



Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen

Voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden

Allema, B., van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., van Tol, R.



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen

Voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden

Allema, B., van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., van Tol, R.

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het ministerie van LNV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten en Biointeracties en Plantgezondheid

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, oktober 2020

Allema, B., van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., van Tol, R. 2020. Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen.

Wageningen Research, Rapport WPR-851

Dit rapport is gratis te downloaden op DOI: <https://doi.org/10.18174/534151>

BO-43-111.01-025

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 291 111; www.wur.nl/open-teelten

KvK: 09098104 te Arnhem

VAT NL no. 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Aanleiding en doel van de studie	7
	1.2 Bladluizen als landbouwplaag	8
2	Voorkómen van hoge populatiedichtheden bladluizen	11
	2.1 Akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt	11
	2.1.1 Perceelskeuze	13
	2.1.2 Perceelsafstand	14
	2.1.3 Genetische resistentie	14
	2.1.4 Teeltsysteem	15
	2.1.5 Teeltmaatregelen	16
	2.1.6 Habitatmanagement	19
	2.1.7 Vegetatiemanagement	19
	2.1.8 Vanggewassen	21
	2.2 Fruitteelt	22
	2.2.1 Genetische resistentie	25
	2.2.2 Teeltsysteem	25
	2.2.3 Teeltmaatregelen	25
	2.2.4 Habitatmanagement	26
	2.3 Conclusie preventieve beheersing bladluizen	27
3	Curatief bestrijden van bladluizen	29
	3.1 Akkerbouw, vollegrondsgroente-, bloembollen- en fruitteelt	30
	3.1.1 Synthetische middelen	31
	3.1.2 Plantextracten	31
	3.1.3 Biologische bestrijding	33
	3.1.4 Signaalstoffen	34
	3.1.5 Niet-chemische middelen en technieken	36
	3.2 Conclusie curatieve bestrijding bladluizen	37
	Bijlage 1	39
	Literatuur	41

Samenvatting

De toenemende zorgen om neveneffecten van gewasbeschermingsmiddelen op gezondheid van mens, dier en milieu vraagt om een nieuwe kijk op gewasbescherming. Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft als inzet om over te stappen naar kringlooplandbouw. Voor de plantaardige teelten betekent kringlooplandbouw, naast het sluiten van kringlopen, dat steeds nauwkeuriger geteeld wordt naar draagkracht van de bodem en met uitgekiende bouwplannen, bemesting op maat en preventie van ziekten, plagen en onkruiden. In de Toekomstvisie en Uitvoeringsprogramma gewasbescherming 2030 zet het ministerie zich verder als doel dat: "Daar waar gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, is dit conform de principes van geïntegreerde gewasbescherming, nagenoeg zonder emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen." In deze notitie verkennen we maatregelen om bladluizen in de open teelten preventief te beheersen en daar waar nodig op natuurvriendelijke wijze te bestrijden. Onder natuurvriendelijk verstaan we middelen en maatregelen met een minimale invloed op het milieu en die geen tot minimaal neveneffecten hebben op bestuivende insecten en natuurlijke vijanden.

Praktijkrijpe en direct beschikbare mogelijkheden om bladluizen preventief te beheersen omvatten:

- Voorkom (te) hoge stikstofgift in gewassen
- Voorkom kaliumgebrek
- Toevoegen silicium
- Minimale grondbewerking in graan, mits geen ziekteproblemen
- Laat zaaien wintergraan
- Functionele bloemenranden bij graan en consumptieaardappel
- Vermijden van insecticiden met nevenwerking op natuurlijke vijanden
- Bevorderen van goede habitat voor oorwormen in appel- en peerteelt
- Gebruiken van bestuivercultivars in appel die weinig gevoelig zijn voor appelbloedluis
- Aanplanten van hagen met functie voor stimuleren natuurlijke vijanden in fruitteelt
- Bij nieuwe appelcultivars: voor introductie selecteren op minder gevoelige cultivars tegen appelbloedluis

Maatregelen die kansrijk zijn voor toepassing in de praktijk maar nog ontwikkeltijd nodig hebben zijn onder andere het gebruiken van bodembedekking of ondergroei, vanggewassen, bankierplanten, mixen van minder of meer gevoelige rassen, strokenteelt, vroeg poten of planten, stimuleren van functionele biodiversiteit, organische bemesting, biostimulanten, induceren van afweer van planten, ontwikkelen van selectieve gewasbeschermingsmiddelen, mengen van fruitteelten, resistentie ontwikkeling of gebruik van resistente onderstammen en het afschermen van de boomgaard om in het najaar invliegende bladluizen buiten te houden.

