



Functionele biodiversiteit in en om de kas: mogelijke risico's en kansen voor plaagbestrijding

Gerben J. Messelink, Ada Leman en Ellen Beerling

Rapport WPR-1075

Referaat

Er zijn grote zorgen over de achteruitgang van biodiversiteit in Nederland en Europa, wat heeft geleid tot veel initiatieven om biodiversiteit te herstellen. Biodiversiteit is van groot belang voor de land- en tuinbouw, onder andere voor de bestuiving van bepaalde gewassen en plaagbestrijding. Vele studies hebben aangetoond dat het aanbrengen van de juiste biodiversiteit de bestrijding van plagen met natuurlijke vijanden kan bevorderen. In hoeverre de directe omgeving van kassen van invloed is op plaagbestrijding in kassen, is veel minder bestudeerd en vaak onderwerp van discussie. In dit rapport proberen we een goed overzicht te geven van de huidige kennis over de voordelen en mogelijke risico's van biodiversiteit rondom kassen op plaagbestrijding in kassen. Op basis hiervan doen we aantal aanbevelingen voor het samenstellen van vegetaties rondom kassen waarbij, met de kennis van nu, natuurlijke vijanden zoveel mogelijk worden gestimuleerd en de natuurlijke plaagbestrijding verbeterd kan worden.

Abstract

The strong decline of biodiversity in the Netherlands and Europe is a major concern, which has led to many initiatives to restore biodiversity. Biodiversity is of great importance for agriculture and horticulture, for example for the pollination of certain crops and pest management. Many studies have shown that applying the right biodiversity can promote the control of pests with natural enemies. To what extent the environment near greenhouses influences pest control in greenhouses has been much less studied and is often heavily debated. In this report we try to provide a good overview of the current knowledge about the benefits and possible risks of biodiversity around greenhouses for pest control in greenhouses. Based on this, we make a number of recommendations for composing vegetation around greenhouses where, with current knowledge, natural enemies are stimulated as much as possible and natural pest control can be improved.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1075

Projectnummer: 3742287700

DOI: <https://doi.org/10.18174/575490>

Thema: Gewasbescherming

Dit onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het ministerie van LNV, Stichting Kennis in je Kas, gemeente Lansingerland, gemeente Westland, Glastuinbouw Nederland en Greenport West-Holland.

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 vervaelvoudigd, 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

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Waar komen de plagen vandaan?	11
3	De risico's van biodiversiteit rondom kassen	13
	3.1 Invlieg van trips	13
	3.2 Invlieg van wantsen	14
	3.3 Invlieg van bladluis	14
	3.4 Invlieg van spint	15
	3.5 Invlieg van motten	15
	3.6 Wat zijn de risico's op virusoverdracht?	16
	3.7 Hyperparasitoïden	17
4	De voordelen van meer biodiversiteit rondom kassen	19
	4.1 Bestrijding van kasplagen buiten de kas	19
	4.2 Invlieg van natuurlijke vijanden in kassen	20
	4.3 Vasthouden van plagen	20
5	De mogelijkheden voor biodiversiteit in de kas	21
6	Conclusies voor- en nadelen	23
7	Aanbevelingen voor biodiversiteit rondom de kas	25
	7.1 Nuttige planteigenschappen	25
	7.1.1 Schuilplekken	25
	7.1.2 Nectar	25
	7.1.3 Alternatieve prooien	27
	7.1.4 Pollen	27
	7.1.5 UV-patroon	28
	7.2 Criteria voor vegetatiesamenstelling rondom kassen	28
	7.3 Gebiedsinrichting	30
	7.4 Verder onderzoek	30
	Literatuur	31

Woord vooraf

Dit rapport is samengesteld als onderdeel van de PPS "Functionele Biodiversiteit in en om de kas" (TKI-LWV 19162). Het doel van dit project is te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn om met functionele biodiversiteit de beheersing van plagen in kassen te verbeteren. Een eerste essentiële stap daarbij is het goed analyseren van beschikbare kennis (literatuur) over de mogelijke risico's en voordelen van biodiversiteit rondom kassen. Op basis hiervan doen we aantal aanbevelingen voor het samenstellen van vegetaties rondom kassen waarbij, met de kennis van nu, natuurlijke vijanden zoveel mogelijk worden gestimuleerd en de natuurlijke plaagbestrijding verbeterd kan worden. Op basis van dit rapport zetten we vervolgstappen in het project om daadwerkelijk tot hernieuwde ontwerpen te komen voor gebiedsinrichting en vegetaties rondom kassen. Meerjarige metingen in deze gebieden zullen moeten uitwijzen of de aangepaste vegetaties ook gunstig uitpakken voor de bestrijding van plagen in kassen.

Samenvatting

Het thema biodiversiteit is erg actueel. Redelijk recent is het Nationaal Deltaplan Biodiversiteit herstel voor Nederland gestart met allerlei initiatieven om biodiversiteit in Nederland te herstellen. Dit is onder anderen gericht op het stimuleren van insecten zoals vlinders en bijen. Een belangrijke functie van biodiversiteit is het bevorderen van de natuurlijke bestrijding van plagen. In heel Europa zijn enorm veel studies uitgevoerd naar de rol van biodiversiteit bij plaagbestrijding en over de hele linie is te zien dat plaagbestrijding met meer biodiversiteit toeneemt. In hoeverre de directe omgeving van kassen van invloed is op plaagbestrijding in kassen, is veel minder bestudeerd. In deze literatuurstudie zijn de risico's en mogelijkheden van biodiversiteit in en om de kas op een rij gezet. Op basis van literatuur, waarnemingen en de huidige kennis over het gedrag van kasplagen kunnen we het volgende concluderen over de rol van biodiversiteit in en om de kas:

1. Veel kasplagen zijn exoten en permanent gevestigd in kasteelten. Het merendeel van deze plagen kan niet overwinteren buiten kassen. Deze plagen kunnen zich echter in de warme perioden van kas naar kas verspreiden en daarbij gebruik maken van de vegetaties rondom kassen. Andere invalsroutes zoals via mensen of uitgangsmaterialen zijn eveneens belangrijk.
2. Inheemse plagen die via luchtramen de kas binnenvliegen zoals bladluis en trips, kunnen vaak grote afstanden afleggen door passieve verspreiding met wind. Invlieg wordt waarschijnlijk maar in beperkte mate bepaald door de vegetatie in de directe kasomgeving.
3. Plantsoorten rondom kassen die aantrekkelijk zijn voor plagen kunnen mogelijk invlieg van plagen naar kassen beperken, maar dit kan risicovol zijn vanwege het stimuleren van plaagpopulaties op geschikte waardplanten.
4. Vegetatie rondom kassen kan een belangrijke functie hebben bij de bestrijding van kasplagen buiten kassen, doordat ze de vestiging van veel natuurlijke vijanden faciliteren met nectar, stuifmeel, alternatieve prooien en schuilplekken.
5. Biodiversiteit rondom kassen kan bijdragen aan de bestrijding van (exotische) plagen in kassen door invlieg van natuurlijke vijanden.
6. Het aanbrengen van functionele biodiversiteit in de kas kan de langdurige vestiging van natuurlijke vijanden ondersteunen (standing army) en daarmee plaagbestrijding verbeteren.

De vele studies die de positieve effecten van biodiversiteit op plaagbestrijding aantonen geven aan dat het zeer interessant is om meer onderzoek te doen naar de rol van biodiversiteit in en om de kas bij plaagbestrijding in kassen. Succesformules van biodiversiteitsstroken uit openteelten zouden vertaald kunnen worden naar kasteelten voor een optimale bestrijding van kasplagen, om daarbij de bestrijding van bijvoorbeeld trips, wantsen, motten en bladluis te optimaliseren.

1 Inleiding

Bij biodiversiteit gaat het om de algemene rijkdom van soorten in de natuur. Er zijn grote zorgen over de achteruitgang van biodiversiteit in Nederland en Europa, zoals bij de weidevogels, bijen en andere bestuivers, maar ook bij insecten in het algemeen (EASAC 2015, Hallmann *et al.* 2017). Deze algemene zorg heeft recent geleid tot het oprichten van het Deltaplan Biodiversiteitsherstel (Anonymous 2018). Biodiversiteit is ook van groot belang voor de land- en tuinbouw, bijvoorbeeld voor de bestuiving van gewassen. Al die nuttige functies van de natuur voor de landbouw noemen we Functionele Agrobiodiversiteit (FAB). In open teelten is veel onderzoek gedaan naar de inzet van FAB voor de beheersing van ziekten en plagen. Tal van studies heeft aangetoond dat het aanbrengen van de juiste biodiversiteit de bestrijding van plagen met natuurlijke vijanden kan bevorderen (Bianchi *et al.* 2006, Jonsson *et al.* 2008, Begg *et al.* 2017, Gurr *et al.* 2017). Deze manier van biologische bestrijding wordt ook wel "conservation biological control" genoemd (Barbosa 1998). Met het aanbrengen van bijvoorbeeld houtwallen en bloemstroken kan de aanwezigheid van natuurlijke vijanden die van nature voorkomen worden gestimuleerd (Gurr *et al.* 2017). Met verschillende typen planten kunnen verschillende soorten natuurlijke vijanden worden aangetrokken (van Rijn and Wäckers 2016, Hatt *et al.* 2019). Het aanpassen van de omgeving voor natuurlijke vijanden berust grotendeels op het aanbieden van de juiste schuilplaatsen (shelter), nectar, alternatieve prooien/gastheren en pollen, kort samen te vatten als SNAP (Gurr *et al.* 2017). Daarnaast kunnen ook vluchtige stoffen die planten aanmaken nadat ze belaagd worden door herbivoren, de zogenoemde herbivore induced plant volatiles (HIPVs), aan gewassen worden toegevoegd om natuurlijke vijanden te lokken, in combinatie met een beloning in de vorm van voedsel (Simpson *et al.* 2011). Ook in kasteelten is er de laatste jaren veel aandacht gekomen voor maatregelen die de vestiging van natuurlijke vijanden kunnen bevorderen (standing army), met name op het gebied van alternatief voedsel (Messelink *et al.* 2014, Pijnakker *et al.* 2020). In hoeverre de directe omgeving van kassen van invloed is op plaagbestrijding in kassen, is veel minder bestudeerd en grotendeels beperkt tot het mediterrane gebied met tunnelteelten (Arnó *et al.* 2000, Gabarra *et al.* 2004). Een recente studie in de bermen van het Westland laat zien dat ook in Nederland in de bermen rondom kassen zowel schadelijke als nuttige insecten voorkomen (Grashof-Bokdam *et al.* 2019).

