosae</i>	X		X						X
<i>Myzus ascalonicus</i>		X	X						
<i>Myzus ornatus</i>		X							
<i>Myzus persicae</i>	X	X	X	X	X	X			X
<i>Ovatus crataegarius</i>					X				X
<i>Rhodobium porosum</i>	X		X						

Naast sluipwespen zijn er ook specialistische bladluispredatoren. De meest gebruikte soort is de galmug *Aphidoletes aphidimyza*. De volwassen galmuggen leggen eieren bij kolonies van bladluis en de uitgekomen larven prederen vervolgens op de bladluizen (Markkula et al. 1979). Galmuggen zijn samen met sluipwespen de meest ingezette en belangrijkste natuurlijke vijanden van bladluis. Echter, galmuggen kunnen om meerdere redenen niet goed functioneren. Dit kan onder andere veroorzaakt worden door ongunstige klimatologische omstandigheden (Boulanger et al. 2019). Een andere oorzaak voor het niet slagen van de bestrijding met galmuggen is de predatie van eieren door roofmijten die worden ingezet voor de bestrijding van trips. In experimenten bleek dit de bestrijding van bladluis volledig te verstoren (Messelink et al. 2011a).

2.5 Conclusies

Biologische bestrijding van bladluis was tot nu toe sterk gericht op specialistische soorten die ingezet worden zodra bladluis aanwezig is. Preventieve inzet van bladluisbestrijders verdient meer aandacht, zeker gezien het feit dat als bladluis eenmaal aanwezig is, de ontwikkeling razend snel gaat. Hoe eerder bestrijders aanwezig zijn om deze snelle ontwikkeling te remmen, hoe beter. Preventieve bestrijding kan met generalisten die zich ontwikkelen op alternatieve voedselbronnen, maar ook met generalistische bestrijders met een voorkeur voor bladluis waarbij de volwassenen lang in leven kunnen blijven op alternatieve voedselbronnen, zoals bijvoorbeeld lieveheersbeestjes die overleven op stuifmeel en nectar. Verder kan bestrijding waarschijnlijk nog sterk verbeterd worden door bestrijders te selecteren die de huidige soorten aanvullen doorzat ze bijvoorbeeld beter tegen lage of hoge temperaturen kunnen, beter overleven bij lage bladluisdichtheden of een bepaalde niche in het gewas innemen waar andere soorten niet actief foerageren. Er zijn dus nog zeer veel mogelijkheden om de biologische bestrijding van bladluis met arthropode natuurlijke vijanden te verbeteren. Telers kunnen nu al aan de slag met veel nieuwe bestrijders, maar veel potentiële soorten moeten nog verder worden getest en ontwikkeld worden tot producten.

3 Biologische bestrijding met microbials

3.1 Inleiding

Micro-organismen zoals schimmels, bacteriën en virussen, die worden ingezet voor de biologische bestrijding van plagen en ziekten worden ook wel "microbials" genoemd. De meest bekende microbial is *Bacillus thuringiensis* voor de bestrijding van rupsen. De rupsen gaan pas dood wanneer ze door vraat de sporen met de toxische kristallen opnemen. Hetzelfde geldt voor baculovirussen die ook pas werken wanneer ze door vraat in het darmstelsel terechtkomen. Bladluizen zijn floëemzuigende insecten die geen micro-organismen door vraat van blad binnenkrijgen. Er zijn wel tal van endosymbionten die in bladluizen leven en op enig moment in de bladluizen zijn terechtgekomen. Tot nu toe zijn er echter geen commerciële entomopathogene virussen of bacteriën van bladluis op de markt (Gonzalez *et al.* 2016, Sharma *et al.* 2021). Vrij recent is gevonden dat bespuitingen met de bacteriën *Bacillus pumilus* PTB180 and *Bacillus subtilis* PTB185 een dodend effect hebben op boterbloemluis en katoenluis (Kahia *et al.* 2021). Dit komt echter vooral door de metaboliëten die deze bacteriën afscheiden en in die zin lijkt het meer op een biochemische bestrijding dan biologische bestrijding.

3.2 Entomopathogene schimmels

Entomopathogene schimmels hebben het voordeel dat ze actief insecten en andere geleedpotigen kunnen infecteren door rechtstreeks het exoskelet te penetreren en het haemolymph binnen te dringen. Sporen hoeven dus niet te worden opgenomen door vraat, wat een groot voordeel is bij de bestrijding van floëemzuigende insecten. Deze groep biedt dan ook veel potentie voor de bestrijding van bladluis. Binnen de entomopathogene schimmels zijn er twee groepen te onderscheiden: de orde Hypocreales van stam van de ascomyceten en de orde van de Entomophthorales van de stam van de Mucoromycota. Onder de Hypocreales vallen de ongeslachtelijke (anamorfe) vormen van de geslachten Beauveria, Metarhizium, Nomuraea, Isaria, Hirsutella en de geslachtelijke (teleomorfe) vorm Cordyceps. Onder de entomophthorales vallen de geslachten Entomophthora, Zoophthora, Pandora en Entomophaga.

Van deze twee groepen (ordes) zijn soorten van de entomophthorales de meest effectieve bestrijders van bladluis (Latgé and Papierok 1988). In Slowakije is aan het begin van deze eeuw uitgebreid veldonderzoek gedaan naar natuurlijke infecties van bladluizen met entomopathogene schimmels (Barta and Cagan 2006). Gedurende 3 jaar werden 66 soorten bladluis verzameld van agrarische gewassen en wilde vegetaties. In totaal werden 15 soorten entomopathogene schimmels gevonden die behoorden tot de entomophthorales. Onder deze 66 soorten bladluizen zijn 6 soorten relevant voor de glastuinbouw (Tabel 3.1). Bij deze soorten werden de volgende 6 soorten entomophthorale schimmels gevonden:

- *Conidiobolus thromboides*.
- *Conidiobolus obscurus*.
- *Entomophthora planchoniana*.
- *Neozytes fressenii*.
- *Pandora neoaphidis*.
- *Zoophthora radicans*.

De soorten *E. planchoniana* en *P. neoaphidis* waren bij deze soorten het meest dominant (Tabel 3.1).

In Argentinië is gedurende een aantal seizoenen specifiek onderzocht welke entomopathogene schimmels voorkomen bij bladluizen van tuinbouwgewassen, zoals perzikluis, katoenluis, aardappeltopluis en de groene slaluis (Scorsetti *et al.* 2007). Bij deze bladluizen werden dezelfde soorten entomophthorales gevonden als in de Europese studie:

- *Conidiobolus obscurus*.
- *Entomophthora planchoniana*.
- *Neozygites fresenii*.
- *Pandora neoaphidis*.
- *Zoophthora radicans*.

Ook in deze studie bleek dat *Pandora neoaphidis* de meest dominante soort was die breed voorkwam bij alle bladluizen en gedurende het hele zomerseizoen in Argentinië (december–maart). Op basis van deze studies lijkt *Pandora neoaphidis* dus erg interessant voor de bestrijding van bladluizen in de glastuinbouw. Het probleem met Entomophthorales is echter dat ze obligaat parasitair zijn en zich dus alleen voortplanten op levende bladluizen. Dit maakt het kweektechnisch veel kostbaarder dan schimmels die massaal in vloeibare media of op substraten gekweekt kunnen worden. Een alternatieve manier om deze schimmels te introduceren is via bankerplanten met besmette bladluizen. Onderzoek van WUR heeft laten zien dat er potentie is om epizoötiën te induceren met mini-bankerplanten van wintertarwe en met Pandora geïnfecteerde graanluizen van de soort *Sitobion avenae* (Dinu and Messelink 2016). In de praktijk bleek dit niet altijd goed uit te pakken, omdat in veel gevallen de klimaatcondities niet optimaal waren. Het tijdelijk creëren van klimaatcondities die gunstig zijn voor entomopathogene schimmels kan de werking van entomopathogene schimmels waarschijnlijk sterk verbeteren.

Tabel 3.1

Soorten Entomophthorale schimmels die zijn waargenomen bij 6 soorten bladluis die ook in kassen kunnen voorkomen (Barta and Cagan 2006).