Voor het curatief bestrijden van bladluizen zijn op dit moment producten op basis van azadirachtin (NeemAzal-T/S), flonicamid (Hinode, Teppeki), vetzuren, kaliumzouten (Flipper) en brandnetelextract (*Urtica spp.*) het minst belastend voor het milieu en niet-doelwitorganismen. Brandnetelextract is niet in grootverpakking beschikbaar en de effectiviteit voor bladluisbestrijding is discutabel.

Kieselgoer, sinaasappel-, uien-, munt en lavendelolie staan op de Europese lijst van toegelaten stoffen voor gewasbescherming en zijn werkzaam tegen bladluizen, maar hebben geen toelating voor bladluisbestrijding in de open teelten. Sinaasappelolie is in aanvraag voor een uitbreiding van de toelating in andere gewassen.

Met het uitzetten van biologische bestrijders voor bladluisbestrijding in de open teelten is alleen ervaring in de (intensieve) zachtfruitteelt, maar er lijken ook kansen te liggen voor andere teelten. Er zijn soorten beschikbaar die zich in het Nederlandse klimaat goed in het veld kunnen handhaven.

Gezien de ervaringen in de bedekte teelten zijn hier op relatief korte termijn resultaten van te verwachten.

Toepassing van seksferomonen lijkt in eerste instantie kansrijk voor signalering van bladluizen in de herfst, maar het gebruik als bestrijdingstechniek is ver weg. Toepassing van alarmferomonen is kansrijker en heeft in het verleden al een toepassing gehad. Het exploiteren van plantengeurstoffen die natuurlijke vijanden aantrekken zit in veel gevallen nog op het niveau van fundamenteel onderzoek. Hetzelfde geldt voor het toepassen van bestrijdingsmiddelen op basis van RNAi.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van de studie

De toenemende zorgen om neveneffecten van gewasbeschermingsmiddelen op gezondheid van mens, dier en milieu vraagt om een nieuwe kijk op gewasbescherming. Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft als inzet om over te stappen naar kringlooplandbouw. Voor de plantaardige teelten betekent kringlooplandbouw, naast het sluiten van kringlopen, dat steeds nauwkeuriger geteeld wordt naar draagkracht van de bodem en met uitgekiende bouwplannen, bemesting op maat en preventie van ziekten, plagen en onkruiden (Ministerie LNV, 2018). In de Toekomstvisie en Uitvoeringsprogramma gewasbescherming 2030 (Ministerie LNV, 2020; 2019) zet het ministerie zich verder als doel dat: "Daar waar gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, is dit conform de principes van geïntegreerde gewasbescherming, nagenoeg zonder emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen." In deze notitie verkennen we maatregelen om bladluizen in de open teelten preventief te beheersen en daar waar nodig op natuurvriendelijke wijze te bestrijden.

Bladluizen zijn plaaginsecten die in veel gewassen voor opbrengstderving kunnen zorgen als ze niet voldoende worden beheerst. Problemen die door bladluizen kunnen ontstaan zijn zuigschade en daardoor groeiachterstand of misvorming, virusoverdracht, en kwaliteitsschade door aanwezigheid van bladluizen in het eindproduct of door schimmelvorming op door bladluizen uitgescheiden honingdauw. We richten ons deze notitie tot het beheersen van bladluizen in de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, fruitteelt en de vollegrond sierteelt. De glastuinbouw heeft meerdere decennia ervaring met het beheersen van plagen door middel van uitzetten van natuurlijke vijanden en worden derhalve niet in deze studie meegenomen. In de fruitteelt beperken we ons in dit deel tot appel en peer en in de sierteelt tot de vermeerdering van tulp en lelie. Appel en peer zijn de grootste fruitgewassen in Nederland en er is derhalve het meeste onderzoek gedaan in deze teelten om bladluizen preventief te beheersen. In de vollegrond sierteelt speelt hetzelfde dat de vermeerdering van lelie en tulp de grootste teelten zijn en de meeste aandacht hebben gekregen in onderzoek. In de bometeelt spelen bladluizen wel een rol, maar aangezien het in verhouding om een klein areaal gaat beperken we ons tot de hiervoor genoemde categorieën. In Tabel 1 staat een overzicht van de teelten in Nederland waarin bladluizen een probleem kunnen vormen en waar ingrijpen noodzakelijk is om opbrengstverlies te voorkomen. Een overzicht van individuele bladluissoorten die problemen veroorzaken is opgenomen in Tabel B1 in de bijlage.