Door aanpassingen in vegetaties rondom kassen kunnen nuttige insecten gestimuleerd worden die mogelijk een onderdrukkend effect hebben op plagen in de kasomgeving of zelfs in kassen door invlieg door de luchtramen van kassen (Figuur 1). In deze literatuurstudie komen de volgende vragen aan bod:

1. Waar komen plagen in kassen vandaan? Wat is er bekend over de invlieg vanuit aangrenzende vegetaties rondom kassen?
2. Welke plagen treden het meest op door invlieg vanuit bermen?
3. Wat zijn de risico's van meer biodiversiteit rondom kassen?
4. Wat zijn de mogelijke voordelen van biodiversiteit rondom kassen?
5. Wat zijn de mogelijkheden om met biodiversiteit in de kas plaagbestrijding te verbeteren?

Dit rapport sluit af met een aantal aanbevelingen voor het samenstellen van vegetaties rondom kassen waarbij, met de kennis van nu, natuurlijke vijanden zoveel mogelijk geworden gestimuleerd en natuurlijke plaagbestrijding verbeterd kan worden.



Figuur 1 Bloemrijke vegetatie nabij kassen.

2 Waar komen de plagen vandaan?

De meeste plagen in de Nederlandse kassen hebben een exotische oorsprong en zijn ooit via plantmateriaal in kassen terecht gekomen, waar ze zich vervolgens permanent hebben gevestigd (Messelink 2014). Ondanks alle pogingen die worden gedaan om deze plagen te bestrijden en uit te roeien, gebeurt het maar zelden dat de plagen ook echt volledig opgeruimd worden. De geconcentreerde tuinbouwclusters met meerjarige teelten, of teelten met korte teeltwisselmomenten, maken dat exotische plagen zich, indien eenmaal aanwezig, vaak permanent weten te vestigen in kassen. Bij het ruimen van teelten kunnen deze plagen ook vanuit het geruimde gewas andere kassen besmetten. Andere invalsroutes via mensen of uitgangsmaterialen zijn eveneens belangrijk. Daarnaast is er een groep van plagen die door de klimaatverandering steeds noordelijker oprukt, en eenmaal in het kassengebied aangekomen, zich daar ook vestigt. Ook deze plagen komen meestal niet van buiten, of alleen in bepaalde periodes met langdurige warme zomers. Tabel 1 geeft een overzicht van de meest voorkomende plagen, hun oorsprong en hun vermoedelijke vermogen om buiten kassen te overwinteren. Dat laatste is uiteraard afhankelijk van de strengheid van de Nederlandse winters, hetgeen van jaar tot jaar kan verschillen. Door klimaatverandering worden de winters steeds milder, waardoor de kansen van overleving buiten kassen ook steeds groter wordt (Sampson *et al.* 2019). Het is aannemelijk te verwachten dat soorten die inheems zijn of buiten kassen kunnen overwinteren ook de plagen zijn die het meest van buiten kassen komen en de kas invliegen. Biodiversiteit rondom kassen zal dan ook het meeste effect hebben op deze plagen. Onder deze categorie vallen een aantal soorten trips, alle bladluizen, schadelijke wantsen en sommige mijten (Tabel 1). Daarnaast kunnen plagen zich ook van kas naar kas bewegen. Bij deze migraties kan de vegetatie rondom kassen ook een rol spelen bij de overleving van deze plagen. Subtropische plagen zoals *Tuta absoluta*, *Chrysodeixis chalcites* en *Trialeurodes vaporariorum* worden in de zomer vooral in kassengebieden gevonden en kunnen zich dus op deze manier verspreiden en nieuwe kassen besmetten (bron waarneming.nl).

Tabel 1

De meest voorkomende plagen in de Nederlandse kassen, hun oorsprong en vermoedelijke vermogen om te overwinteren buiten kassen.

Plaaggroep	Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	oorsprong	Overwintering buiten kassen (vermoedelijk)
Trips	Californische trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Exoot, VS	Milde winters
	Tabakstrips	<i>Trips tabaci</i>	Inheems	Ja
	Japanse bloementrips	<i>Thrips setosus</i>	Exoot, Japan	ja
	Echinotrips	<i>Echinothrips americanus</i>	Exoot, VS	Nee
	Orchideetrips	<i>Chaetanaphothrips orchidii</i>	Exoot	Nee
	Vandatrips	<i>Dichromothrips corbeti</i>	Exoot	Nee
	Zebratrips	<i>Parthenothrips dracaenae</i>	Exoot	Nee
	Gestreepte kastrips	<i>Hercinothrips femoralis</i>	Exoot	Nee
	Pepertrips	<i>Thrips parvispinus</i>	Exoot, Azië	Nee
	Rozentrips	<i>Thrips fuscipennis</i>	Inheems	Ja
	Bloementrips	<i>Frankliniella intonsa</i>	Inheems	Ja
wittevlug	Kaswittevlug	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Exoot, Midden- en Zuid-Amerika	Milde winters
	Tabakswittevlug	<i>Bemisia tabaci</i>	Exoot, Mediterraans	Nee
bladluis	Rode perzikluis	<i>Myzus persicae</i>	Inheems	Ja
	Boterbloemluis	<i>Aulacorthum solani</i>	Inheems	Ja

Plaaggroep	Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	oorsprong	Overwintering buiten kassen (vermoedelijk)
wolluis	Aardappeltopluis	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Inheems	Ja
	Katoenluis	<i>Aphis gossypii</i>	Inheems	Ja
	Citruswolluis	<i>Planococcus citri</i>	Exoot	Nee
	Langstaartwolluis	<i>Pseudococcus longispinus</i>	Exoot	Nee
	Viburni wolluis	<i>Pseudococcus viburni</i>	Exoot	Nee
Schildluis	Boisduval schildluis	<i>Diaspis boisduvalii</i>	Exoot	Nee
	rozenschildluis	<i>Aulacaspis rosae</i>	Exoot	Nee
Spint	Bonenspint	<i>Tetranychus urticae</i>	Inheems	Ja
Weekhuidmijten	Narcismijt	<i>Steneotarsonemus laticeps</i>	Exoot	Ja
	Begoniamijt	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Exoot	Nee
Galmijten	Tomatenroestmijt	<i>Aculops lycopersici</i>	Exoot, Mediterraans	Nee
Wantsen	"Nesi"	<i>Nesidiocoris tenuis</i>	Exoot, Mediterraans	Nee
	Zuidelijke groene stinkwants	<i>Nezara viridula</i>	Exoot, Mediterraans	Nee
	Behaarde wants	<i>Lygus rugulipennis</i>	Inheems	Ja
	Brandnetelwants	<i>Liocoris tripustulatus</i>	Inheems	Ja
	Groene appelwants	<i>Lygocoris pabulinus</i>	inheems	Ja
Rupsen	Tomatenmineermot	<i>Tuta absoluta</i>	Exoot, Zuid-Amerika	Nee
	Turkse mot	<i>Chrysodeixis chalcitis</i>	Exoot, Mediterraans	Onbekend
	Duponchelia	<i>Duponchelia fovealis</i>	Exoot, Mediterraans	Nee
	Koolbladroller	<i>Clepsis spectrana</i>	Inheems	Ja
	Anjerbladroller	<i>Cacoecimorpha pronubana</i>)	Inheems	Ja
Vliegen en muggen	Koolvlieg	<i>Delia radicum</i>	Inheems	Ja
	"potworm"	<i>Lyprauta chacoensis.</i> , <i>L. cambria</i>	Exoot	Nee

3 De risico's van biodiversiteit rondom kassen

3.1 Invlieg van trips

Zoals geconstateerd in hoofdstuk 2 heeft het merendeel van de Nederlandse tripssoorten in kassen een exotische oorsprong en is permanent aanwezig in kassen. Verder is bij een groot deel van de tripssoorten die in bermen voorkomen nooit schade gemeld in teeltgewassen (Vierbergen 2002, Grashof-Bokdam *et al.* 2019). De meeste problemen met trips in kassen worden dus niet veroorzaakt door invlieg van buitenaf, maar door de permanente vestiging van populaties in kassen of door tripssoorten die via uitgangsmateriaal of mensen in kassen terechtkomen. De soorten die wel schadelijk zijn en vanuit de omgeving kunnen invliegen zijn de inheemse tabakstrips, *T. tabaci*, de bloementrips, *F. intonsa* en de rozentrips, *T. fuscipennis*. De exotische californische trips (*F. occidentalis*) wordt in beperkte mate ook in bermen gevonden (Vierbergen 2002, Grashof-Bokdam *et al.* 2019), waarschijnlijk doordat exemplaren vanuit kassen de kas uitvliegen. Algemeen wordt aangenomen dat deze soort niet overwintert in de Nederlandse berm, maar recente Engelse studies laten zien dat tijdens milde winters er wel degelijk ook overwintering buiten kassen kan plaatsvinden (Sampson *et al.* 2019). In een Deense studie is bevestigd dat trips via de luchtramen de kas binnenvliegt en dat deze invlieg beperkt kan worden wanneer er minder gelucht wordt door een aangepaste klimaatregeling bij het toepassen van temperatuurintegratie (Jakobsen *et al.* 2006). Om welke tripssoorten het in deze studie precies ging werd niet vermeld. De vegetaties in de directe omgeving rondom kassen zou effect kunnen hebben op de mate van invlieg. Veel tripssoorten eten pollen en vegetaties met veel bloeiende planten met stuifmeel kunnen dan een belangrijke infectiebron zijn van trips (Kirk 1985).