Bladluissoort	<i>Neozygites fresenii</i>	<i>Conidiobolus thromboideus</i>	<i>Conidiobolus obscurus</i>	<i>Entomophthora planchoniana</i>	<i>Zoophthora radicans</i>	<i>Pandora neoaphidis</i>
<i>Aphis fabae</i> (zwarte bonenluis)	X		X	X		X
<i>Brevicoryn brassica</i> (melige koolluis)	X		X		X	X
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (aardappeltopluis)				X		
<i>Macrosiphum rosae</i> (gewone rozeluis)	X	X	X	X		X
<i>Myzus ascalonicus</i> (sjalottenluis)				X		X
<i>Myzus persicae</i> (groene perzikluis)	X		X	X	X	X

De entomopathogene schimmels die wel goed massaal op medium te kweken zijn, zoals *Beauveria bassiana* en *Metarhizium spp.* zijn over het algemeen niet effectief tegen bladluis (Dinu *et al.* 2014, Jandricic *et al.* 2014). Een uitzondering daarop is de schimmel *Lecanicillium longisporum*, welke bij de juiste klimaatcondities ca. 40% van de bladluizen kan doden (Dinu *et al.* 2014). Deze schimmel was voorheen op de markt onder de naam "Vertalec", maar deze is momenteel niet meer beschikbaar vanwege de hoge kosten voor herregistratie van het product. Een meer gerichtere selectie van isolaten voor bestrijding van bladluis, kan de effectiviteit van entomopathogene schimmels waarschijnlijk sterk verbeteren. In Koreaans onderzoek is gericht gezocht naar makkelijk kweekbare schimmels die perzikluis infecteerden en diverse isolaten konden daarbij succesvol bladluis bestrijden in het laboratorium (Lee *et al.* 2015). Bij inzet van entomopathogene schimmels is het verder belangrijk ook te kijken naar de neveneffecten op andere natuurlijke vijanden die worden ingezet voor de bestrijding van plagen.

Sommige isolaten werken breed en kunnen zowel plagen als natuurlijke vijanden infecteren. Deze neveneffecten zijn vooral belangrijk voor natuurlijke vijanden waarbij een lange aanloop van populatieopbouw nodig is, zoals bij roofwantsen met een relatief lange levenscyclus (Gonzalez *et al.* 2016).

3.3 Conclusies

Bestrijding van bladluis met microbials is tot nu toe niet succesvol op commerciële schaal. Entomophthorale schimmels kunnen echter zeer effectief bladluispopulaties uitroeien, mits de klimaatcondities goed zijn en er voldoende start-inoculum is. Meer onderzoek naar massakweektechnieken voor entomophthorale schimmels zou toepassing wellicht mogelijk kunnen maken. Verder zijn er steeds meer mogelijkheden om in kassen het klimaat te sturen, waardoor tijdelijk optimale condities voor de inzet van entomopathogene schimmels gecreëerd kunnen worden. Biologische bestrijding met microbials is tot nu toe redelijk onderbelicht. Ze zouden een belangrijke aanvulling kunnen zijn voor curatieve bestrijding in aanvulling op preventieve bestrijding met macrobials.

4 Stimulering van natuurlijke biologische bestrijding

4.1 Inleiding

Naast inzet van gekweekte natuurlijke vijanden kan bestrijding door spontaan optredende natuurlijke vijanden ook een belangrijke rol spelen. De natuurlijke vijanden die zich in de omgeving van kassen ontwikkelen, kunnen ook kassen binnenvliegen, mits er geen insectengaas aanwezig is, en op die manier bijdragen aan de plaagbestrijding in kassen. In Nederlandse kassen is daar weinig over gedocumenteerd, maar het is wel bekend dat in met name biologische teelten zeer vaak spontaan natuurlijke vijanden voorkomen die een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan plaagbestrijding. Het gaat daarbij vaak om gaasvliegen, lieveheersbeestjes, sluipwespen en zweefvliegen. In Frankrijk is recent een uitgebreid onderzoek gedaan naar spontane parasitering van bladluizen in de kasteelten van aardbei (Postic *et al.* 2020). In zowel de meer gesloten glazen kassen als de meer open tunnelkassen werden in verschillende regio's 8 soorten sluipwespen waargenomen die verschillende soorten bladluis in aardbei parasiteerden. Deze spontane en natuurlijke bestrijding kan gestimuleerd worden met biodiversiteit in en rondom de kas (Li *et al.* 2020, Messelink *et al.* 2021).

4.2 Bankerplanten in de kas

Zowel de ingezette als spontaan optredende natuurlijke vijanden kunnen in kasteelten ondersteund worden met een aloude methode die bekend staat als de "bankerplanten", letterlijk vertaald bankiersplanten (Huang *et al.* 2011). Dit zijn planten die voedsel, prooien of gastheren leveren en daarmee natuurlijke vijanden produceren (bankieren) en populaties natuurlijke vijanden bij schaarste of afwezigheid van plagen kunnen ondersteunen. Er zijn tal van dit soort bankerplantensystemen ontwikkeld, maar de meest bekende en toegepaste is het systeem van tarweplanten met graanluizen als banker voor sluipwespen en galmuggen van bladluis (Bennison 1992). Naast bankerplanten, kunnen ook planten worden ingebracht die natuurlijke vijanden voorzien van stuifmeel en nectar. Zelfs als het teeltgewas zelf ook stuifmeel en nectar produceert, kunnen alternatieve "nectarplanten" nog steeds toegevoegde waarde hebben, zoals werd aangetoond in paprika waar koriander en Alyssum de bestrijding van bladluis met zweefvliegen significant verbeterde (Pineda and Marcos-García 2008). Ook stuifmeelproducerende planten zoals sierpeper of goudsbloemen kunnen de vestiging van stuifmeel-etende predatoren, zoals Orius, verbeteren (Waite *et al.* 2014, Zhao *et al.* 2017).

4.3 Biodiversiteit in de kasomgeving

Natuurlijke plaagbestrijding zou verder bevorderd kunnen worden door het vergroten van de biodiversiteit in de kasomgeving. Planten kunnen op 4 manieren een belangrijke rol spelen bij het bevorderen van natuurlijke vijanden van plagen, namelijk door deze te voorzien van de juiste **S**chuilplaatsen (shelter), **N**ectar, **A**lternatieve prooien/gastheren en **P**ollen, kort samen te vatten als **SNAP** (Gurr *et al.* 2017).

4.3.1 Schuilplekken

Schuilplekken zijn vooral belangrijk voor de overwintering van natuurlijke vijanden. Voor deze functie zijn groenblijvende en dichte struikgewassen, zoals hедера, waarschijnlijk belangrijk. Ook houtwallen met dood plantmateriaal kunnen een belangrijke rol spelen bij de overwintering van insecten en spinnen. Dit zou verder aangevuld kunnen worden met kunstmatige overwinteringsstructuren voor bijvoorbeeld overwinterende volwassen gaasvliegen (Thierry *et al.* 2002). Verder bieden planten beschutting tegen extreme weersomstandigheden, zoals zware regen, felle zonneschijn of hoge temperaturen.

4.3.2 Nectar

Het produceren van nectar is een van de belangrijkste functionele eigenschappen van planten voor het ondersteunen van vliegende natuurlijke vijanden, zoals de volwassen zweefvliegen, gaasvliegen en sluipwespen. Zweefvliegen zijn voor hun vliegactiviteit sterk afhankelijk van nectar, maar lang niet alle nectar in bloemen is goed toegankelijk voor zweefvliegen (van Rijn and Wäckers 2016). Vanwege de beperkte tonglengte van zweefvliegen blijkt de kritische grens voor bloemdiepte bij 1.6 mm te liggen. Op basis van studies met 32 bloeiende planten uit verschillende families kunnen planten in 3 categorieën voor nectartoegankelijkheid worden ingedeeld, met de A-categorie voor planten die zeer toegankelijk zijn, B minder toegankelijk en C ontoegankelijk. Schermbloemigen (Apiaceae) zoals venkel en koriander hebben ondiepe bloemen en zijn daardoor zeer toegankelijk voor zweefvliegen. Andere bloeiende planten zoals knooppkruid en goudsbloemen zijn met hun diepe bloembodems niet toegankelijk voor zweefvliegen. Bij veel vlinderbloemigen (Fabacea) is de bloem afgesloten door een klepje dat geopend kan worden door bijen en hommels, maar niet door de veel kleinere zweefvliegen. Sommige van deze planten met ontoegankelijke bloemen kunnen alsnog zweefvliegen van nectar voorzien door de aanwezigheid van extra-florale nectar, zoals bij de korenbloem en voederwikke. Niet alleen de toegankelijkheid van de nectar, maar ook de hoeveelheid nectar die geproduceerd wordt kan sterk verschillen tussen plantensoorten (Hicks *et al.* 2016).