Deze studie bestaat uit twee delen. Hoofdstuk 2 richt zich op het voorkómen van hoge populatiedichtheden van bladluizen door preventieve maatregelen. Hoofdstuk 3 richt zich op het curatief bestrijden van bladluizen met zo min mogelijk neveneffecten op het milieu. Per teeltsysteem wordt een inventarisatie gemaakt van maatregelen en wordt nagegaan hoe kansrijk deze maatregelen zijn voor de Nederlandse land- en tuinbouw.

In teelten waar bladluizen een probleem vormen door virusoverdracht kan het werken met schoon uitgangsmateriaal of zorgen voor een virusvrije omgeving (bijvoorbeeld door het verwijderen van onkruiden en opslag) al een deel van het probleem wegnemen. Dit is een onderwerp van studie in de PPS Virus en Vector en we gaan in deze notitie niet verder op deze maatregelen in.

Tabel 1 *Teelten in Nederland waarin bladluizen een probleem kunnen vormen. De cijfers achter de gewassen geven aan wat de grootste problemen zijn die bladluizen in die betreffende teelt (momenteel) veroorzaken.*

Akkerbouw	Groenteteelt	Fruitteelt	Bloembollenteelt
Aardappel (consumptie en zetmeel) (1)	Kolen (3, 4)	Appel (1, 3, 4)	Tulpen (2)
Aardappel (pootgoed) (2)	Wortelen (2)	Peer (1, 4)	Lelie (2)
Suikerbiet (1, 2)	Bladgewassen (3, 4)		
Granen (1, 2)	Rode biet (2)		
	Spinazie (3,4)		
	Sperziebonen (3,4)		
	(Dop-)erwten (1, 2)		
	Tuin-/veldbonen (1, 2)		

Problemen die door bladluizen kunnen ontstaan zijn: (1) zuigschade en daardoor groeiachterstand of misvorming; (2) virusoverdracht; (3) kwaliteitsschade door aanwezigheid van bladluizen in het eindproduct; (4) schimmelvorming op uitgescheiden honingdauw.

1.2 Bladluizen als landbouwplaag

Om te begrijpen hoe bladluizen een plaag kunnen worden en hoe dit voorkomen kan worden of op natuurlijke wijze bestreden, is het nodig iets te begrijpen van de levenscyclus en biologie van bladluizen. De levenscyclus kan per soort verschillen, maar bestaat in alle gevallen uit verschillende stadia die gekarakteriseerd worden door een of meer fenotypes. Een typische levenscyclus bestaat uit fenotypen die zich geslachtelijk of ongeslachtelijk voortplanten. Verder zijn er fenotypen met vleugels en fenotypen zonder vleugels. Sommige soorten hebben een wisseling van waardplant gedurende het jaar; in de wintermaanden verblijven de luizen (of eitjes) op een andere plantensoort (de winterwaard), vaak een houtachtige struik, dan in de zomermaanden. Andere soorten verblijven het hele jaar rond op dezelfde, of verwante, plantensoort. Door warmere winters kunnen bladluizen overleven zonder de cyclus op de vaak specifieke winterwaard en zich ongeslachtelijk blijven vermeerderen op kruidachtige planten en wintergewassen. Sommige soorten zijn polyfaag en kunnen zich met sappen van veel plantensoorten voeden, andere soorten zijn oligofaag (enkele planten) of monofaag en voeden maar op één plantensoort.