In welke mate trips vanuit deze vegetaties ook daadwerkelijk aangrenzende kassen binnenvliegen is niet bekend. Zolang er voldoende planten in bloei staan is dit niet waarschijnlijk, maar er zou een prikkel voor migratie kunnen ontstaan na het maaien of aan het einde van een bloeiperiode. Massa-migraties zijn inderdaad waargenomen in de herfstperiode voor *Frankliniella intonsa* (Jenser 1973). Bij zulke migraties is het alsnog de vraag of de vegetatie in de directe omgeving van kassen van grote invloed is op invlieg in kassen. Het is namelijk bekend dat migraties van trips over grote afstanden van mogelijk honderden kilometers kan plaatsvinden. In Midden-Europa zijn zelfs subtropische tripssoorten gevonden die waarschijnlijk vanuit Afrika met warme luchtstromen zijn meegevoerd (Makra *et al.* 2018). In Nederland wordt soms massaal invlieg van graantrips waargenomen, met name de kleine graantrips *Limothrips cerealium*. Zulke massavluchten zijn al lang geleden beschreven en gebeuren wanneer het graan te droog wordt voor voedsel en de weerscondities voor vliegen gunstig zijn (geen regen en temperaturen boven de 20 graden Celsius) (Lewis 1964). Deze graantrips is niet schadelijk voor teeltgewassen in kassen, maar het geeft wel aan dat trips grote afstanden kan afleggen. Het is ook bekend dat trips vaak op een hoogte van 6 meter vliegt (Johnson 1969), wat precies de raamhoogte is van moderne kassen. Het zou dus goed kunnen zijn dat de meeste tripsen die de kas binnenvliegen via de luchtramen van migrerende populaties afkomstig zijn die van grote afstanden komen en niet van de direct naburige vegetatie. De risico's op invlieg van migrerende tripspopulaties zou beperkt kunnen worden door luchtramen niet in de richting van de windstroom te openen. Massale invlieg van tabakstrips vanuit uienvelden kan in sommige gevallen wel veel schade geven. Een voor trips aantrekkelijke vegetatie rondom kassen zou wellicht ook een aanleiding voor migrerende tripspopulaties (bij oogst of afsterven van hun waardplant) kunnen zijn om juist buiten de kassen te landen. Wanneer deze vegetaties dan voorzien zijn van natuurlijke vijanden fungeren ze als een "attract & kill-systeem".

3.2 Invlieg van wantsen

De meest voorkomende schadelijke inheemse wantsen in de glastuinbouw zijn de behaarde wants *L. rugulipennis*, de brandbetelwants *L. tripustulatus* en in mindere mate de groene appelwants *L. pabulinus*. De eerste twee soorten overwinteren als adult en beginnen in het voorjaar eieren af te zetten in een kruidlaag. De groene appelwants overwintert als ei in houtige gewassen zoals appel en peer, maar de nimfen migreren naar een kruidlaag waar ook de volwassenen hun eieren afzetten in de zomer (Helsen 2019). De aanwezigheid van kruidige planten in de directe omgeving van kassen zou dus een risico kunnen zijn voor invlieg van de nieuwe generatie wantsen die zich op deze kruidlaag ontwikkelen. Welke afstanden volwassen wantsen exact kunnen afleggen is niet bekend, maar in één studie is gevonden dat dat deze afstand voor *Lygus*-soorten tenminste 62 meter is (Swezey *et al.* 2013). Waarschijnlijk zijn de afstanden veel groter en in dat geval wordt de invlieg niet alleen bepaald door de directe vegetatie rondom de kas, maar ook door die van gebieden die verder van kassen zijn afgelegen. Verder is bekend dat deze wantsen behoorlijk polyfaag zijn en op verschillende plantsoorten voorkomen (Easterbrook and Tooley 1999, Helsen 2019). Sommige waardplanten zijn extra aantrekkelijk, zoals Luzerne, gele mosterd, echte kamille en zonnebloem (Easterbrook and Tooley 1999, van Steenpaal *et al.* 2006, Ondiaka *et al.* 2016). Het is niet bekend of deze waardplanten ook het meest geschikt zijn voor de juveniele ontwikkeling.

Vegetaties met veel geschikte en aantrekkelijke waardplanten voor schadelijke wantsen kunnen mogelijk een verhoogd risico op invlieg in kassen geven, maar dit hoeft niet per definitie zo te zijn. Natuurlijke vijanden in deze vegetaties zouden als buffer kunnen fungeren om invlieg te beperken. In Californië worden velden met luzerne naast plantages met aardbei geplant om op deze manier *Lygus* te lokken naar het vanggewas (Swezey *et al.* 2013). Luzerne bleek naast lokplant voor schadelijke *Lygus*-wantsen ook een zeer aantrekkelijke plant voor allerlei natuurlijke vijanden van deze wantsen te zijn, waaronder spinnen en roofwantsen (Hagler *et al.* 2018). Op deze manier zou biodiversiteit rondom kassen zo ingericht kunnen worden dat ze invlieg van schadelijke wantsen in kassen beperken (lokken en vasthouden) en biologische bestrijding faciliteren. Een Italiaanse studie met bloemstroken naast een tomatengewas laat zien dat bloemstroken als vanggewas kunnen functioneren. De zuidelijke groene stinkwants en twee soorten *Lygus* bleken te worden aangetrokken door bloemranden, maar de schade die deze wantsen veroorzaken was lager in de tomatenveldjes met bloemstroken dan in de veldjes zonder deze bloemstroken (Balzan and Moonen 2014). Er zijn echter ook gevallen bekend waarbij bloemstroken resulteren in meer schade van schadelijke wantsen in aangrenzende teelgewassen (McCabe *et al.* 2017), dus de samenstelling van deze vegetatie zal zorgvuldig moeten zijn en geoptimaliseerd moeten worden voor bestrijding van de meest belangrijke plagen in kassen.

3.3 Invlieg van bladluis

De inheemse katoenluis (*Aphis gossypii*), boterbloemluis (*Aulacorthum solani*), aardappeltopluis (*Macrosiphum euphorbiae*) en groene perzikluis (*Myzus persicae*) komen wereldwijd voor op enorm veel waardplanten buiten kassen. Bij overbevolking van planten, bij slechte waardplantkwaliteit of bij verstoring door natuurlijke vijanden wordt vleugelaanleg geïnduceerd (Müller *et al.* 2001). Deze fenotypische plasticiteit door van het vleugellose fenotype (aptera) naar gevleugelde fenotypen (alate) om te schakelen, is mede bepalend voor het grote succes van deze bladluizen. In het voorjaar rond april-mei worden er standaard massamigraties van bladluis waargenomen. Dit is een fenomeen dat in meerdere landen plaatsvindt. In Korea is recent een dataset van 40 jaar bladluiswaarnemingen op een rij gezet en de trend is dat door de opwarming van de aarde de massavluchten in het voorjaar steeds eerder plaatsvinden (Kim and Kwon 2019). Bladluis kan tijdens deze vluchten grote afstanden afleggen en ook via de luchtramen met luchtstromen in de kas terechtkomen. Door de hechting aan kleren en haren van kasmedewerkers zal ook een groot deel van bladluis via personeel de kas binnenkomen. Dit verklaart dat zelfs compleet afgesloten kassen met fijn insectengaas nog steeds besmet worden met bladluis. Net als bij andere plagen is het dus de vraag in welke mate de vegetatie in de directe kasomgeving bijdraagt aan nieuwe besmettingshaarden in kassen, omdat de bladluizen ook van grote afstand kunnen invliegen, of via het personeel of uitgangsmaterialen de kas in komen. Ook voor bladluis geldt dat de vegetatie om de kas een belangrijke rol kan spelen bij voor invlieg van natuurlijke vijanden in kassen. Zo wordt vaak spontane parasitering van bladluis waargenomen of predatie door gaasvliegen, zweefvliegen, galmuggen en lieveheersbeestjes die niet zijn uitgezet. De mate van invlieg van deze natuurlijke vijanden wordt waarschijnlijk sterk bepaald door de directe vegetatie om de kassen, omdat deze soorten nectar en stuifmeel nodig hebben voor overleving (Wäckers *et al.* 2005, Hatt *et al.* 2017).

3.4 Invlieg van spint

Spintmijten hebben geen vleugels en kunnen niet actief vliegen, maar het is wel bekend dat deze kleine mijten zich via de wind kunnen verspreiden en op die manier ook via luchtramen kassen kunnen 'binnenvliegen'. Spintmijten produceren spinsel en kunnen dit actief inzetten om met de wind te worden meegevoerd. De mijten laten zich dan aan een spinseldraad hangen om vervolgens te wachten totdat een windvlaag de draad breekt en ze door de wind worden meegevoerd (Bell *et al.* 2005). Dit verschijnsel, ook wel "ballooning dispersal" genoemd, en helpt de mijten om zich over grote afstand te verspreiden. Spintmijten kunnen zich zelfs in groepsverband verspreiden wanneer ze een soort bal van spinsel maken op planten met veel spintmijten. Deze ballen met spint kunnen vervolgens door de wind verspreid worden naar nieuwe gebieden (Clotuche *et al.* 2013).

Spint kan zich dus over grote afstanden verspreiden en net als bij bladluis is het de vraag in welke mate de vegetatie in de directe kasomgeving bijdraagt aan nieuwe besmettingshaarden in kassen. Net als veel andere kleine insecten als trips en bladluis, kan ook spint zich makkelijk hechten aan haren en kleren van kaspersoneel, of meekomen met uitgangsmateriaal, en op die manier nieuwe kolonies in kasteelten starten. Bij startende spintkolonies wordt vaak spontaan predatie door larven van de galmug *Feltiella acarisuga* waargenomen. Op deze invlieg is de directe vegetatie rondom kassen waarschijnlijk van grote invloed.

3.5 Invlieg van motten

In welke mate de vegetatie in de directe kasomgeving van invloed is op de invlieg van motten is niet bekend. De meest algemene en schadelijke soort is de Turkse mot *Chrysodeixis chalcites*. Dit is ook een trekvlinder die vanuit zijn oorspronkelijke vestigingsgebied in Noord-Afrika en Zuid-Europa met zuidelijke winden heel Noord-Europa kan bereiken. De directe vegetatie is dus niet noodzakelijk voor de opkweek van rupsen tot het volwassen stadium. Er wordt algemeen aangenomen dat deze soort de winters van Noord-Europa niet overleeft. Het is zeer waarschijnlijk dat de soort overwintert in kassen, of zich blijft doorontwikkelen in jaarrond teelten zoals gerbera. Vanuit deze teelten kunnen de motten dan weer nieuwe teelten in ander kassen infecteren. De vegetatie rondom de kas is dus niet direct noodzakelijk voor invlieg van deze motten. Op waarneming.nl wordt deze mot voornamelijk in kassengebieden waargenomen en dan beperkt tot de zomerperiode van mei tot en met september.