4.3.3 Alternatieve prooien

Sommige generalistische natuurlijke vijanden kunnen zich volledig op planten ontwikkelen, doordat ze zich voeden met het plantensap, stuifmeel en nectar (Wäckers *et al.* 2005), zoals bepaalde roofmijten en roofwantsen van de familie Anthocoridae of Miridae. Specialistische natuurlijke vijanden hebben echter een prooi/plaag nodig voor hun ontwikkeling. Dit geldt voor sluipwespen en vaak voor het larvale stadium van predatoren, zoals bij gaas- en zweefvliegen. Sommige planten kunnen een goede waardplant zijn voor niet-schadelijke herbivoren, die weer als voedsel kunnen fungeren voor deze carnivore stadia van natuurlijke vijanden (bankerplanten). De adulten van deze bestrijders zijn vaak vegetarisch en hebben nectar en stuifmeel van de planten nodig voor afzet van eieren.

Voor het stimuleren van natuurlijke bladluisbestrijders zoals sluipwespen, zweefvliegen, gaasvliegen en lieveheersbeestjes, kan dus gedacht worden aan planten die waardplant zijn voor niet-schadelijke bladluizen. Vooral struiken kunnen hierbij een belangrijke rol vervullen, doordat ze al vroeg in het seizoen waardplant-specifieke bladluizen "produceren" (van Rijn 2014). Voorbeelden zijn de hazelaar met specifieke hazelnootbladluizen, de sleedoorn met diverse specifieke soorten en de wilg met wilgenbladluizen. In oevers kan riet met de melige pruimenluis een belangrijke rol vervullen als "banker" voor bladluisbestrijders (Grashof-Bokdam *et al.* 2019).

4.3.4 Pollen

Pollen, of stuifmeel, is een zeer belangrijke voedselbron voor zeer veel natuurlijke vijanden (Wäckers *et al.* 2005). Voor veel soorten is het een aanvullende voedselbron, zoals voor zweefvliegen of lieveheersbeestjes, maar sommige roofwantsen, zoals soorten van het geslacht Orius, kunnen zich volledig ontwikkelen op pollen (Cocuzza *et al.* 1997). Compositen produceren over het algemeen veel pollen en zijn goede waardplanten voor *Orius spp.*, zoals goudsbloem en boerenwormkruid (Zhao *et al.* 2017, Grashof-Bokdam *et al.* 2019). Ook de vlinderbloemigen die voedingswaarde hebben voor zweefvliegen, zoals luzerne en klaver zijn zeer goede waardplanten voor Orius-soorten (Bosco and Tavella 2013).

4.4 Conclusies

Inzet van biodiversiteit voor plaagbestrijding is een beproefde en bewezen methode die al lange tijd met succes wordt toegepast. Alleen al in de Hoeksche Waard liggen biodiversiteitsstroken langs akker met een totale lengte van 500 km (<https://beleefhoekschewaard.nl/hoeksche-akkerranden-in-bloei/>). Deze methode kent echter ook risico's wanneer er bijvoorbeeld bladluizen zijn die virus overdragen in teelten van pootgoed. In welke mate biodiversiteit rondom kassen de plaagbestrijding in kassen kan ondersteunen is nauwelijks bekend, maar de vele positieve effecten van biodiversiteit in open teelten laten zien dat de potentie enorm is. Het is daarom aan te bevelen om de rol van biodiversiteit in en om de kas verder te verkennen en onderzoeken. Dit zou de natuurlijke bestrijding van bladluis enorm kunnen versterken bij kassen die niet zijn afgegaasd. De selectie van planten moet echter zorgvuldig gebeuren. Meer biodiversiteit kan mogelijk ook het risico op invlieg van plagen, hyperparasitoïden en insectenoverdraagbare virussen verhogen (Messelink *et al.* 2021). De afweging voor inzet van biodiversiteit zal per teelt en afhankelijk van de lokale omstandigheden gemaakt moeten worden. Bij kassen waarvan de luchtramen zijn voorzien van insectengaas is de interactie met de kasomgeving uiteraard veel beperkter en zal biodiversiteit rondom kassen weinig invloed hebben op de plaagbestrijding in kassen. Biodiversiteit rondom kassen kan dan wel algemeen bijdragen aan het behoud en herstel van biodiversiteit, recreatie en acceptatie van kasaanzichten in het landschap.

5 Geïnduceerde plantweerbaarheid en plantenvoeding

5.1 Inleiding

Plantkwaliteit kan direct effect hebben op het gedrag en de ontwikkelingssnelheid van bladluis en indirect op de bestrijding van bladluis met biologische bestrijders. Hier behandelen we de mogelijke effecten van plantkwaliteit op bladluis via plantenvoeding en geïnduceerde weerbaarheid.

5.2 Plantenvoeding

Bladluizen voeden zich met het floëmsap van planten door met hun stiletten de floëmvaten aan te boren. De inhoud van floëmsappen is rijk aan suikers en relatief arm aan aminozuren, vooral diegene welke essentieel zijn voor groei (Dixon 1985). De beschikbaarheid van stikstof in de vorm van vrije aminozuren wordt beïnvloed door het stikstofgehalte dat aan planten wordt geleverd. Lagere stikstofgehalten resulteren in het algemeen in een lagere reproductiesnelheid van bladluizen (Harrewijn 1983, Petitt *et al.* 1994, Hosseini *et al.* 2018). Omdat kasgewassen over het algemeen een overschot aan plantenvoedingsstoffen krijgen, met name stikstof, is er ruimte om de toevoer van plantenvoedingsstoffen te verminderen. De hoeveelheid en ruimte voor stikstofreductie zal per teelt verschillen. Naast stikstof lijkt ook kalium een belangrijke rol te spelen bij de ontwikkeling van bladluis. Een Amerikaanse studie in sojaboon liet zien dat planten met een lagere kaliumgift resulteerde in verhoogde gehalten van asparagine, een belangrijk aminozuur voor de ontwikkeling van bladluis, in het floëmsap (Walter and DiFonzo 2007). Deze afgifte van aminozuren kan een reactie van de plant zijn om de osmotische waarde in balans te houden. Andersom kan een verhoogde waarde van kalium groeiremming bij bladluis geven, door de lagere niveaus van aminozuren.

Plantenvoeding kan ook effect hebben op andere chemische stoffen in de plant. In de Verenigde Staten zijn experimenten uitgevoerd met wormencompost (vermicompost) in paprika en tomaat. Wanneer deze compost werd gemengd met een standaard substraat op basis van veen, werd een spectaculaire groeireductie van bladluis waargenomen: 80% minder ten opzichte van onbehandeld (Arancon *et al.* 2005). De effecten op bladluis kunnen gerelateerd zijn aan de afscheiding van organische fenolen die de groei van bladluis remmen (Edwards *et al.* 2010). In experimenten met paprika in Nederland konden deze effecten niet gereproduceerd worden, maar werd zelfs het omgekeerde gevonden: verhoogde groei van bladluis op planten behandeld met vermicompost ten opzichte van de controlebehandeling met een standaard bemesting (Messelink *et al.* 2013a). Het wijzigen van de voedingstoestand en -kwaliteit van planten kan niet alleen direct gevolgen hebben voor bladluizen, maar ook indirect via een effect op hun natuurlijke vijanden. De interactie tussen plantkwaliteit, bladluizen en hun natuurlijke vijanden is echter nog maar beperkt onderzocht en het is niet helemaal helder wat de gecombineerde effecten van plantenvoeding en natuurlijke vijanden op bladluisbestrijding zijn.