Geslachtelijke voortplanting vindt in het najaar plaats waarna een of enkele eitjes op planten of in schors worden afgezet om de winter te overbruggen. Eitjes zijn aanzienlijk toleranter tegen lage temperaturen dan de bladluizen zelf. Uit het eitje komt in het voorjaar een stammoeder die de, zogenaamde, fundatrigenia generatie voortbrengt door ongeslachtelijke voortplanting. De fundatrigenia produceren grote aantallen (gevleugelde) migranten die zich naar de zomerwaard verplaatsen. Van deze voorjaarsmigrant wordt geschat dat 0,2 tot 1% erin slaagt een waardplant te vinden (Taylor, 1977; Ward et al., 1998). Eenmaal op de zomerwaardplant produceren de bladluizen verschillende generaties door ongeslachtelijke voortplanting en het is in deze fase van de levenscyclus dat meestal de meeste schade aan het gewas wordt aangericht. Bij ongeslachtelijke voortplanting 'baart' een vrouwtje dochter-nimfen. Eén volwassen bladluis kan onder gunstige omstandigheden 2 tot 4 nimfen per dag baren en het duurt gemiddeld 10 dagen voordat deze dochters zich ook weer kunnen vermenigvuldigen. Het is dus niet verwonderlijk dat bij, voor bladluizen, gunstige omstandigheden (hoge relatieve luchtvochtigheid en temperatuur van rond de 25°C overdag en geen regen), de populatie explosief kan toenemen. Voor een uitgebreide beschrijving van de levenscyclus van bladluizen zie Loxdale et al. (2017).

De meeste bladluizen die een plaag vormen voor landbouwgewassen hebben een wisselende waardplant gedurende het jaar. Uitzonderingen zijn bijvoorbeeld de erwtenbladluis (*Acyrtosiphon pisum*) en de grote graanluis (*Sitobion avenae*) die het hele jaar rond op dezelfde waardplant

verblijven. Onder bepaalde omstandigheden kunnen ook andere soorten bladluizen de seksuele stadia overslaan en zijn ze het hele jaar rond aanwezig in de vorm die zich ongeslachtelijk kan voortplanten. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de vogelkersluis (*Rhopalosiphum padi*) en groene perzikbladluis (*Myzus persicae*). De primaire waardplant van de groene perzikbladluis is de perzik (*Prunus persica*), maar bij afwezigheid van deze waardplant plant de groene perzikluis zich het hele jaar ongeslachtelijk voort op tal van secundaire waardplanten waaronder landbouwgewassen. Milde winters maken het voor deze bladluisoorten makkelijker om te overwinteren op de niet specifieke winterwaardplanten.

In het najaar worden gevleugelde exemplaren gevormd die zich geslachtelijk kunnen voortplanten. Verslechterende voedingstoestand van de gastplant of een hoge dichtheid aan bladluizen zijn ook stimuli voor de bladluizen om gevleugelde exemplaren voort te brengen die de ongunstige omstandigheden kunnen ontvluchten. Er zijn ook aanwijzingen dat sommige soorten bladluizen meer gevleugelde exemplaren produceren als ze worden aangevallen door predatoren (Hardie, 2017). Parasitoïden stimuleren voor zover bekend niet de productie van gevleugelde bladluizen, maar kunnen de bladluizen wel verstoren, waardoor ze de plant verlaten en zodoende virusverspreiding naar naburige planten bevorderen (Hardie, 2017). Sommige virussen beïnvloeden de plant dusdanig dat bladluizen die zich voeden op virus-geïnfesteerde planten meer gevleugelde exemplaren produceren. Dit is onder meer waargenomen bij *M. persicae*, *S. avenae*, *R. padi* en *Aphis gossypii*. Bij *M. persicae*, wereldwijd één van de meest schadelijke bladluizen en voor zover de kennis nu rijkt de meest efficiënte aardappelvirus Y (PVY) overdrager, is vastgesteld dat na een snelle PVY-opname uit zieke aardappelplanten deze bladluis weer sneller vertrekt naar een andere (aardappel) plant, wat kan leiden tot een snellere verspreiding van dit virus (Lacomme et al, 2017). Mieren verminderen over het algemeen de productie van gevleugelde exemplaren doordat ze de gezondheid van de bladluizen bevorderen door o.a. honingdauw weg te nemen waar anders schimmel op kan groeien.