De vegetatie om de kassen zou wel van grote invloed kunnen zijn op de bestrijding van rupsen in kassen. Er wordt vaak spontane parasitering van rupsen waargenomen van sluipwespen die zich hebben ontwikkeld op rupsen in de omgeving van kassen, zoals *Microplitis spinolae* en *Cotesia vanessae* (Grosman and Bloemhard 2013). Ook dit soort sluipwespen kunnen behoorlijke afstanden afleggen tot wel 15 km per dag, maar zodra vrouwtjes na paring eieren gaan leggen (gaan parasiteren), vliegen ze veel beperktere afstanden van maximaal 4 km per dag (Yu *et al.* 2009). De vegetatie in de directe kasomgeving is dus waarschijnlijk belangrijker voor de sluipwespen van rupsen dan voor de invlieg van motten die veel grotere afstanden kunnen afleggen. Belangrijk is dan wel dat er alternatieve gastheren in deze vegetatie aanwezig zijn. De vegetatie in de kasomgeving is bovendien essentieel om sluipwespen van nectar te voorzien, zodat hun de parasiteringscapaciteit wordt vergroot (Winkler *et al.* 2006). Deze nectarbronnen kunnen overigens ook voor plagen een belangrijke voedingsbron zijn. Zo bleken akkers met kool meet last te hebben van het koolwitje wanneer deze waren voorzien van bloeiende akkerranden (Winkler *et al.* 2010).

Ook in het mediterrane gebied wordt vaak spontane parasitering van rupsen gevonden, zoals parasitering van *Tuta absoluta* in tomaat door *Necremnus tutae* (Naselli *et al.* 2017). Van deze sluipwesp is niet bekend wat de oorspronkelijke gastheer buiten kassen is. Studies met akkerranden geven een wisselend beeld over de effecten van bloeiende vegetatie op schade door rupsen in aangrenzende gewassen. In akkerranden bij tomaat werden zowel positieve (Balzan and Moonen 2014) als negatieve effecten gevonden (Balzan *et al.* 2016). In Nederland wordt de tomatenmineermot de laatste jaren vooral in de zomerperiode buiten aangetroffen. Deze exoot heeft zich breder verspreid in Nederland dan de Turkse mot, mogelijk omdat tomaat de grootste kasteelt is in Nederland en de motten via plantmateriaal op verschillende plekken zijn terecht gekomen. Buiten kassen kunnen de rupsen zich ontwikkelen op Solanaceae zoals aardappel en nachtschade. De meeste motten worden echter waargenomen door amateur-entomologen met lichtvallen (zie waarneming.nl) en dan is het niet duidelijk of dit motten zijn die vanuit een kas naar buiten vliegen, of dat het motten zijn die zich op planten buiten kassen hebben ontwikkeld. De bijdrage van vegetatie rondom kassen aan de populatieontwikkeling van de tomatenmineermot is dus niet duidelijk. Bloeiende planten rondom kassen spelen mogelijk een belangrijke rol bij de bestrijding van rupsen, doordat ze een belangrijke voedselbron vormen voor sluipwespen van rupsen (Wäckers *et al.* 2005, Winkler *et al.* 2006), maar in Nederland is tot nu toe nog geen spontane parasitering van de tomatenmineermot waargenomen.

3.6 Wat zijn de risico's op virusoverdracht?

Bermen en natuurgebieden met veel plantdiversiteit zijn een potentieel risico voor verspreiding van virussen die door insecten worden overgedragen. Via deze planten zouden insecten dus voor virusinfecties in de kas kunnen zorgen. Het meest wijdverspreide en voorkomende virus dat door insecten wordt overgedragen is het tomatenbronsvlekkenvirus (TSWV). Dit virus kan bijna 1100 verschillende plantsoorten infecteren (Parrella *et al.* 2003), waaronder veel onkruiden die in de buurt van kassen voorkomen (Stobbs *et al.* 1992). Van 8 soorten trips is bekend dat ze dit virus kunnen overdragen, waaronder de californische trips, de tabakstrips en bloementrips (Rotenberg *et al.* 2015). Met name de tabakstrips en de bloementrips komen massaal in bermen bij kassen voor (Grashof-Bokdam *et al.* 2019) en zouden dus het virus kunnen overdragen. Verder zijn er allerlei andere tripssoorten waarvan niet bekend is of ze virus kunnen overdragen, omdat dat simpelweg nog nooit is getest. TSWV-infecties en andere tospovirussen blijven een risico en komen regelmatig voor in teelten als chrysant, Alstroemeria en gerbera. Het verwijderen van alle potentiële virusbronnen in de omgeving van kassen is echter een onmogelijke taak, niet alleen om dat de waardplantenlijst enorm groot is, maar ook omdat trips lange afstanden kan overbruggen. Of meer biodiversiteit rondom kassen ook een verhoogd risico geeft op invlieg van TSWV-geïnfecteerde trips is niet bekend, maar niet waarschijnlijk, omdat de meeste invlieg van trips afkomstig lijkt te zijn van migrerende populaties van verder gelegen gebieden (zie 3.1). Bladluizen kunnen ook vectoren van virussen zijn, wat een groot probleem kan geven in de teelt van aardappelpootgoed of tulpenbollen. In komkommer kunnen bladluizen met het gevreesde Cucurbit Aphid-Borne Yellow virus (CABYV) overdragen, maar in het algemeen spelen de door bladluis overdraagbare virussen een minder grote rol in kasteelten. Een enkele keer wordt in Nederland het tomatengeelkrulvirus (TYLCV) gevonden, wat wordt overgedragen door tabakswittevlieg. In warme zomers kan tabakswittevlieg ook in bermen overleven en mogelijk onkruiden infecteren met het virus. In Nederland heeft deze ziekte een q-status en is het risico op infecties vanuit de kasomgeving beperkt, mede omdat tabakswittevlieg niet buiten de kas overwintert. In het mediterrane gebied is de situatie totaal anders en komt tabakswittevlieg massaal voor op planten rondom kassen (Rodriguez *et al.* 2018). In Zuid-Spanje zijn er dan ook grote problemen met dit virus in de tomatenteelt in kassen. In die omgeving blijken teelten in moderne kassen die meer gesloten zijn ook minder problemen te ondervinden door TYLCV dan teelten in goedkopere en meer open kasconstructies (Velasco *et al.* 2008).

3.7 Hyperparasitoïden

Bestrijding van bladluis met sluipwespen kan soms ernstig verstoord worden door hyperparasitoïden, secundaire sluipwespen die primaire sluipwespen in bladluizen parasiteren (Sullivan and Völkl 1999). Meer biodiversiteit rondom kassen zou ook kunnen leiden tot verhoogde dichtheden van deze hyperparasitoïden en daarmee dus een verhoogd risico geven op verstoring van bladluisbestrijding in kassen. Hyperparasitoïden profiteren net als sluipwespen van de nectarbronnen van bloeiende planten, waardoor de percentages hyperparasitering kunnen toenemen (Araj *et al.* 2009). Het type vegetatie rondom kassen kan van invloed zijn op de mate van hyperparasitering dat optreedt. In een recente Chinese studie bleek dat katoenluis in komkommer met sluipwespen werd minder verstoord door hyperparasitoïden wanneer de kassen omgeven werden door boomrijk landschap (Dong *et al.* 2019). De exacte reden hiervoor is niet bekend. In Nederlandse kasteelten wordt hyperparasitering vaak al vroeg in het seizoen waargenomen nog voordat sluipwespen buiten kassen actief zijn, hetgeen duidt op overwintering van deze hyperparasitoïden in de kas (Bloemhard *et al.* 2014). In dat geval heeft de kasomgeving uiteraard minder invloed op de aanwezigheid van de hyperparasitoïden in kassen, omdat de kas zelf de belangrijkste infectiebron is. Het is echter niet uit te sluiten dat in sommige teelten de eerste hyperparasitoïden vanuit aangrenzende vegetaties kassen binnenvliegen. Om dit te beperken zou parasitering van bladluizen buiten kassen beperkt moeten worden. Dat is lastig te realiseren, maar wellicht kan het stimuleren van bladluispredatoren met bepaalde plantsoorten de predatie van bladluis laten toenemen en daarmee ook het aantal beschikbare mummies voor hyperparasitering verminderen (Hatt *et al.* 2019).

4 De voordelen van meer biodiversiteit rondom kassen

4.1 Bestrijding van kasplagen buiten de kas

Zoals gemeld in de introductie hebben diverse studies aangetoond dat het aanbrengen van de juiste biodiversiteit de bestrijding van plagen met natuurlijke vijanden kan bevorderen (Bianchi *et al.* 2006, Jonsson *et al.* 2008, Begg *et al.* 2017, Gurr *et al.* 2017). Alleen al in Europa zijn enorm veel biodiversiteitsstudies in land- en tuinbouwsystemen uitgevoerd. In een recent artikel zijn al deze gegevens van 1500 locaties door heel Europa nog eens op een rij gezet en geanalyseerd (Martin *et al.* 2019). In het algemeen kan geconcludeerd worden dat niet alleen de samenstelling van habitatten, maar ook de landschapsconfiguratie een grote rol speelt bij functionele biodiversiteit. Landschappen met meer verbindingen en randen langs land- en tuinbouwgronden zorgen ervoor dat natuurlijke vijanden met een beperkte verspreidingscapaciteit beter kunnen uitwisselen tussen gebieden. Een overvloed van natuurlijke vijanden in bepaalde gebieden kunnen op deze manier ook sneller een gunstige bijdrage leveren aan plaagbestrijding in aangrenzende gebieden. Over de hele linie blijken gebieden met een verhoogde akkerranddichtheid te leiden tot een verbeterde bestuiving (factor 1.7) en plaagbestrijding (factor 1.4) (Martin *et al.* 2019).

Een verhoging van de biodiversiteit rondom kassen kan in principe ook bijdragen aan de bestrijding van plagen die vanuit vegetaties rondom kassen kasteelten kunnen besmetten. In een Italiaanse studie werden bloemranden met een mix van boekweit, boon, komkommerkruid, koriander, venkel en harige wikke geplant naast veldtomaat, een gewas met veel plagen die ook in kassen optreden. Deze bloemranden resulteerden in een enorme verhoging van natuurlijke vijanden, wat vervolgens weer resulteerde in een verbeterde bestrijding van bladluis en rupsen (Balzan and Moonen 2014). De bloemranden bleken ook aantrekkelijk te zijn voor schadelijke wantsen, maar de schade in tomaat door deze wantsen werd verrassend genoeg juist verminderd in aanwezigheid van deze bloemranden, wat aangeeft dat de bloemranden als een vanggewas fungeren (Balzan and Moonen 2014). Bloemranden kunnen op die manier een dubbele functie hebben: het faciliteren van natuurlijke vijanden en het vasthouden van plagen.