Plantenvoeding in het algemeen heeft grote invloed op de kwaliteit en voedingswaarde van herbivoren voor natuurlijke vijanden en kan dus indirect grote effecten op biologische bestrijding hebben (Fagan *et al.* 2002, Chen *et al.* 2010). Bladluizen van planten met weinig voeding zijn kleiner en minder voedzaam voor predatoren dan die van met stikstof bemeste planten (Couture *et al.* 2010, Hosseini *et al.* 2018). Dit geeft aan dat een lager stikstofgehalte niet alleen de bladluisdichtheid kan verminderen, maar ook de bladluisconsumptie door predatoren kan verhogen, wat dus gunstig is voor de biologische bestrijding van bladluis. Daarentegen resulteren kleinere bladluizen van lagere kwaliteit vaak in kleinere sluipwespen met een verminderde overlevingskans en minder vrouwelijke nakomelingen (Aqueel *et al.* 2015). Dit kan nadelig zijn voor de bestrijding van bladluis. Verder onderzoek op dit gebied is dus wenselijk.

5.3 Geïnduceerde plantweerbaarheid

Micro-organismen in de rhizosfeer kunnen planten "primen" waardoor deze klaar staan om sneller een afweerreactie te geven bij een belaging van ziekten en plagen (van Wees *et al.* 2008). Planten kunnen tijdelijk

aangeschakeld worden door bespuitingen met plantenextracten, signaalmoleculen (JA/SA) of harpine-eiwitten. In tomaat is bijvoorbeeld aangetoond dat populatiegroei van perzikluis sterk geremd wordt na behandeling van planten met methyljasmonaat (MeJa) (Boughton *et al.* 2006). Deze chemische elicitor zorgt ervoor dat planten sneller de jasmonzuurverdedigingsroute aanschakelen waardoor er sneller en meer secundaire metabolieten worden aangemaakt die de groei van insecten remmen. Ook in aardbei bleek deze elicitor langdurig de ontwikkeling van bladluis te remmen (Mouden *et al.* 2021). Een recente Chinese studie liet zien dat de elicitor salicylzuur in graan de verdediging tegen graanluis kan verhogen, wat resulteerde in een significante lagere groeisnelheid (Feng *et al.* 2021). Deze chemische elicitors bieden dus wellicht mogelijkheden om de plantweerbaarheid tegen bladluis te verhogen. In de recente studie van de WUR bleek toepassing van MeJa in aardbei geen effecten te hebben op de opbrengst (Mouden *et al.* 2021).

Naast chemische elicitors kunnen ook micro-organismen resistentie induceren (Pineda *et al.* 2010). In paprika bleken diverse soorten micro-organismen in substraat, zoals *Bacillus*, *Trichoderma* en *Isaria* de weerbaarheid tegen bladluis te verhogen (Pappas *et al.* 2021). Toepassing van dit soort micro-organismen voor plaagbestrijding valt onder de gewasbeschermingsmiddelenwet. Het induceren van plantweerbaarheid kan ook indirect effect hebben op plagen. In tomaat bleek een niet-pathogene stam van *Fusarium oxysporum* het gedrag van *Macrolophus pygmaeus* te beïnvloeden, waardoor de bestrijding van wittevlieg verbeterde (Eschweiler *et al.* 2019). Vergelijkbare effecten zou je ook kunnen behalen voor de bestrijding van bladluis.

5.4 Conclusies

De explosieve populatieontwikkeling van bladluizen maakt biologische bestrijding erg lastig en het verminderen van deze groeisnelheid door de waardplant minder aantrekkelijk te maken voor bladluizen zou de biologische bestrijding kunnen ondersteunen. Hoewel *et al.* redelijk wat bekend is over de effecten van plantenvoeding op bladluis, is het nog nauwelijks bekend hoe dit doorwerkt in een totaal systeem van planten, bladluizen en biologische bestrijders. Ook het induceren van plantweerbaarheid tegen bladluis met "elicitors" of micro-organismen is nog maar beperkt onderzocht en kan ook mogelijkheden bieden om de ontwikkelingssnelheid van bladluis te remmen en daardoor bestrijding met andere methoden te ondersteunen.

5.5

6 Afwerende middelen

6.1 Inleiding

Bij natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen kan ook gedacht worden aan middelen van natuurlijke oorsprong zoals plantextracten. De natuurlijke oorsprong van een middel betekent echter niet dat het veilig en/of milieuvriendelijk is; de werkzame stoffen moeten net als synthetische pesticiden en micro-organismen worden beoordeeld voor toelating. Diverse plantextracten zoals azadirachtine van de neemboom, pyrethrine van wormkruidbloemen, brandnetelextract en etherische oliën zijn uitgebreid behandeld door Allema *et al.* (2020) en worden hier niet verder besproken. Sommige middelen, stoffen en planten kunnen ook een afwerende werking hebben op bladluizen. In dit hoofdstuk wordt een aantal mogelijkheden besproken.

6.2 Afwerende planten

Diverse studies laten zien dat mengteelten of zogenoemde "companion plants" de kolonisatie van gewassen door plagen kan verminderen. De algemene verklaring is dat deze companion plants vluchtige stoffen aanmaken die afstotend werken op plagen. Gecombineerd met aantrekkelijke planten kan je dan een push-pull-systeem ontwikkelen om plagen te beheersen (Cook *et al.* 2007). Voor bladluis zijn diverse planten getest met een afstotende werking op bladluis, zoals tijm, rozemarijn, geranium, afrikaantjes, basilicum, munt en lavendel (Issa *et al.* 2016). Wanneer rozemarijn, basilicum of lavendel in kassen naast paprikaplanten werd geplant, kon dit de ontwikkeling van bladluis op paprika remmen (Issa *et al.* 2017). De sterkste effecten werden gevonden bij rozemarijn op een afstand van 0,5 m van paprika. Wanneer rozemarijn meer dan 2.5 m van de paprika werd geplant was het effect echter al geminimaliseerd (Issa *et al.* 2017).

6.3 Afwerende oliën

In plaats van hele planten kunnen ook etherische oliën van afwerende planten ingezet worden voor het afstoten van bladluis. Etherische oliën van tijm, rozemarijn, munt en lavendel hebben in het laboratorium een sterke afwerende werking op bladluis (Hori 1998). Het toevoegen van Rozemarijn aan tabaksplanten zorgde ervoor dat deze planten minder aantrekkelijk werden voor vliegende bladluizen (Hori 1998). Ook de minder aantrekkelijk geurende oliën van knoflook en uit kunnen een sterke afwerende werking hebben op bladluis (Hori 1996). Deze oliën zouden dus onderdeel kunnen zijn van een strategie om gewassen minder aantrekkelijk te maken voor bladluis, maar het is daarbij wel belangrijk om mogelijke fytoxische effecten of neveneffecten op natuurlijke vijanden mee te nemen.

6.4 Kaolien

In de fruitteelt wordt kaolien, een zeer fijn kleimineraal, gebruikt voor de bestrijding van perenbladvlo. In de glastuinbouw heeft dit geen toelating. In het laboratorium bleek kaolien geen direct dodende werking te hebben op de groene perzikluis, maar planten behandeld met kaolien bleken wel veel minder gekoloniseerd te worden door perzikluis dan onbehandelde planten (Barker *et al.* 2007). De stof blijkt dus vooral een afwerende werking te hebben. Wellicht biedt dit mogelijkheden voor toepassing in sommige gewassen in de glastuinbouw, waarbij rekening moet worden gehouden met mogelijk fytoxische effecten of vermindering van de esthetische waarde door residuen.

6.5 Alarmferomoon

Bladluizen produceren bij gevaar de alarmstof (E)- β -farneseen, afgescheiden door hun sifonen, met als functie om andere bladluizen te waarschuwen (Edwards *et al.* 1973). Deze alarmstof kan ook worden gesynthetiseerd.

Bij de erwtenluis kan toepassing van de alarmstof valgedrag induceren, wat erg nadelig is voor de populatiegroei van bladluizen (Harrison and Preisser 2016). Eind jaren '90 was in Nederland het middel "Panic" op basis van het bladluisalarmferomoon tijdelijk toegelaten voor gebruik in sla tegen luis, maar door hoge registratiekosten is de toelating niet verlengd (Allema *et al.* 2020).