Bladluizen kunnen een vector zijn van vele plantenvirussen. Virusopname door bladluizen vindt altijd plaats vanuit een viruszieke plant. De nymfen zowel uit ei als uit levendbarende bladluizen zijn vrij van plantenvirussen. Overdracht van plantenvirussen door bladluizen is gebaseerd op specifieke interacties, vandaar dat niet elke bladluissoort dezelfde virussen kan overdragen. Er zijn drie mechanismen van overdracht; persistent, semi-persistent en non-persistent. Persistent overgedragen virussen worden door de bladluis opgenomen en moeten eerst goed door het lichaam circuleren alvorens de virusdeeltjes weer via het speeksel aan een plant kunnen worden afgegeven. Dit duurt vaak 12-24 uur of meer (latente periode) en vanaf dan blijft de bladluis infectieus. Elke keer als de bladluis een plant aanprijkt wordt de plant met het virus geïnfecteerd. Bij non-persistent overgedragen virussen worden virusdeeltjes al opgenomen bij proefboringen die de bladluis uitvoert om te kijken of zij op een geschikte waardplant is geland. De virusdeeltjes blijven dan in de punt van de stylet en hoeven dus niet door het bladluislichaam te circuleren. Het virus kan na opname direct worden afgegeven, na één tot enkele keren aanprikken van enkele planten is de bladluis weer virusvrij. Semi-persistent overgedragen virussen zitten qua overdracht hier tussenin. Een belangrijk gevolg is dat toepassing van bladluis-dodende insecticiden niet tot nauwelijks effectief is in het voorkomen van non-persistente overdracht door bladluizen, omdat een op de plant aangekomen virus-dragende bladluis (een deel van het virus) bij de eerste proefboring gelijk kan afgeven. In eerste instantie werd gedacht dat het vooral de gevleugelde exemplaren zijn die virus verspreiden binnen een gewas, maar nader onderzoek liet zien dat, afhankelijk van het soort virus, ook ongeveugelde luizen een grote bijdrage kunnen hebben in virusverspreiding binnen het gewas als ze van plant naar plant lopen, wat gebeurt bij de persistent overgedragen bietenvergelingsvirussen. Initiële virusinfecties in een gewas komen bij uit zaad geteelde gewassen meestal door invliegende bladluizen (bijv. vergelingsziekte in suikerbiet), maar bij vegetatief vermeerderde gewassen (pootaardappelen, lelie, tulp) zijn vaak al bronnen in het gewas aanwezig. Dit komt dan doordat virus-geïnfesteerde knollen en bollen worden geplant van waaruit geïnfesteerde planten groeien (secundaire infectie). Primaire infecties van gezonde planten in het gewas ontstaan na verspreiding door bladluizen vanuit secundair geïnfesteerde planten binnen het gewas of vanuit zieke planten uit andere percelen of mogelijke andere wilde waardplanten. Zieke planten in het perceel zo snel mogelijk uitselecteren is het meest belangrijk.

2 Voorkómen van hoge populatiedichtheden bladluizen

In dit hoofdstuk onderzoeken we mogelijkheden om hoge bladluispopulatiedichtheden te voorkómen in de teelten waarin bladluizen een probleem kunnen vormen (Tabel 1). De meeste voorbeelden van maatregelen om bladluizen preventief te beheersen komen uit de akkerbouw omdat hier relatief veel onderzoek naar is gedaan, maar dit wil niet zeggen dat deze maatregelen niet effectief zijn in andere open teelten. Het aantrekken van natuurlijke vijanden van bladluizen met bloemenstroken is een voorbeeld van een maatregelen die goed is onderzocht in aardappel en graan (van Alebeek et al., 2011) en met relatief weinig onderzoek ook in vollegrondsgroente- en bloembollenteelt toegepast zou kunnen worden. Omdat de meeste maatregelen uitwisselbaar zijn tussen de teelten worden ze gezamenlijk besproken voor de akkerbouw, groente- en bollenteelt in paragraaf 2.1. Voor de fruitteelt is dit anders, appel en peer zijn een winterwaard van bladluizen waardoor het een andere scala aan maatregelen betreft. De preventieve maatregelen voor fruitteelt worden apart besproken in paragraaf 2.2. Tabel 2 geeft een samenvatting van de preventieve maatregelen in de akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt welke in de vervolg tekst verder worden toegelicht.

2.1 Akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt

Tabel 2 Overzicht van maatregelen om populatiedruk van bladluizen in akkerbouwgewassen preventief te beheersen of virusverspreiding te beteugelen. Kleurcode status maatregel: geel = maatregel in ontwikkeling, blauw = maatregel technisch effectief, maar vragen over inpasbaarheid; groen = maatregel wordt (deels) toegepast.