In Almeria (Spanje) is een uitgebreide studie uitgevoerd waarbij de interactie tussen spinnen en de kasplagen tabakswittevlieg, californische trips en hun natuurlijke vijanden is onderzocht in 21 soorten inheemse plantsoorten rondom kassen (Cotes *et al.* 2018). Deze studie levert verschillende interessante inzichten op over de bijdrage van spinnen aan de bestrijding van deze plagen. Op sommige mediterrane plantensoorten, zoals zeevenkel (*Crithmum maritimum*), joint pine (*Ephedra fragilis*) en *Lycium intricatum* waren nauwelijks plagen te vinden, terwijl ze wel zeer goede waardplanten bleken voor veel spinnensoorten die kunnen bijdragen aan de bestrijding van deze plagen. Spinnen blijken vooral een goed bestrijdend effect te hebben op wittevlieg en minder op trips. Het voorkomen van wittevlieg was positief gecorreleerd met de dichtheden van webmakende spinnen. Veel bloeiende mediterrane planten zijn daarentegen bijna allemaal goede waardplanten voor californische trips (Rodriguez *et al.* 2018). In deze studie is ook gekeken naar de tripspopulaties rondom en in kassen en daaruit kwam naar voren dat trips eerder (in het seizoen) in kassen wordt gevonden dan buiten op planten. De trips bleek vooral in de Spaanse winterperiode bij lagere temperaturen naar buiten te migreren en populaties te vestigen van december tot mei. Ook wittevlieg is jaarrond veel meer in kassen te vinden dan op planten buiten de kassen. De migratie van kassen naar buiten vindt Spanje vooral plaats in de late zomer (oktober).

Naast planten, kunnen ook plantresten direct naast de kas een bijdragen leveren aan bestrijding van kasplagen, doordat ze schuilplekken bieden voor loopkevers en spinnen die belangrijk zijn voor bestrijding van startende plaagpopulaties (Xu *et al.* 2012).

4.2 Invlieg van natuurlijke vijanden in kassen

De natuurlijke vijanden die zich massaal in de omgeving van kassen kunnen ontwikkelen, kunnen ook kassen binnenvliegen 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. Bij een aantasting door rupsen in kassen wordt vaak spontane parasitering waargenomen door inheemse sluipwespen die van buiten de kas invliegen (Grosman and Bloemhard 2013). Ook de tomatenmineervlieg kan grotendeels worden geparasiteerd en bestreden door invlieg van inheemse sluipwespen (Woets and Linden 1982). Deze sluipwespen bleken later ook de invasieve exotische floridamineervlieg goed te bestrijden (Abe *et al.* 2005). Ook een recente en zeer uitgebreide Franse studie heeft aangetoond dat er aanzienlijke migraties plaatsvinden van inheemse sluipwespen vanuit de kasomgeving naar relatief dichte kassen (Postic *et al.* 2020).

Mediterrane tunnelteelten zijn in vergelijking met moderne kassen veel meer open en daar speelt invlieg van natuurlijke vijanden een nog veel grotere rol bij plaagbestrijding (Gerling *et al.* 2001). Roofwantsen van de familie Miridae koloniseren vaak spontaan tomatengewassen in Mediterrane landen (Castañé *et al.* 2004, Gabarra *et al.* 2004, Ingegno *et al.* 2009, Perdakis *et al.* 2011). In Zuid-Frankrijk zijn goede resultaten behaald met het zaaien van goudsbloemen naast kassen om daarmee de dichtheden van de roofwantsen *Macrolophus pygmaeus* en *Dicyphus errans* in kassen te verhogen (Lambion 2011). Paprika wordt vanuit natuurlijke vegetatie in de kasomgeving vaak spontaan gekoloniseerd door roofwantsen van het genus *Orius* (Bosco and Tavella 2013).

Een recente studie met tunnelkassen in China laat mooie resultaten zien van biodiversiteit rondom kassen met een mix van 6 bloeiende plantsoorten (Li *et al.* 2020). Hoewel het aantal plagen (trips en bladluis) toenam in de planten buiten de kassen ten opzichte van standaard vegetatie, vertwintigvoudigde het aantal predatoren in de kas, waardoor de bestrijding van bladluis significant beter was dan in kassen zonder deze bloemranden buiten de kas (Li *et al.* 2020).

Naast beplantingen kunnen ook specifieke schuilplekken worden aangebracht voor de overwintering van natuurlijke vijanden. Dit kan bijvoorbeeld zinvol zijn voor overwinterende volwassen gaasvliegen (Thierry *et al.* 2002), waardoor de kans op invlieg in kassen in het voorjaar wordt verhoogd.

4.3 Vasthouden van plagen

De eerste gedachte bij maatregelen om invlieg van plagen in kassen te beperken is vaak gericht op het verwijderen van planten die aantrekkelijk zijn voor plagen. Zoals eerder gemeld is dat lastig te realiseren, omdat veel plagen heel polyfaag zijn. Bovendien verwijder je dan ook veel waardplanten die de vestiging van natuurlijke vijanden faciliteren. Een mogelijk veel effectiever aanpak is juist het plaatsen van aantrekkelijke planten die migraties van plagen naar kassen voorkomen. Als er bijvoorbeeld voldoende bloeiende planten buiten de kas staan met een overvloed aan stuifmeel, is er weinig noodzaak voor trips om te migreren naar een gewas in de kas. Zeker als deze planten ook de vestiging van natuurlijke vijanden van trips bevordert zou dit een goede aanpak kunnen zijn om invlieg in kassen te beperken. De eerder genoemde Chinese studie heeft inderdaad aangetoond dat populaties schadelijke tripsen door bloeiende planten rondom kassen kunnen toenemen, maar door de vele natuurlijke vijanden leidde dit niet tot hogere tripsaantallen in de kas (Li *et al.* 2020).

Andere studies hebben ook laten zien dat invlieg van schadelijke wantsen naar teeltgewassen voorkomen of gereduceerd kan worden met aantrekkelijke lokplanten zoals luzerne of bloemranden (Balzan and Moonen 2014, Hagler *et al.* 2018). Of zo'n aanpak ook daadwerkelijk invlieg van schadelijke plagen in kassen kan voorkomen is niet bekend en wellicht interessant om nader te onderzoeken. Deze aanpak werkt waarschijnlijk alleen als de lokplanten tevens goede waardplanten zijn voor de natuurlijke vijanden van de plaag, anders zullen plagen zich alleen maar verder vermeerderen en gaan migreren naar aangrenzende kassen. Uit Amerikaanse veldstudies blijkt dat luzerne zo'n dubbelfunctie kan vervullen. Deze plant is zeer aantrekkelijk voor schadelijke wantsen van het genus *Lygus*, maar tegelijkertijd ook een zeer goede waardplant voor *Orius*, waardoor de schade in aangrenzende aardbeivelden afnam (Hagler *et al.* 2020).

5 De mogelijkheden voor biodiversiteit in de kas

Niet alleen buiten de kas, maar ook in de kas kan biodiversiteit worden ingezet voor het verbeteren van biologische plaagbestrijding. Een aloude methode in kassen is de inzet van bankerplanten (Huang *et al.* 2011). Dit zijn planten die voedsel, prooien of gastheren voor natuurlijke vijanden produceren en daarmee 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). Planten kunnen ook worden geplaatst tussen teeltgewassen om roofmijnt te voorzien van betere schuilplekken, de zogenaamde domatia (Parolin *et al.* 2013) of om als ovipositieplant te fungeren voor roofwantsen die hun eieren in plantweefsel afzetten (Kakimoto *et al.* 2007). De afgeleiden van deze functionele biodiversiteitsmaatregelen zijn het aanbrengen van kunstmatige domatia (Loughner *et al.* 2011, Bresch *et al.* 2019) of het verblazen van allerlei voedselbronnen (Messelink *et al.* 2014, Pijnakker *et al.* 2020).

Het diversifiëren van teeltgewassen is niet zo populair in kassen, omdat het economisch rendabeler is om te focussen op één teeltgewas, maar diverse studies laten zien dat het mengen van teelten ook gunstig kan zijn voor plaagbestrijding. In mengteelten kost het plagen meer moeite om geschikte waardplanten te vinden, wat de verspreiding kan beperken (Manandhar *et al.* 2017). Dit mechanisme gaat soms gepaard met het bevorderen van natuurlijke vijanden in tussenteelten die de bestrijding van plagen in de aangrenzende teeltgewassen ook weer verbeteren (Manandhar and Wright 2016). Letourneau and Altieri (1983) vonden dat dichtheden van californische trips veel hoger waren in monoculturen van komkommerachtigen dan wanneer dit gemengd werd met mais en boon. In hoeverre mengteelten van kasgewassen plaagbestrijding kan verbeteren is niet bekend, maar het zou interessant zijn om te onderzoeken welke teelten onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden geteeld kunnen worden en een negatief effect hebben op de verspreiding van plagen.

6 Conclusies voor- en nadelen

Op basis van literatuur, waarnemingen en de huidige kennis over het gedrag van kasplagen kunnen we het volgende concluderen over de rol van biodiversiteit in en om de kas:

1. Veel kasplagen zijn exoten en permanent gevestigd in kasteelten. Het merendeel van deze plagen kan niet overwinteren buiten kassen. Deze plagen kunnen zich echter in de warme perioden van kas naar kas verspreiden en daarbij gebruik maken van de vegetaties rondom kassen. Andere invalsroutes zoals via mensen of uitgangsmaterialen zijn minstens zo belangrijk.
2. Inheemse plagen die via luchtramen de kas binnenvliegen zoals bladluis en trips, kunnen vaak grote afstanden afleggen door passieve verspreiding met wind. Invlieg wordt waarschijnlijk maar in beperkte mate bepaald door de vegetatie in de directe kasomgeving.
3. Plantsoorten rondom kassen die aantrekkelijk zijn voor plagen kunnen mogelijk invlieg van plagen naar kassen beperken, maar dit is risicovol vanwege het stimuleren van plaagpopulaties op geschikte waardplanten.
4. Vegetatie rondom kassen kan een belangrijke functie hebben bij de bestrijding van kasplagen buiten kassen, doordat ze de vestiging van veel natuurlijke vijanden faciliteren met nectar, stuifmeel, alternatieve prooien en schuilplekken.
5. Biodiversiteit rondom kassen kan bijdragen aan de bestrijding van (exotische) plagen in kassen door invlieg van natuurlijke vijanden.
6. Het aanbrengen van functionele biodiversiteit in de kas kan de langdurige vestiging van natuurlijke vijanden ondersteunen (standing army) en daarmee plaagbestrijding verbeteren.