6.6 Conclusie

Inzet van afwerende planten of stoffen wordt tot nu nauwelijks gebruikt in de glastuinbouw. Een verdere ontwikkeling van push-pull systemen gecombineerd met biologische bestrijding zou mogelijk nieuwe kansen bieden voor het verbeteren van de bladluisbestrijding. Het ontbreekt vooral nog aan veel kennis over de interactie van afwerende middelen met andere bestrijdingsmaatregelen.

7 Fysische bestrijding van bladluis

7.1 Inleiding

Onder fysische bestrijding van plagen worden methoden bedoeld die fysiek plagen doden of met barrières weren. Voor insecten kan dat bijvoorbeeld met vanglampen of plaklinten. Voor bladluis is dit niet zo effectief. Andere mogelijkheden voor fysische bestrijding met hitte, water, UV-licht en gaas worden hieronder besproken.

7.2 Hittebehandeling

Bladluispopulaties pieken over het algemeen in het voor- en najaar, wat suggereert dat ze in de zomerperiode last hebben van hoge temperaturen. De optimum temperaturen verschillen per soort, maar voor *Myzus persicae* is dat bijvoorbeeld rond de 25 graden Celsius, terwijl voor *Macrosiphum euphorbiae* dit rond de 20 graden ligt (Barlow 1962). De variatie in hittegevoeligheid tussen bladluissoorten kan verklaard worden door de mogelijkheid van de obligate endosymbiont Buchneria (noodzakelijk voor de aanmaak van essentiële aminozuren) in het aanmaken van hittebestendige eiwitten (heat shock proteins, HSPs) (Zhang *et al.* 2019). In sommige bladluissoorten zijn de HSP-genen in de Buchneria-symbionten door mutaties uitgeschakeld, waardoor ze gevoeliger zijn voor hittestress (Dunbar *et al.* 2007). Hittepieken van 4 uur met temperaturen van 35°C bleek het aantal nakomelingen van aardappeltopluis sterk te reduceren (Nguyen *et al.* 2009). Bladluizen werden erg onrustig tijdens deze hittestress en gingen meer bewegen. Tegelijkertijd werd ook gevonden dat deze hittestress resulteerde in aanpassingen in bladluismetabolisme. De bladluizen gingen meer eiwitten aanmaken die het exoskelet versterken en beter beschermen tegen hitte bij vervelling (Nguyen *et al.* 2009). Bladluizen zijn voor overleving afhankelijk van levend plantmateriaal en kunnen dus niet langdurig wegkruipen bij hoge temperaturen. Dit kan wellicht een mogelijkheid bieden om tijdelijke hittepieken toe te staan of in te zetten voor de bestrijding van bladluis. Op internet wordt de tip gedeeld om bladluizen met een hete föhn te bestrijden. Of dit in teelten toepasbaar is hangt uiteraard af van de hittegevoeligheid van het teeltgewas. Dit is wellicht de moeite van het verkennen waard.

7.3 Waterbehandelingen

Vanuit openteelten is bekend dat regen een aanzienlijk effect kan hebben op de ontwikkeling van bladluispopulaties. Sommige soorten bladluizen, zoals aardappeltopluis en boterbloemluis, laten zich makkelijker vallen bij verstoring dan andere soorten. Planten worden na een regenbui wel weer snel gekoloniseerd door de gevallen bladluizen, maar de verstoring kan de populatiegroei zeker remmen. In kasteelten wordt beregening soms toegepast door biologische telers. Naast een direct effect kan de hogere luchtvochtigheid ook een indirect effect hebben door een beter werking van natuurlijke vijanden, zoals galmuggen. Waterbehandelingen hebben echter maar een beperkt effect. Chrysant wordt bijvoorbeeld ook beregend, maar bladluis kan nog steeds voor grote problemen zorgen. Ook zijn veel teelten met druppelirrigatie of eb-en-vloed-systemen niet ingesteld op beregening van boven. Verder zijn niet alle gewassen of alle gewasstadia geschikt voor beregening.

7.4 UV-licht

UV licht, het spectrum licht van 100 tot 400 nm (UV-C = 100-280 nm, UV-B = 280-315 nm en UV-A = 315-400 nm), kan zowel direct als indirect via de plant effect kan hebben op bladluis. UV-B kan bijvoorbeeld de ontwikkeling van bladluisnimmfen remmen, zoals is aangetoond bij de graanluis *Sitibion avenae* (Hu *et al.* 2013). Onderzoek met aardappeltopluis liet echter zien dat UV-B nauwelijks effect had op de bladluisontwikkeling of het gedrag van bladluis (Nguyen *et al.* 2009). In paprika bleek het bij-belichten met UV-A te resulteren in meer secundaire metabolieten, maar ook hogere concentraties van vrije aminozuren, wat uiteindelijk resulteerde in een hogere reproductie van bladluis ten opzichte van planten zonder UV-A (Dáder *et al.* 2014). UV-A en UV-B blijkt ook belangrijk te zijn voor de oriëntatie en vliegactiviteit van insecten. In tunnels waar UV-A en UV-B grotendeels werden geblokkeerd vertoonde de groene perzikluis nauwelijks vliegactiviteit (Dáder *et al.* 2015).

In roos bleek UV-C juist weer nadelig te zijn voor bladluis. Lage doseringen van UV-C konden de natuurlijke besmettingen met aardappeltopluis met ongeveer 60% reduceren ten opzichte van onbehandelde planten (Darras *et al.* 2021). Een UV-C dosering van 2.5 kJ/m² had geen directe dodende werking van bladluis, wat suggereert dat het de plantweerbaarheid induceert (Darras *et al.* 2021).

7.5 Gaas

Een van de meest voor de hand liggende oplossingen om bladluizen te weren is het plaatsen van insectengaas in de luchtramen. Bladluizen zijn inheemse plagen en komen in principe van buiten de kas binnen met piekvluchten in het voor- en najaar. Om bladluis tegen te houden is fijn insectengaas nodig met een maximale maaswijdte van 0.39 * 0.79 mm. Voor het weren van trips is nog fijner gaas nodig. Er zijn verschillende producenten die tripsgaas aanbieden met maaswijdtes van 0.15 * 0.17 mm tot 0.27 * 0.72 mm. Het afdragen van kassen is erg kostbaar en telers die dat doen zullen voor het fijne gaas gaan dat ook trips kan tegenhouden. Dit gaas is ook voldoende om invlieg van bladluis door de luchtramen tegen te houden. De belangstelling voor het afdragen van luchtramen neemt de laatste jaren toe, met name voor het weren van plagen waar geen goede bestrijding voor handen is, of wanneer er een nultolerantie is. In 2021 werden veel komkommertelers geconfronteerd met het door bladluis overdraagbare Cucurbit Aphid-Borne Yellow virus (CABYV). Insectengaas zou een goede bescherming kunnen bieden tegen deze virustransmissies. Echter, de hoge investeringskosten en verminderde ventilatiecapaciteit maken dat de toepassing van gaas tot nu toe nog steeds beperkt is. Bovendien biedt het aanbrengen van gaas ook geen garantie dat plagen zoals bladluis niet de kas inkomen. Ook via plantmateriaal of via mensen (door hechting aan kleding en haar) kan bladluis in kassen terecht komen. Dit zou beperkt kunnen worden door striktere hygiëne-maatregelen bij kasingangen. Tegelijkertijd blokkeer je met gaas de invlieg van natuurlijke vijanden vanuit de kasomgeving en juist voor bladluisbestrijding kunnen deze van groot belang zijn.