Maatregel	Gewas of problematiek	Beschrijving maatregel	Status maatregel	
Perceelskeuze				
Telen in gebied met lage bladluizendruk	Suikerbieten	Lagere bladluizendruk in noordelijke zand- en dalgronden	Op bedrijfsniveau niet stuurbaar	
Perceelsafstand				
Perceelsafstand	Poot aardappel Suikerbiet Zomergranen	Grotere afstand tussen percelen met gewassen met dezelfde waardsoort	Op bedrijfsniveau niet stuurbaar en vraagt bovendien aanpassing van bouwplan wat stuit op praktische bezwaren	
Genetische resistentie				
Resistenties	Sla	Inkruisen resistentiegenen	Resistente en tolerante rassen beschikbaar tegen één van de twee biotypen bladluis; nieuwe resistente rassen in ontwikkeling in de VS	
	Poot aardappel	Inkruisen/selecteren resistentiegenen	Potentie voor tolerante rassen tegen virus, maar gehele resistentie is gewenst; onvoldoende drive om resistente knol te ontwikkelen	
	Suikerbiet	Inkruisen/selecteren resistentiegenen	Potentie voor tolerante/resistente rassen voor deel van virussen, maar resistentie voor alle 3 de vergelingsvirussen is gewenst	
Teeltsysteem				

Mengteelt met rassen	Granen	Mixen van graanrassen met verschillende gevoeligheid voor bladluis	Resultaat hangt af van gebruikte rassen, hier is nog onduidelijkheid over	●
Mengteelt met gewassen	Graan	Mengteelt van graan-vlinderbloemigen	Afzet nodig voor gemengd product of oogst scheiden, maar dan hogere kosten; telen in stroken kan deze bezwaren wegnemen	●
	Pootaardappel	Mengteelt van aardappel-gerst/wikke: (minder virusoverdracht)	Meer onderzoek zal moeten uitwijzen of deze maatregel effectief is en hoe deze inpasbaar is	●
Strokenteelt	Spruitkool	Minder bladluizen in spruitkool in strokenteelt met stroken van 8 m	Meer onderzoek zal moeten uitwijzen of strokenteelt kan bijdragen aan bladluis beheersing; inpassen maatregel vraagt beperkt aanpassen mechanisatie	●
	Suikerbiet	Stroken van 9 meter afgewisseld met graan		●
	Soja	Minder bladluis in strokenteelt met stroken van 18 of 36 m		
Teeltmaatregelen				
Bodembedekking	Pootaardappel	Stro als bodembedekking geeft grote reflectie en minder bladluizen en virus	Perspectiefvol, maar implementatieonderzoek is nodig	●
	Kool	Ondergroei met klaver	Nadere verkenning nodig, inpasbaarheidsvragen	●
	Spruitjes	Ondergroei met Engels raaigras	Nadere verkenning nodig, inpasbaarheidsvragen	●
Rijbedekking	Sla, kool, pootaardappel	Afdekken voor minder invliegende bladluizen	Maatregel bekend, toepassing gehinderd door praktische bezwaren (veranderend microklimaat en kosten-baten afweging)	●
Kaolien	Alle gewassen	Weren van bladluizen door reflecterende werking	Korte werking en verlies van fotosynthese capaciteit maakt het beperkt bruikbaar	●
Minimale grondbewerking	Graan	Gewasresten bovenin bodem houden en bodem minimaal verstoren	Wordt steeds meer toegepast	●
Later zaaien	Wintergraan	Later zaaien vermindert virusinfectie	Maatregel is bekend	●
Vroeg poten of vóórkiemen	Pootaardappel	Vroeg poten of vóórkiemen voor ouderdomsresistentie tegen bladluizen en PVY	Maatregel is bekend, maar effectiviteit onduidelijk onder huidige klimaat	●
Bemesting	Alle gewassen	Voorkomen van hoge stikstofgift	Maatregel is bekend en wordt (deels) toegepast	●
	Kool	Organische bemesting heeft op deel van bladluizen negatieve invloed	Nadere verkenning nodig, effectiviteit- en inpasbaarheidsvragen	●
	Alle gewassen	Zorgen voor voldoende kalium	Maatregel is bekend	●
	Alle gewassen	Silicium bevordert afweer van de plant	Maatregel is deels bekend	●
Selectief spuitschema	Alle gewassen	Sparen van natuurlijke vijanden	Maatregel is bekend	●
Biostimulanten		Rhizobium bacterien, humuszuren en endofyten stimuleren weerbaarheid tegen bladluizen	Onderzoek in vroeg stadium; verwacht geen problemen met inpasbaarheid	●
Priming		Jasmonzuur, β -aminoboterzuur induceren verhoogde weerstand tegen bladluizen	Onderzoek in vroeg stadium; verwacht geen problemen met inpasbaarheid	●