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/>). 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 daarom aan te bevelen om de rol van biodiversiteit in en om de kas verder te verkennen (Messelink *et al.* 2021). In hoofdstuk 7 wordt een aantal suggesties gedaan hoe dit kan worden vormgegeven.

7 Aanbevelingen voor biodiversiteit rondom de kas

7.1 Nuttige planteigenschappen

Voor het bevorderen van plaagbestrijding met functionele biodiversiteit is het verstandig om specifiek te kijken wat de functie is van planten voor bepaalde natuurlijke vijanden. Zoals in de inleiding al benoemd, spelen planten op 4 manieren een belangrijke rol 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). Deze verschillende eigenschappen zullen we hieronder verder behandelen.

7.1.1 Schuilplekken

Schuilplekken zijn vooral belangrijk voor de overwintering van natuurlijke vijanden. Voor deze functie zijn groenblijvende en dichte struikgewassen, zoals heder, 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.

7.1.2 Nectar

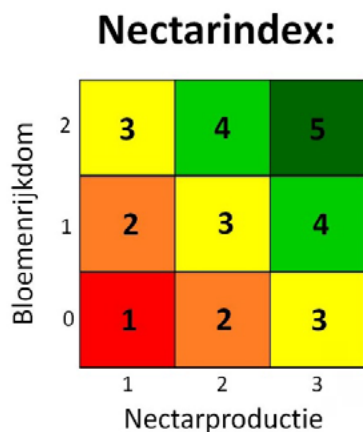
Het produceren van nectar is een van de belangrijkste functionele eigenschappen van planten voor het ondersteunen van vliegende natuurlijke vijanden, zoals de volwassen zweefvliegen, gaasvliegen en sluipwespen. Zweefvliegen zijn voor hun vliegactiviteit sterk afhankelijk van nectar, maar lang niet alle 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 (Tabel 2). Schermbloemigen (Apiaceae) zoals venkel en koriander hebben ondiepe bloemen en zijn daardoor zeer toegankelijk voor zweefvliegen. Andere bloeiende planten zoals knoopkruid 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.

Tabel 2

De geschiktheid van diverse bloeiende planten voor zweefvliegen op basis van bloemdiepte en overleving van *Episyrphus balteatus*, gebaseerd op data van van Rijn & Wäckers (2016). Categorie A zijn bloemen met zeer toegankelijke nectar (diepte < 1.0 mm en een levensduur > 8 dagen), categorie B zijn bloemen met matig toegankelijke nectar (bloemdiepte 1-2 mm, overleving ca 4-8 dagen) en categorie C met ontoegankelijke nectar (diepte > 2 mm en levensduur meestal < 4 dagen).

Familie	Soort	Nederlandse naam	Categorie
Apiaceae	<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinaak	A
	<i>Daucus carota</i>	wilde wortel	A
	<i>Heracleum spondylium</i>	gewone berenklauw	A
	<i>Ammi majus</i>	Groot akkerscherf	A
	<i>Coriandrum sativum</i>	Koriander	A
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Venkel	A
Polygonaceae	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Boekweit	A
Caryophyllaceae	<i>Gypsophila elegans</i>	Gipskruid	A
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i>	Komkommerkruid	A
	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Bijenvoer	C
Ranunculaceae	<i>Ranunculus acris</i>	Scherpe boterbloem	B
Asteraceae/Carduoideae	<i>Centaurea cyanus</i>	Korenbloem	A
	<i>Centaurea jacea</i>	Knoopkruid	C
	<i>Cirsium arvense</i>	Akkerdistel	A
Asteraceae/ Astereroideae	<i>Achillea millefolium</i>	Duizendblad	A
	<i>Matricaria recutita</i>	Echte kamille	A
	<i>Jacobaea vulgaris</i>	Jakobskruid	B
	<i>Helianthus annuus</i>	Zonnebloem	C
	<i>Glebionis segetum</i>	Gele ganzenbloem	B
	<i>Coreopsis tinctoria</i>	Meisjesogen	B
	<i>Anthemis tinctoria</i>	Gele kamille	B
	<i>Tanacetum vulgare</i>	Boerenwormkruid	B
	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	Reukloze kamille	B
	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Gewone margriet	B
	<i>Cosmos bipinnatus</i>	Mexicaanse aster	C
	<i>Calendula officinalis</i>	Goudsbloem	C
Asteraceae/Cichorioideae	<i>Crepis capillaris</i>	Klein streepzaad	C
	<i>Cichorium intybus</i>	Wilde cichorei	C
Fabaceae	<i>Vicia sativa sativa</i>	Voederwikke	A
	<i>Lotus corniculatus</i>	Gewone rolklaver	C
	<i>Medicago sativa</i>	Luzerne	C
	<i>Vicia cracca</i>	Vogelwikke	C

Niet alleen de toegankelijkheid van de nectar, maar ook de hoeveelheid nectar die geproduceerd wordt kan sterk verschillen tussen plantensoorten (Hicks *et al.* 2016). Op basis van de nectarproductie en bloemenrijkdom kan je een scoresysteem ontwikkelen voor natuurlijke vijanden, zoals Floron en de vlinderstichting dat hebben gedaan (Stip and Dijkhuis 2020) (Figuur 2). De nectarindex is als monitoringsinstrument bedoeld om op een gestandaardiseerde wijze de bloemrijkdom en potenties van een locatie als nectarbron voor bloembezoekende insecten uit te drukken, gebaseerd op de vegetatie. Hoe hoger de nectarindex, hoe bloemrijker een berm en hoe meer nectar er in potentie te halen is. Een hogere nectarindex zou ook gunstig kunnen zijn voor de potentie voor plaagbestrijding, maar dan is het daarbij wel belangrijk te bepalen in hoeverre de nectar van deze bloemen ook toegankelijk is voor belangrijke bestrijders zoals zweefvliegen.



Figuur 2 Puntensysteem voor een nectarindex voor vlinders op basis van nectarproductie en bloemenrijkdom (Stip and Dijkhuis 2020).

7.1.3 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. In deze rol noemen we zo'n plant ook wel een bankerplant (Huang *et al.* 2011). 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 sluipwespen die rupsen, mineervlieg en bladluis parasiteren, kan dus gedacht worden aan planten die waardplant zijn voor niet-schadelijke rupsen, mineervlieg en bladluis. Vooral voor bladluis zijn diverse planten geschikt, waaronder vele struiken die al vroeg in het seizoen een belangrijke functie hebben bij het voorzien van natuurlijke vijanden van waardplantspecifieke bladluizen (van Rijn 2014).

7.1.4 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).

Composieten 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).

7.1.5 UV-patroon

Planten gebruiken naast het produceren van nectar en stuifmeel ook nog andere eigenschappen om insecten te lokken. Zo lijken Lieveheersbeestjes en gaasvliegen te worden aangetrokken tot bloemen met een ultraviolet patroon (Hatt *et al.* 2019). Soorten blijken hier ook verschillend op te reageren. In dezelfde studie bleek dat het zevenstippelige lieveheersbeestje juist meer te vinden was op planten zonder een UV-patroon.

7.2 Criteria voor vegetatiesamenstelling rondom kassen

Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat planten onderling sterk verschillen in hun geschiktheid voor ondersteuning van natuurlijke vijanden en dat verschillende natuurlijke vijanden verschillende eisen hebben. Om diverse groepen natuurlijke vijanden te ondersteunen, zullen dus ook planten met verschillende functies gemengd aangeboden moeten worden. Bij de selectie van planten die natuurlijke vijanden in de kasomgeving ondersteunen, is het verstandig om planten te selecteren die niet extreem gevoelig zijn voor bepaalde plagen. Dit is lastig, omdat veel plagen zeer polyfaag zijn. Bloemtripsen komen bijvoorbeeld breed in allerlei bloemen voor (Kirk 1985, Grashof-Bokdam *et al.* 2019). Toch kan het zinvol zijn om de waardplantgeschiktheid van plantsoorten rondom kassen voor plagen en natuurlijke vijanden te onderzoeken. In een Turkse studie bleek dat goudsbloem en hoenderbeet (*Lamium amplexicaule*) zeer geschikt waren voor Orius en nauwelijks aantrekkelijk voor californische trips (Atakan 2010). Verder is het belangrijk te weten in welke mate de plant een waardplant is voor belangrijke plagen of een gastheer voor schadelijke virussen.

Uiteraard is de voorkeur voor bodem, bemesting en vocht bepalend of een plantensoort zich goed kan vestigen in een bepaald gebied. Vanuit het perspectief van de natuurlijke vijanden, is het belangrijk dat het voedsel dat planten direct of indirect (via prooien) aanbieden aan natuurlijke vijanden gespreid wordt in de tijd door planten te selecteren die elkaar opvolgen in bloei. Dus de levenscyclus van de plant, bloeiduur en bloeiperiode moet worden meegenomen bij de selectiecriteria voor functionele biodiversiteit. Voor een goede spreiding van bloei kunnen struiken ook interessant zijn. Bovendien leven er op struiken zeer veel waardplantspecifieke bladluizen die daarmee vroeg in het seizoen een belangrijke voedselbron zijn voor bladluisbestrijders (van Rijn 2014). Samenvattend komen we op 24 eigenschappen die medebepalend zijn voor de selectie van planten en struiken (Tabel 3). Bij deze criteria is de gevoeligheid voor schadelijke bladluis en spint niet meegenomen, omdat hun aanwezigheid in de vegetatie aangrenzend aan kassen waarschijnlijk van ondergeschikt belang is als risico voor het besmetten van kasgewassen in vergelijking tot de andere infectieroutes (paragraaf 3.3 en 3.4).

Tabel 3

Database-invoervelden voor het selecteren van planten voor functionele biodiversiteit rondom kassen

Algemeen	Nut voor natuurlijke vijanden	Risico's
1. familie	1. toegankelijk voor zweefvliegen	1. waardplant bloemtripsen
2. wetenschappelijke naam	2. waardplant Orius	2. waardplant Lygus
3. Nederlandse naam	3. waardplant Dicyphus	3. waardplant Nezara
4. levenscyclus	4. aantrekkelijk voor lieveheersbeestjes	
5. oorsprong	5. aantrekkelijk voor gaasvliegen	
6. voorkeur grondsoort	6. aantrekkelijk voor sluipwespen	
7. bloeikleur	7. banker niet schadelijke bladluis	
8. start bloei	8. banker niet schadelijke wittevlies	
9. bloeiduur (maanden)	9. banker niet schadelijke rups	
10. max hoogte (cm)		
11. pollen		
12. nectar		
13. extraflorale nectar		
14. UV-patroon		
15. Gemak in onderhoud		

Naast de functionele criteria kunnen planten ook op andere eigenschappen worden geselecteerd, zoals het gemak in onderhoud, de levensduur van de planten en de oorsprong (inheems versus uitheems).