8 Aanbevelingen

Dit rapport laat de diverse mogelijkheden zijn voor het bestrijden of beter beheersen van bladluis in de glastuinbouw. Er zijn al ontzettend veel mogelijkheden voor telers om bladluis op natuurvriendelijke manieren te bestrijden, maar veel methoden moeten nog verder ontwikkeld worden om tot meer robuuste strategieën van bestrijding te komen. Hieronder volgt een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek op basis van de literatuurstudie:

- Iologische bestrijding met macrobiolen:
 - Meer onderzoek naar preventieve inzet van bladluisbestrijders.
 - Verder ontwikkeling van methoden om bestrijders te ondersteunen met voedsel en schuilplekken.
 - Onderzoek aan nieuwe bestrijders met complementaire werking aan bestaande soorten.
- Biologische bestrijding met microbiolen:
 - Ontwikkeling van kweekmethoden van entomofagorale schimmels.
 - Verder studies naar sturing van klimaat voor het optimaliseren van de werking van entomopathogene schimmels.
- Stimuleren van de natuurlijke plaagbestrijding:
 - De rol van biodiversiteit in en om de kas verder onderzoeken.
 - Selectie van planten die natuurlijke vijanden van bladluis ondersteunen met zo min mogelijk risico op het stimuleren van plagen en pathogenen.
- Plantweerbaarheid en plantvoeding:
 - Verder studies naar de interactie plantvoeding, bladluizen en natuurlijke vijanden.
 - Verder onderzoek naar de mogelijkheden van het verhogen van plantweerbaarheid tegen bladluizen met micro-organismen.
- Afwerende stoffen:
 - Onderzoek naar de effecten van afwerende geuren op praktijkschaal.
 - Ontwikkeling van push-pull systemen gecombineerd met biologische bestrijding.
- Fysische bestrijding:
 - Verdere verkenning van alternatieve manieren van fysische bestrijding met hitte, water, of UV-licht.

De praktijkrijpheid van bovengenoemde methoden verschilt sterk. Biologische bestrijding wordt al op grote schaal toegepast en kan langzaam worden uitgebouwd en versterkt met nieuwe organismen en verder onderzoek naar methoden voor het verhogen van de weerbaarheid van het totale ecosysteem in kasteelten. De ondersteuning van biologische bestrijding met biodiversiteit staat nog in de beginfase, maar ook hier kunnen telers nu al concreet stappen zetten en experimenteren. De invloed van plantweerbaarheid en -kwaliteit op bladluisbestrijding staat ondanks het vele onderzoek nog steeds in de beginfase en kan verder worden ontwikkeld. De invloed van geuren op het gedrag van bladluis is nog maar beperkt onderzocht en nog niet ontwikkeld tot een werkbare strategie voor beheersing van bladluis. Hetzelfde geldt voor de nieuwe manieren van fysische bestrijding van bladluis.

Literatuur

- Allema, B., K. van Rozen, H. Helsen, H. Huiting, M. Verbeek, and R. van Tol. 2020.
Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen. WPR-851, Wageningen Research, Wageningen.
- Aqueel, M. A., A. B. M. Raza, R. M. Balal, M. A. Shahid, I. Mustafa, M. M. Javaid, and S. R. Leather. 2015.
Tritrophic interactions between parasitoids and cereal aphids are mediated by nitrogen fertilizer. *Insect Science* 22:813-820.
- Arancon, N. Q., P. A. Galvis, and C. A. Edwards. 2005.
Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Bioresource Technology* 96:1137-1142.
- Barker, J. E., M. Holaschke, A. Fulton, K. A. Evans, and G. Powell. 2007.
Effects of kaolin particle film on *Myzus persicae* (Hemiptera : Aphididae) behaviour and performance. *Bulletin of Entomological Research* 97:455-460.
- Barlow, C. 1962.
The influence of temperature on the growth of experimental populations of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)(Aphididae). *Canadian Journal of Zoology* 40:145-156.
- Barta, M., and L. Cagan. 2006.
Observations on the occurrence of Entomophthorales infecting aphids (Aphidoidea) in Slovakia. *BioControl* 51:795-808.
- Bennison, J. 1992.
Biological control of aphids on cucumbers use of open rearing systems or 'banker plants' to aid establishment of *Aphidius matricariae* and *Aphidoletes aphidimyza* Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 57:457-466.
- Bloemhard, C. M. J., M. van der Wielen, and G. J. Messelink. 2014.
Seasonal abundance of aphid hyperparasitoids in organic greenhouse crops in the Netherlands. *IOBC-WPRS Bulletin* 102:15-19.
- Boivin, G., T. Hance, and J. Brodeur. 2012.
Aphid parasitoids in biological control. *Canadian Journal of Plant Science* 92:1-12.
- Bosco, L., and L. Tavella. 2013.
Distribution and abundance of species of the genus *Orius* in horticultural ecosystems of northwestern Italy. *Bulletin of Insectology* 66:297-307.
- Boughton, A. J., K. Hoover, and G. W. Felton. 2006.
Impact of chemical elicitor applications on greenhouse tomato plants and population growth of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 120:175-188.
- Boulanger, F. X., S. Jandricic, K. Bolckmans, F. L. Wackers, and A. Pekas. 2019.
Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidoletes aphidimyza*, based on biology and ecology. *Pest Management Science* 75:1479-1493.
- Canard, M., A. Letardi, and D. Thierry. 2007.
The rare Chrysopidae (Neuroptera) of southwestern Europe. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 31:290-298.
- Chen, Y. G., D. M. Olson, and J. R. Ruberson. 2010.
Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interactions* 4:81-94.
- Cocuzza, G. E., P. DeClercq, M. VandeVeire, A. DeCock, D. Degheele, and V. Vacante. 1997.
Reproduction of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 82:101-104.
- Cook, S. M., Z. R. Khan, and J. A. Pickett. 2007.
The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology* 52:375-400.
- Couture, J. J., J. S. Servi, and R. L. Lindroth. 2010.
Increased nitrogen availability influences predator-prey interactions by altering host-plant quality. *Chemoecology* 20:277-284.
- Dáder, B., D. Gwynn-Jones, A. Moreno, A. Winters, and A. Fereres. 2014.
Impact of UV-A radiation on the performance of aphids and whiteflies and on the leaf chemistry of their host plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology B-Biology* 138:307-316.

- Dáder, B., M. Plaza, A. Fereres, and A. Moreno. 2015.
Flight behaviour of vegetable pests and their natural enemies under different ultraviolet-blocking enclosures. *Annals of Applied Biology* 167:116–126.
- Darras, A. I., P. J. Skouras, P. Assimomitis, C. Labropoulou, and G. J. Stathas. 2021.
Application of UV-C irradiation to *Rosa x hybrida* plants as a tool to minimise *Macrosiphum rosae* populations. *Agronomy-Basel* 11:11.
- Dinu, M. M., L. Leman, and G. J. Messelink. 2014.
Efficacy of commercial and non-commercial strains of entomopathogenic fungi against the peach aphid *Myzus persicae* (Sulz.). *IOBC/WPRS Bulletin* 102:259-264.
- Dinu, M. M., and G. J. Messelink. 2016.
Use of banker plants for Entomophthorales-caused epizootics in aphid populations. Page 2 in B. G. H. Wageningen University & Research, editor.
- Dixon, A. F. G. 1985.
Feeding behaviour and food quality. Pages 8-26 *Aphid ecology an optimization approach*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Dunbar, H. E., A. C. C. Wilson, N. R. Ferguson, and N. A. Moran. 2007.
Aphid thermal tolerance is governed by a point mutation in bacterial symbionts. *Plos Biology* 5:1006-1015.
- Edwards, C. A., N. Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar, G. Keeney, and B. Little. 2010.
Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. *Crop Protection* 29:80-93.
- Edwards, L. J., J. B. Siddall, L. L. Dunham, P. Uden, and C. J. Kislw. 1973.
Trans-beta-farnesene, alarm pheromone of green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Nature* 241:126-127.
- Eschweiler, J., R. van Holstein-Saj, H. M. Kruidhof, A. Schouten, and G. J. Messelink. 2019.
Tomato inoculation with a non-pathogenic strain of *Fusarium oxysporum* enhances pest control by changing the feeding preference of an omnivorous predator. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:9.
- Evans, E. W., A. T. Stevenson, and D. R. Richards. 1999.
Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. *Oecologia* 121:107-112.
- Fagan, W. F., E. Siemann, C. Mitter, R. F. Denno, A. F. Huberty, H. A. Woods, and J. J. Elser. 2002.
Nitrogen in insects: Implications for trophic complexity and species diversification. *American Naturalist* 160:784-802.
- Feng, J. L., J. Zhang, J. Yang, L. P. Zou, T. T. Fang, H. L. Xu, and Q. N. Cai. 2021.
Exogenous salicylic acid improves resistance of aphid-susceptible wheat to the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 111:544-552.
- Freier, B., H. Triltsch, M. Mowes, and E. Moll. 2007.
The potential of predators in natural control of aphids in wheat: Results of a ten-year field study in two German landscapes. *BioControl* 52:775-788.
- Gonzalez, F., C. Tkaczuk, M. M. Dinu, Z. Fiedler, S. Vidal, E. Zchori-Fein, and G. J. Messelink. 2016.
New opportunities for the integration of microorganisms into biological pest control systems in greenhouse crops. *Journal of Pest Science* 89:295-311.
- Grashof-Bokdam, C., G. J. Messelink, W. Ozinga, R. v. Holstein-Saj, C. Bloemhard, J. Woelke, and H. Meeuwsen. 2019.
Groenbeheer en plaag(bestrijdende) insecten nabij kassen in de gemeente Westland. 1566-7197, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- Gurr, G. M., S. D. Wratten, D. A. Landis, and M. S. You. 2017.
Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology* 62:91-109.
- Harrewijn, P. 1983.
The effect of cultural measures on behaviour and population development of potato aphids and transmission of viruses. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 48:791-799.
- Harrison, K. V., and E. L. Preisser. 2016.
Dropping behavior in the pea aphid (Hemiptera: Aphididae): How does environmental context affect antipredator responses? *Journal of Insect Science* 16:5.