Habitat-management				
	Alle gewassen	Verhogen van algehele biodiversiteit (e.g. houtwallen, slootkant- wegbermbeheer, overhoeken)	Effect onzeker en niet stuurbaar op bedrijfsniveau	
	Virusoverdracht	Voorkomen overdracht van virus vanuit naburige (on)kruiden	Onderzoek in vroeg stadium; vragen over inpasbaarheid	
Vegetatie-management				
FAB-randen	Graan	Bloemenmengels voor stimuleren natuurlijke vijanden	Bloemenranden worden aangelegd voornamelijk voor andere doeleinden	
	Consumptie-, Zetmeel-aardappel			
	Pootaardappel Suikerbiet Tuin-/veldboon Lelie	Bloemenmengels voor stimuleren natuurlijke vijanden	Perspectiefvol, maar implementatieonderzoek is nodig	
	Sla	Luzerneranden voor stimuleren natuurlijke vijanden	Perspectiefvol, maar meer onderzoek nodig naar effectiviteit	
Bankierplanten	Pootaardappel Suikerbiet	Artemisia voor (vroeg) luizen-bestrijding	Nadere verkenning nodig, effectiviteits- en inpasbaarheidsvragen	
	Pootaardappel	Graan voor luizen-bestrijding	Nadere verkenning nodig, effectiviteits- en inpasbaarheidsvragen	
	Lelie, tulp	Artemisia voor (vroeg) luizen-bestrijding	Nadere verkenning nodig, effectiviteits- en inpasbaarheidsvragen	
Vanggewassen	Pootaardappel	Lagere virusinfectie in velden omgeven door sorghum, tarwe, soja of grasstrook	Onderzoek in vroeg stadium; implementatie betekent opofferen van productiegrond	
	Sperziebonen	Lagere virusinfectie in veld omgeven door mais of sorghum	Onderzoek in vroeg stadium; implementatie betekent opofferen van productiegrond	
	Tuin/veldbonen	Veld omgeven door gerst gaf enige bescherming tegen virus	Onderzoek in vroeg stadium; implementatie betekent opofferen van productiegrond	

2.1.1 Perceelskeuze

In een teelthandleiding uit 1996 voor pootaardappel staat dat in winderige kuststreken met een overheersende windrichting vanuit zee weinig bladluizen voorkomen en er beperkt kans is op besmetting met PVY (Bus, 1996). De wind komt in Nederland met name uit het zuidwesten maar is variabel en de hoogste windsnelheden worden aan de kust gemeten, maar vooral in het noordwesten en de Waddengebieden (KNMI). Monitoring door de NAK op drie meetpunten in Nederland laat zien dat minder bladluizen in het noorden (Kollumerwaard) worden gevangen, en meer in de Noordoostpolder (Tollebeek) en het zuidwesten (Colijnsplaat) waar minder wind voorkomt, hoewel dit vooral op de twee laatste locaties niet altijd consistent lijkt, en per vangmethode, regio of perceel kan verschillen (Bos & Bus, 2001; voorlopige indruk PPS Virus- & Vectorbeheersing in pootaardappelen TU18049). Sommige studies tonen aan dat wind het foeragegedrag beïnvloedt wat betreft grotere dichtheden en/of verspreiding van bladluizen, terwijl anderen suggereren dat wind hier geen direct effect op heeft, of dat het windeffect op bladluispopulaties variabel is (Devegili, 2019). Het effect van wind op bladluizen is dus niet eenduidig.

Tussen 1959 en het moment dat neonicotinoïden werden gebruikt in het pillenzaad van suikerbieten als bescherming tegen onder meer bladluizen, werd door de Suiker Unie en IRS van mei tot half juli wekelijks luizen geteld op 200 percelen in Nederland. Deze gegevens werden verwerkt bij het IRS en