Met de invoervelden van Tabel 3 kan een database worden aangelegd voor het selecteren van planten voor functionele biodiversiteit in bepaalde gebieden. Op basis van deze database met planteigenschappen kunnen vegetaties rondom kassen worden samengesteld die het beste aansluiten bij de teelten en bijbehorende plagen in de aangrenzende kassen. Voor een biologische teler van vruchtgroenten is bladluis bijvoorbeeld een belangrijke plaag. In dat geval kan het interessant zijn om planten aan te leggen die de natuurlijke vijanden van bladluis, gaasvliegen, zweefvliegen, lieveheersbeestjes en sluipwespen, maximaal ondersteunen. Voor een sierteler ligt het accent anders omdat trips en behaarde wants belangrijker zijn. In dat geval kan meer nadruk worden gelegd op planten die Orius en Nabis, de natuurlijke vijanden van deze plagen, ondersteunen. Bij de aanleg zal ook rekening gehouden moeten worden met de grondsoort, bodemstructuur en de vochtigheid van de bodem, wat erg bepalend is voor het aanslaan van planten. De praktijk leert dat lang niet alle soorten die worden ingezaaid aanslaan en dat in de loop van de tijd er veel dynamiek is en bepaalde soorten de overhand gaan nemen. Daarnaast kan vergrassing een probleem zijn, wat deels kan worden opgelost met aangepast maaibeheer en het zaaien van ratelaar, een plant die parasiteert op gras. Tot slot is ook het beheer van de aangelegde vegetatie van groot belang. Uit onderzoek van de vlinderstichting en Floron bleek dat niet zozeer de nectarindex van een berm, maar vooral het beheer in een berm bepaalt hoeveel insecten er zijn aangetroffen (Stip and Dijkhuis 2020). In bermen met een extensief maaibeheer (1x per jaar maaien en afvoeren) werden significant meer bloembezoekende insecten aangetroffen dan in bermen die intensief (2x of meer per jaar) gemaaid of geklepeld worden. Uit deze studie bleek ook dat bermbeheer dat uitsluitend gericht is op het verkrijgen van een soortenrijke flora kan botsen met beheer dat gericht is op het bevorderen van insecten. Een meer intensief maaibeleid bleek namelijk tot meer plantsoorten te leiden, maar juist lagere insectendichtheden te geven dan bij extensief maaibeleid. Meanderend maaibeheer (gefaseerd sinusmaaien) kan hiervoor een tussenoplossing zijn (Stip and Dijkhuis 2020). Kortom, ook bij de aanleg en het beheer van biodiversiteit zijn er diverse factoren die van grote invloed zijn op het resultaat en de potentie om biodiversiteit te benutten voor plaagbeheersing.

7.3 Gebiedsinrichting

Biodiversiteit rondom kassen is niet alleen nuttig voor plaagbestrijding, maar kan ook een ander doel dienen door bij te dragen aan het algemene behoud en herstel van biodiversiteit. Variatie van plantsoorten met verschillende bloeitijden zijn van groot belang voor het behoud van vlinders, bijen en zweefvliegen. Struiken zijn weer belangrijk voor het bieden van voedsel en nestgelegenheden aan vogels. Dood hout en zandige plekken zijn weer belangrijk als nestplaatsen van wilde bijen. Biodiversiteit heeft verder een belangrijke rol bij waterbeheer en recreatie en kan ook bijdragen aan het algemeen draagvlak van de glastuinbouw. Initiatieven voor meer biodiversiteit rondom kassen kunnen dus goed aansluiten bij andere lopende initiatieven op gebiedsniveau, zoals de ecologische verbindingen tussen natuurgebieden (groene dooradering). Dit heeft dan waarschijnlijk ook weer een positieve uitwerking op de diversiteit aan natuurlijke vijanden in de vegetaties direct in de kasomgeving.

7.4 Verder onderzoek

Met deze literatuurstudie ligt een basis waarmee we stappen richting een functioneel biodiverse kasomgeving kunnen zetten. Er zijn echter nog veel leemtes in kennis. Binnen de PPS "Functionele Biodiversiteit in en om de kas" (TKI-LWV 19162) wordt daarom verder onderzoek gedaan aan diverse bouwstenen voor biodiversiteit rondom de kas. Op basis van de hiervoor genoemde criteria worden in twee tuinbouwgebieden vegetaties bij kassen aangelegd en gemonitord. Doel van dit onderzoek is het genereren van meer inzicht in de mogelijkheden om met biodiversiteit rondom kassen bij te dragen aan de bestrijding van plagen en ziekten in de kas en het algemeen behoud en herstel van biodiversiteit.

Literatuur

- Abe, Y., T. Takeuchi, S. Tokumaru, and J. Kamata. 2005.
Comparison of the suitability of three pest leafminers (Diptera : Agromyzidae) as hosts for the parasitoid *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera : Bracnidae). *European Journal of Entomology* 102:805-807.
- Anonymous. 2018.
Deltaplan biodiversiteitsherstel, in actie voor een rijker Nederland. Page 31.
- Araj, S. E., S. Wratten, A. Lister, and H. Buckley. 2009.
Adding floral nectar resources to improve biological control: Potential pitfalls of the fourth trophic level. *Basic and Applied Ecology* 10:554-562.
- Arnó, J., J. Arino, R. Espanol, M. Marti, and O. Alomar. 2000.
Conservation of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het. Miridae) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods. *IOBC/WPRS Bulletin* 23:241-246.
- Atakan, E. 2010.
Influence of weedy field margins on abundance patterns of the predatory bugs *Orius* spp. and their prey, the western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), on faba bean. *Phytoparasitica* 38:313-325.
- Balzan, M. V., G. Bocci, and A. C. Moonen. 2016.
Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 158:304-319.
- Balzan, M. V., and A. C. Moonen. 2014.
Field margin vegetation enhances biological control and crop damage suppression from multiple pests in organic tomato fields. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 150:45-65.
- Barbosa, P. 1998.
Conservation biological control. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Begg, G. S., S. M. Cook, R. Dye, M. Ferrante, P. Franck, C. Lavigne, G. L. Lovei, A. Mansion-Vaquie, J. K. Pell, S. Petit, N. Quesada, B. Ricci, S. D. Wratten, and A. N. E. Birch. 2017.
A functional overview of conservation biological control. *Crop Protection* 97:145-158.
- Bell, J. R., D. A. Bohan, E. M. Shaw, and G. S. Weyman. 2005.
Ballooning dispersal using silk: world fauna, phylogenies, genetics and models. *Bulletin of Entomological Research* 95:69-114.
- 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.
- Bianchi, F., C. J. H. Booij, and T. Tscharntke. 2006.
Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 273:1715-1727.
- 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.
- 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.
- Bresch, C., L. Carlesso, R. Suay, L. Van Oudenhove, S. Touzeau, H. Fatnassi, L. Ottenwaelder, B. Paris, C. Poncet, L. Mailleret, G. J. Messelink, and P. Parolin. 2019.
In search of artificial domatia for predatory mites. *Biocontrol Science and Technology* 29:131-148.
- Castañé, C., O. Alomar, M. Goula, and R. Gabarra. 2004.
Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*. *Biological Control* 30:591-597.
- Clotuche, G., M. Navajas, A. C. Mailleux, and T. Hance. 2013.
Reaching the ball or missing the flight? Collective dispersal in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Plos One* 8:9.
- 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.

- Cotes, B., M. Gonzalez, E. Benitez, E. De Mas, G. Clemente-Orta, M. Campos, and E. Rodriguez. 2018. Spider communities and biological control in native habitats surrounding greenhouses. *Insects* 9:12.
- Dong, Z. K., X. Y. Men, S. Liu, and Z. Y. Zhang. 2019. Food web structure of parasitoids in greenhouses is affected by surrounding landscape at different spatial scales. *Scientific Reports* 9:8.
- EASAC. 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids EASAC policy report 26, EASAC - the European Academies' Science Advisory Council, Halle, Germany.
- Easterbrook, M. A., and J. A. Tooley. 1999. Assessment of trap plants to regulate numbers of the European tarnished plant bug, *Lygus rugulipennis*, on late-season strawberries. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 92:119-125.
- Gabarra, R., O. Alomar, C. Castañé, M. Goula, and R. Albajes. 2004. Movement of greenhouse whitefly and its predators between in- and outside of Mediterranean greenhouses. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102:341-348.
- Gerling, D., O. Alomar, and J. Arno. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection* 20:779-799.
- 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.
- Grosman, A., and C. Bloemhard. 2013. Nieuwe sluipwespen tegen turkse mot, *Chrysodeixis chalcites*, in paprika. GTB-1306, Wageningen University & Research, Bleiswijk, The Netherlands.
- 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.
- Hagler, J. R., D. J. Nieto, S. A. Machtley, D. W. Spurgeon, B. N. Hogg, and S. L. Swezey. 2018. Dynamics of predation on *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) in Alfalfa trap-cropped organic strawberry. *Journal of Insect Science* 18:12.
- Hagler, J. R., D. J. Nieto, S. A. Machtley, and S. L. Swezey. 2020. Predator demographics and dispersal in alfalfa trap-cropped strawberry. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 168:53-58.
- Hallmann, C. A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörrén, D. Goulson, and H. de Kroon. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos One* 12:e0185809.
- Hatt, S., R. Uyttenbroeck, T. Lopes, P. Mouchon, N. Osawa, J. Piqueray, A. Monty, and F. Francis. 2019. Identification of flower functional traits affecting abundance of generalist predators in perennial multiple species wildflower strips. *Arthropod-Plant Interactions* 13:127-137.
- Hatt, S., R. Uyttenbroeck, T. Lopes, P. Mouchon, J. L. Chen, J. Piqueray, A. Monty, and F. Francis. 2017. Do flower mixtures with high functional diversity enhance aphid predators in wildflower strips? *European Journal of Entomology* 114:66-76.
- Helsen, H. 2019. Kruidachtige waardplanten van de groene appelwants. WPR-OT-2019-02., Wageningen University & Research.
- 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.
- Huang, N. X., A. Enkegaard, L. S. Osborne, P. M. J. Ramakers, G. J. Messelink, J. Pijnakker, and G. Murphy. 2011. The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30:259-278.
- Ingegno, B. L., M. G. Pansa, and L. Tavella. 2009. Tomato colonization by predatory bugs (Heteroptera: Miridae) in agroecosystems of NW Italy. *IOBC-WPRS Bulletin* 49:287-291.