- Henry, C. S., S. J. Brooks, P. Duelli, and J. B. Johnson. 2002.
Discovering the true *Chrysoperla carnea* (Insecta : Neuroptera : Chrysopidae) using song analysis, morphology, and ecology. *Annals of the Entomological Society of America* 95:172-191.
- Hicks, D. M., P. Ouvrard, K. C. R. Baldock, M. Baude, M. A. Goddard, W. E. Kunin, N. Mitschunas, J. Memmott, H. Morse, M. Nikolitsi, L. M. Osgathorpe, S. G. Potts, K. M. Robertson, A. V. Scott, F. Sinclair, D. B. Westbury, and G. N. Stone. 2016.
Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. *Plos One* 11:37.
- Holt, R. D., and G. A. Polis. 1997.
A theoretical framework for intraguild predation. *American Naturalist* 149:745-764.
- Honek, A., A. F. G. Dixon, and Z. Martinkova. 2008.
Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. *European Journal of Entomology* 105:421-425.
- Hori, M. 1996.
Settling inhibition and insecticidal activity of garlic and onion oils against *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology* 31:605-612.
- Hori, M. 1998.
Repellency of rosemary oil against *Myzus persicae* in a laboratory and in a greenhouse. *Journal of Chemical Ecology* 24:1425-1432.
- Hosseini, A., M. Hosseini, J. P. Michaud, M. M. Awal, and M. Ghadamyari. 2018.
Nitrogen fertilization increases the nutritional quality of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey for *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) and alters predator foraging behavior. *Journal of Economic Entomology* 111:2059-2068.
- Hu, Z. Q., H. Y. Zhao, and T. Thieme. 2013.
The effects of enhanced ultraviolet-B radiation on the biology of green and brown morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology* 42:578-585.
- Huang, N. X., A. Enkegaard, L. S. Osborne, P. M. J. Ramakers, G. J. Messelink, J. Pijnacker, and G. Murphy. 2011.
The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30:259-278.
- Issa, R. B., H. Gautier, G. Costagliola, and L. Gomez. 2016.
Which companion plants affect the performance of green peach aphid on host plants? Testing of 12 candidate plants under laboratory conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 160:164-178.
- Issa, R. B., H. Gautier, and L. Gomez. 2017.
Influence of neighbouring companion plants on the performance of aphid populations on sweet pepper plants under greenhouse conditions. *Agricultural and Forest Entomology* 19:181-191.
- Jandricic, S. E., M. Filotas, J. P. Sanderson, and S. P. Wraight. 2014.
Pathogenicity of conidia-based preparations of entomopathogenic fungi against the greenhouse pest aphids *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Invertebrate Pathology* 118:34-46.
- Janssen, A., M. Montserrat, R. HilleRisLambers, A. M. d. Roos, A. Pallini, and M. W. Sabelis. 2006.
Intraguild Predation Usually does not Disrupt Biological Control. Pages 21-44 in J. Brodeur and G. Boivin, editors. *Trophic and Guild Interactions in Biological Control*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Kahia, M., T. T. A. Nguyen, F. McCune, R. Naasz, H. Antoun, and V. Fournier. 2021.
Insecticidal effect of *Bacillus pumilus* PTB180 and *Bacillus subtilis* PTB185 used alone and in combination against the foxglove aphid and the melon aphid (Hemiptera: Aphididae). *Canadian Entomologist* 153:726-740.
- Kavallieratos, N. G., Z. Tomanovic, P. Stary, C. G. Athanassiou, G. P. Sarlis, O. Petrovic, M. Niketic, and M. A. Veroniki. 2004.
A survey of aphid parasitoids (Hymenoptera : Braconidae : Aphidiinae) of Southeastern Europe and their aphid-plant associations. *Applied Entomology and Zoology* 39:527-563.
- Latgé, J. P., and B. Papierok. 1988.
Aphid pathogens. Pages 323-335 in A. K. Minks and P. Harrewijn, editors. *Aphids. Their biology, natural enemies and control*, 2B. Elsevier, Amsterdam.
- Laurenz, S., S. Schmidt, B. Balkenhol, and R. Meyhofer. 2019.
Natural enemies associated with the cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* in Germany. *Journal of Plant Diseases and Protection* 126:47-54.

- Lee, W. W., T. Y. Shin, S. M. Bae, and S. D. Woo. 2015.
Screening and evaluation of entomopathogenic fungi against the green peach aphid, *Myzus persicae*, using multiple tools. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 18:607-615.
- Leman, A., B. L. Ingegno, L. Tavella, A. Janssen, and G. J. Messelink. 2020.
The omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus*, a good candidate for the control of both greenhouse whitefly and poinsettia thrips on gerbera plants. *Insect Science* 27:510-518.
- Li, S., C. C. Jaworski, S. Hatt, F. Zhang, N. Desneux, and S. Wang. 2020.
Flower strips adjacent to greenhouses help reduce pest populations and insecticide applications inside organic commercial greenhouses. *Journal of Pest Science*:11.
- LNV. 2020.
Uitvoeringsprogramma toekomstvisie gewasbescherming 2030. Ministerie van LNV.
- Markkula, M., K. Tiittanen, M. Hamalainen, and A. Forsberg. 1979.
The aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera, Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids. *Annales Entomologici Fennici* 45:89-98.
- Messelink, G., C. Bloemhard, H. Hoogerbrugge, and J. Van Schelt. 2012. Evaluation of four lacewing species for aphid control in sweet pepper. *IOBC/WPRS Bulletin* 80:149-153.
- Messelink, G., C. Bloemhard, and L. Kok. 2013a. Verkenning van mogelijkheden voor plantweerbaarheid tegen bladluis in paprika. Rapport GTB-1242, Bleiswijk.
- Messelink, G. J., C. M. J. Bloemhard, J. A. Cortes, M. W. Sabelis, and A. Janssen. 2011a. Hyperpredation by generalist predatory mites disrupts biological control of aphids by the aphidophagous gall midge *Aphidoletes aphidimyza*. *Biological Control* 57:246-252.
- Messelink, G. J., C. M. J. Bloemhard, H. Hoogerbrugge, and J. van Schelt. 2011b. *Aphidius gifuensis*: a promising parasitoid for biological control of two important aphid species in sweet pepper. *IOBC/WPRS Bulletin* 68:111-114.
- Messelink, G. J., C. M. J. Bloemhard, H. Hoogerbrugge, J. van Schelt, B. L. Ingegno, and L. Tavella. 2015.
Evaluation of mirid predatory bugs and release strategy for aphid control in sweet pepper. *Journal of Applied Entomology* 139:333-341.
- Messelink, G. J., C. M. J. Bloemhard, L. Kok, and A. Janssen. 2011c.
Generalist predatory bugs control aphids in sweet pepper. *IOBC/WPRS Bulletin* 68:115-118.
- Messelink, G. J., C. M. J. Bloemhard, M. W. Sabelis, and A. Janssen. 2013b.
Biological control of aphids in the presence of thrips and their enemies. *BioControl* 58:45-55.
- Messelink, G. J., J. Lambion, A. Janssen, and P. C. J. van Rijn. 2021.
Biodiversity in and around greenhouses: benefits and potential risks for pest management. *Insects* 12:16.
- Messelink, G. J., A. Leman, S. Ghasemzadeh, C. M. J. Bloemhard, R. van Holstein-Saj, R. Vijverberg, K. Muñoz-Cárdenos, and P. van Rijn. 2016.
Geïntegreerde bestrijding van plagen in de sierteelt onder glas : een systeembenadering met preventieve biologische bestrijding als basis. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk.
- Messelink, G. J., R. Vijverberg, C. Elfferich, M. Koorneef, L. Driss, A. Mouratidis, J. Woelke, L. Català Senent, and A. Leman. 2019. P
laagbestrijding met omnivore roofwantsen. Rapport WPR-850, Wageningen University & Research, Wageningen.
- Mouden, S., J. A. Bac-Molenaar, I. F. Kappers, E. A. M. Beerling, and K. A. Leiss. 2021.
Elicitor application in strawberry results in long-term increase of plant resilience without yield loss. *Frontiers in Plant Science* 12:16.
- Nguyen, T. T. A., D. Michaud, and C. Cloutier. 2009.
A proteomic analysis of the aphid *Macrosiphum euphorbiae* under heat and radiation stress. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 39:20-30.
- Ntalia, P., G. D. Broufas, F. Wackers, A. Pekas, and M. L. Pappas. 2022.
Overlooked lacewings in biological control: The brown lacewing *Micromus angulatus* and the green lacewing *Chrysopa formosa* suppress aphid populations in pepper. *Journal of Applied Entomology* 146:796-800.
- Ohta, I., and K. Honda. 2010.
Use of *Sitobion akebiae* (Hemiptera: Aphididae) as an alternative host aphid for a banker-plant system using an indigenous parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae). *Applied Entomology and Zoology* 45:233-238.
- Pappas, M. L., K. Samaras, I. Koufakis, and G. D. Broufas. 2021.
Beneficial soil microbes negatively affect spider mites and aphids in pepper. *Agronomy-Basel* 11:11.

- Petitt, F. L., C. A. Loader, and M. K. Schon. 1994.
Reduction of nitrogen concentration in the hydroponic solution on population growth rate of the aphids (Homoptera, Aphididae) *Aphis gossypii* on cucumber and *Myzus persicae* on pepper. *Environmental Entomology* 23:930-936.
- Pineda, A., and M. A. Marcos-Garcia. 2008.
Seasonal abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera : Syrphidae) and their population levels in and outside Mediterranean sweet pepper greenhouses. *Annals of the Entomological Society of America* 101:384-391.
- Pineda, A., and M. A. Marcos-García. 2008.
Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *Annales de La Societe Entomologique de France* 44:487-492.
- Pineda, A., S. J. Zheng, J. J. A. van Loon, C. M. J. Pieterse, and M. Dicke. 2010.
Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science* 15:507-514.
- Postic, E., A. Le Ralec, C. Buchard, C. Granado, and Y. Outreman. 2020.
Variations in community assemblages and trophic networks of aphids and parasitoids in protected crops. *Ecosphere* 11:Article e03126.
- Rocca, M., and G. J. Messelink. 2017. Combining lacewings and parasitoids for biological control of foxglove aphids in sweet pepper. *Journal of Applied Entomology* 141:402-410.
- Schelt, J. v., H. Hoogerbrugge, N. Becker, G. Messelink, and K. Bolckmans. 2011.
Comparing *Aphidius colemani* and *Aphidius matricariae* on *Myzus persicae* ssp. *nicotianae* in sweet pepper. *IOBC/wprs* 68:169-172.
- Scorsetti, A. C., R. A. Humber, J. J. Garcia, and C. C. L. Lastra. 2007.
Natural occurrence of entomopathogenic fungi (Zygomycetes : Entomophthorales) of aphid (Hemiptera : Aphididae) pests of horticultural crops in Argentina. *BioControl* 52:641-655.
- Sharma, L., N. Bohra, V. D. Rajput, F. R. Quiroz-Figueroa, R. K. Singh, and G. Marques. 2021.
Advances in Entomopathogen Isolation: A Case of Bacteria and Fungi. *Microorganisms* 9:28.
- Sloggett, J. J. 2008.
Weighty matters: Body size, diet and specialization in aphidophagous ladybird beetles (Coleoptera : Coccinellidae). *European Journal of Entomology* 105:381-389.
- Sullivan, D. J., and W. Völkl. 1999.
Hyperparasitism: Multitrophic ecology and behavior. *Annual Review of Entomology* 44:291-315.
- Sun, M. J., R. E. Voorrips, G. Steenhuis-Broers, W. van't Westende, and B. Vosman. 2018.
Reduced phloem uptake of *Myzus persicae* on an aphid resistant pepper accession. *Bmc Plant Biology* 18:14.
- Sun, M. J., R. E. Voorrips, and B. Vosman. 2020.
Aphid populations showing differential levels of virulence on Capsicum accessions. *Insect Science* 27:336-348.
- ten Broeke, C. J. M., M. Dicke, and J. J. A. van Loon. 2016.
Feeding behavior and performance of *Nasonovia ribisnigri* on grafts, detached leaves, and leaf disks of resistant and susceptible lettuce. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 159:102-111.
- ten Broeke, C. J. M., M. Dicke, and J. J. A. van Loon. 2017.
The effect of co-infestation by conspecific and heterospecific aphids on the feeding behaviour of *Nasonovia ribisnigri* on resistant and susceptible lettuce cultivars. *Arthropod-Plant Interactions* 11:785-796.
- Thierry, D., E. Rat-Morris, and C. Caldumbide. 2002.
Selective attractivity of artificial overwintering chambers for the common green lacewing species of the *Chrysoperla carnea* (Stephens) complex in western Europe (Neuroptera : Chrysopidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 48:351-357.
- van Rijn, C. J. 2014.
Which shrubs and trees can conserve natural enemies of aphids in spring? *IOBC/WPRS Bulletin* 100:139-140.
- van Rijn, P. C. J., and F. L. Wäckers. 2016.
Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology* 53:925-933.
- Van Steenis, M. J. 1995.
Evaluation of four aphidiine parasitoids for biological control of *Aphis gossypii*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 75:151-157.

- Wäckers, F. L., P. C. J. van Rijn, and J. Bruin. 2005.
Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications. Cambridge University Press, Cambridge.
- Waite, M. O., C. D. Scott-Dupree, M. Brownbridge, R. Buitenhuis, and G. Murphy. 2014.
Evaluation of seven plant species/cultivars for their suitability as banker plants for *Orius insidiosus* (Say). *BioControl* 59:79-87.
- Walter, A. J., and C. D. DiFonzo. 2007.
Soil potassium deficiency affects soybean phloem nitrogen and soybean aphid populations. *Environmental Entomology* 36:26-33.
- Wei, J. N., T. F. Li, R. P. Kuang, Y. Wang, T. S. Yin, X. F. Wu, L. Zou, W. Y. Zhao, J. Cao, and J. H. Deng. 2003.
Mass rearing of *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera : Aphidiidae) for biological control of *Myzus persicae* (Homoptera : Aphididae). *Biocontrol Science and Technology* 13:87-97.
- Zhang, B., S. P. Leonard, Y. Y. Li, and N. A. Moran. 2019.
Obligate bacterial endosymbionts limit thermal tolerance of insect host species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116:24712-24718.
- Zhao, J., X. J. Guo, X. L. Tan, N. Desneux, L. Zappala, F. Zhang, and S. Wang. 2017.
Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Pest Management Science* 73:515-520.

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
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1112

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 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.