- Jakobsen, L., M. Brogaard, A. Enkegaard, and H. F. Brodsgaard. 2006.
Dynamic and traditional greenhouse climate regimes: Influx of thrips (Thysanoptera). *HortScience* 41:389-393.
- Jenser, G. 1973.
Observations on the autumn mass flight of *Frankliniella intonsa* Trybom (Thysanoptera, Thripidae). *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 8:227-230.
- Johnson, C. G. 1969.
Migration and dispersal of insects by flight. Methuen & Co., London.
- Jonsson, M., S. D. Wratten, D. A. Landis, and G. M. Gurr. 2008.
Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* 45:172-175.
- Kakimoto, K., H. Inoue, T. Yamaguchi, S. Fukamachi, K. Shima, Y. Taguchi, Y. Saiki, and K. Ohno. 2007.
Simultaneous release of *Orius strigicollis* (Poppius) eggs and adults to improve its establishment in greenhouses. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 51:29-37.
- Kim, J., and M. Kwon. 2019.
Population dynamics of aphid species in Korean seed potato cultivation area over four decades. *Entomological Research* 49:179-184.
- Kirk, W. D. J. 1985.
Pollen-feeding and the host specificity and fecundity of flower thrips (Thysanoptera). *Ecological Entomology* 10:281-289.
- Lambion, J. 2011.
Functional biodiversity in southern France: a method to enhance predatory mirid bug populations. *Acta Horticulturae* 915:165-170.
- Letourneau, D. K., and M. A. Altieri. 1983.
Abundance patterns of a predator, *Orius tristicolor* (Hemiptera, Anthocoridae), and its prey, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae) - habitat attraction in polycultures versus monocultures. *Environmental Entomology* 12:1464-1469.
- Lewis, T. 1964.
The weather and mass flights of Thysanoptera. *Annals of Applied Biology* 53:165-170.
- 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.
- Loughner, R., J. Nyrop, K. Wentworth, and J. Sanderson. 2011.
Effects of supplemental pollen and fibers on canopy abundance of *Amblyseius swirskii*. *IOBC-WPRS Bulletin* 68:105-109.
- Makra, L., K. Bodnar, A. Fulop, S. Orosz, A. Szenasi, Z. Csepe, G. Jenser, G. Tusnady, and D. Magyar. 2018.
The first record of subtropical insects (Thysanoptera) in central Europe: long-distance transport of airborne thrips, applying three-dimensional backward trajectories. *Agricultural and Forest Entomology* 20:301-326.
- Manandhar, R., K. H. Wang, C. R. R. Hooks, and M. G. Wright. 2017.
Effects of strip-tilled cover cropping on the population density of thrips and predatory insects in a cucurbit agroecosystem. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 20:1254-1259.
- Manandhar, R., and M. G. Wright. 2016.
Effects of interplanting flowering plants on the biological control of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae) in sweet corn. *Journal of Economic Entomology* 109:113-119.
- Martin, E. A., M. Dainese, Y. Clough, A. Baldi, R. Bommarco, V. Gagic, M. P. D. Garratt, A. Holzschuh, D. Kleijn, A. Kovacs-Hostyanszki, L. Marini, S. G. Potts, H. G. Smith, D. Al Hassan, M. Albrecht, G. K. S. Andersson, J. D. Asis, S. Aviron, M. V. Balzan, L. Banos-Picon, I. Bartomeus, P. Batary, F. Bure, B. Caballero-Lopez, E. D. Concepcion, V. Coudrain, J. Danhardt, M. Diaz, T. Diekotter, C. F. Dormann, R. Duflot, M. H. Entling, N. Farwig, C. Fischer, T. Frank, L. A. Garibaldi, J. Hermann, F. Herzog, D. Inclan, K. Jacot, F. Jauker, P. Jeanneret, M. Kaiser, J. Krauss, V. Le Feon, J. Marshal, A. C. Moonen, G. Moreno, V. Riedinger, M. Rundlof, A. Rusch, J. Scheper, G. Schneider, C. Schuepp, S. Stutz, L. Sutter, G. Tamburini, C. Thies, J. Tormos, T. Tsharntke, M. Tschumi, D. Uzman, C. Wagner, M. Zubair-Anjum, and I. Steffan-Dewenter. 2019.
The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters* 22:1083-1094.

- McCabe, E., G. Loeb, and H. Grab. 2017.
Responses of crop pests and natural enemies to wildflower borders depends on functional group. *Insects* 8:8.
- Messelink, G. J. 2014.
Persistent and emerging pests in greenhouse crops: Is there a need for new natural enemies? *IOBC/WPRS Bulletin* 102:143-150.
- Messelink, G. J., J. Bennison, O. Alomar, B. L. Ingegno, L. Tavella, L. Shipp, E. Palevsky, and F. L. Wäckers. 2014.
Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *BioControl* 59:377-393.
- 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.
- Müller, C. B., I. S. Williams, and J. Hardie. 2001.
The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology* 26:330-340.
- Naselli, M., A. Biondi, G. T. Garzia, N. Desneux, A. Russo, G. Siscaro, and L. Zappala. 2017.
Insights into food webs associated with the South American tomato pinworm. *Pest Management Science* 73:1352-1357.
- Ondiaka, S., L. Migiro, M. Rur, G. Birgersson, M. Porcel, B. Ramert, and M. Tasin. 2016.
Sunflower as a trap crop for the European tarnished plant bug (*Lygus rugulipennis*). *Journal of Applied Entomology* 140:453-461.
- Parolin, P., C. Bresch, G. Ruiz, N. Desneux, and C. Poncet. 2013.
Testing banker plants for biological control of mites on roses. *Phytoparasitica* 41:249-262.
- Parrella, G., P. Gognalons, K. Gebre-Selassie, C. Vovlas, and G. Marchoux. 2003.
An update of the host range of tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology* 85:227-264.
- Perdikis, D., A. Fantinou, and D. Lykouressis. 2011.
Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. *Biological Control* 59:13-21.
- Pijnakker, J., D. Vangansbeke, M. Duarte, R. Moerkens, and F. L. Wäckers. 2020.
Predators and parasitoids-in-first: from inundative releases to preventative biological control in greenhouse crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4:38.
- 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.
- 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.
- Rodriguez, E., M. Gonzalez, D. Paredes, M. Campos, and E. Benitez. 2018.
Selecting native perennial plants for ecological intensification in Mediterranean greenhouse horticulture. *Bulletin of Entomological Research* 108:694-704.
- Rotenberg, D., A. L. Jacobson, D. J. Schneweis, and A. E. Whiffeld. 2015.
Thrips transmission of tospoviruses. *Current Opinion in Virology* 15:80-89.
- Sampson, C., J. Bennison, and W. D. J. Kirk. 2019.
Overwintering of the western flower thrips in outdoor strawberry crops. *Journal of Pest Science*:10.
- Simpson, M., G. M. Gurr, A. T. Simmons, S. D. Wratten, D. G. James, G. Leeson, H. I. Nicol, and G. U. S. Orre-Gordon. 2011.
Attract and reward: combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *Journal of Applied Ecology* 48:580-590.
- Stip, A., and J. E. Dijkhuis. 2020.
Nectarindex en insecten. Onderzoek naar de betekenis van bermen voor bloembezoekende insecten. Rapport VS2020.005, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Stobbs, L. W., A. B. Broadbent, W. R. Allen, and A. L. Stirling. 1992.
Transmission of Tomato Spotted Wilt Virus by the western flower thrips to weeds and native plants found in southern Ontario. *Plant Disease* 76:23-29.
- Sullivan, D. J., and W. Völkl. 1999.
Hyperparasitism: Multitrophic ecology and behavior. *Annual Review of Entomology* 44:291-315.

- Swezey, S. L., D. J. Nieto, J. R. Hagler, C. H. Pickett, J. A. Bryer, and S. A. Machtley. 2013.
Dispersion, distribution, and movement of *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) in trap-cropped organic strawberries. *Environmental Entomology* 42:770-778.
- 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 Steenpaal, S. E. F., M. A. van Slooten, and G. J. Messelink. 2006.
Signalering en geïntegreerde bestrijding van schadelijke wantsen in de glastuinbouw rapport
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Glastuinbouw.
- Velasco, L., B. Simon, D. Janssen, and J. L. Cenis. 2008.
Incidences and progression of tomato chlorosis virus disease and tomato yellow leaf curl virus disease in tomato under different greenhouse covers in southeast Spain. *Annals of Applied Biology* 153:335-344.
- Vierbergen, G. 2002.
Occurrence of glasshouse Thysanoptera in the open in the Netherlands. Pages 359-362 in R. Marullo and L. Mound, editors. *The 7th International Symposium on Thysanoptera*, Calabria, Italy.
- 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.
- Winkler, K., F. Wäckers, G. Bukovinskine-Kiss, and J. van Lenteren. 2006.
Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic and Applied Ecology* 7:133-140.
- Winkler, K., F. L. Wäckers, A. J. Termorshuizen, and J. C. van Lenteren. 2010.
Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. *BioControl* 55:719-727.
- Woets, J., and A. v. d. Linden. 1982.
On the occurrence of *Opius pallipes* Wesmael and *Dacnusa sibirica* Telenga (Braconidae) in cases of natural control of the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. (Agromyzidae) in some large greenhouses in the Netherlands. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 47:533-540.
- Xu, Q. C., S. Fujiyama, and H. L. Xu. 2012.
Pest control by enriching natural enemies under artificial habitat management along sidewalls of greenhouse in organic farming systems. *Journal of Food Agriculture & Environment* 10:449-458.
- Yu, H. L., Y. J. Zhang, K. M. Wu, K. A. G. Wyckhuys, and Y. Y. Guo. 2009.
Flight potential of *Microplitis mediator*, a parasitoid of various lepidopteran pests. *BioControl* 54:183-193.
- 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-1075

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.