omgezet in waarschuwingskaarten. Dit systeem is in 2019 met het verdwijnen van de neonicotinoïden weer in ere hersteld. Hiervoor worden wekelijks op minimaal 75 bietenpercelen verspreid over het land het aantal bladluizen geteld (Akkerwijzer, 17 april 2019). In 2020 zijn de vroegste en meeste bladluiswaarschuwingen voor suikerbieten in het zuidwesten uitgegeven en de laatste en laagste bladluiswaarschuwingen op de noordelijke zand- en dalgronden (Drenthe). In deze gebieden werden in het verleden ook geen neonicotinoïden geadviseerd op basis van te verwachten druk van groene perzikluizen, die virussen overbrengen (pers. comm. Elma Raaymakers, IRS 2020). Voor een suikerbieteler is het dus wat druk van de groene perzikluis betreft gunstiger om op de noordelijke zand- en dalgronden te telen dan in het zuidwesten. De druk van zwarte bonenluizen is echter wel hoog in dit gebied. Een duidelijke verklaring voor de verschillen in druk van de groene perzikluis is er niet. Temperatuur, wind, ontwikkelingssnelheid van de bladluizen, aanwezigheid van winterwaarden en natuurlijke vijanden zijn enkele belangrijke factoren die hier een rol in spelen. Meer inzicht in regionale verschillen kan voor de groene perzikluis een belangrijke bijdrage leveren voor een landelijke oplossing, bijvoorbeeld bij het ontwerp van een weerbaardere omgeving.

2.1.2 Perceelsafstand

Een ruime vruchtwisseling maakt het gewas meer weerbaar tegen ziekten en plagen en dat geldt ook voor bladluizen. Een ruimere vruchtwisseling zorgt niet alleen voor een diversiteit aan gewassen door de tijd, maar belangrijker, voor een grotere diversiteit aan gewassen in een landschap. Als de afstand tussen gewassen van hetzelfde type groter wordt is de kans kleiner dat er binnen het seizoen migratie van bladluizen tussen gewassen van hetzelfde type plaatsvindt. Dit is met name van belang bij bladluisoorten met één of enkele waardgewassen en als de bladluis virus kan overdragen zoals bij suikerbiet of pootaardappel. Voor pootaardappelen kan het afstand houden tot percelen consumptieaardappel ook bijdragen aan het verlagen van invliegende (besmette) bladluizen. Dit blijkt ook uit de maatregelen bij de nacontrole door de NAK. Als binnen een afstand van 25 meter van een te keuren perceel een perceel aardappelen ligt dat virusbesmettingsgevaar oplevert wordt het gehele te keuren perceel, of een strook van minimaal 10 meter breed, in klasse verlaagd of afgekeurd (NAK, 2019). In de praktijk betekent dit dat een belendend consumptieaardappelperceel schoon moet worden gehouden van bladluizen. Wat een 'veilige' afstand is tussen percelen is nog onderwerp van studie.

Recent onderzoek in Engeland heeft aangetoond dat bladluizen de afgelopen 30-40 jaar ongeveer een halve dag per jaar vroeger zijn gaan vliegen (Bell et al., 2015; Holloway et al., 2018). Voor de graanbladluis is gevonden dat vroege vluchten afkomstig zijn van lokale populaties die zich ongeslachtelijke voortplanten op zomerwaarden, terwijl late vluchten afkomstig zijn van meer afgelegen populaties die zich geslachtelijk voortplanten op de winterwaard (Vialatte et al., 2007). Deze indruk bestaat ook in Nederland, momenteel wordt binnen PPS Virus & Vectorbeheersing in pootaardappelen onderzoek gedaan naar het verschijnen van deze vroege bladluizen in het voorjaar. De invloed van de huidige groenbemesters in landbouwsystemen op de overleving en ontwikkeling in de winter is onbekend. Op groenbemesters kunnen in de winter ook bladluizen voorkomen, maar aangezien dit gewas in het voorjaar wordt ondergewerkt wordt er verondersteld dat de bladluizen dit niet overleven gezien de tere eigenschappen van dit insect. Op een langzaam afstervende groenbemester zou onder de meest gunstige (zachte winter) omstandigheden een gevleugelde bladluis kunnen verschijnen, maar deze zal dan ook buiten het perceel een geschikte plek moeten vinden voor verdere overleving.

2.1.3 Genetische resistentie

Hoewel voor aardappelpootgoed er meer of minder virustolerante rassen beschikbaar zijn (Dupuis et al., 2019; Ahmadvand et al., 2012), is voor pootgoed resistentie gewenst. Tolerantie wil zeggen dat een virus, in dit geval het aardappelvirus Y (PVY), de plant wel kan infecteren, maar dat de plant geen of sterk verminderde symptomen vertoont. In tolerante rassen blijft PVY in de partij aanwezig en kunnen geïnfecteerde planten nog steeds als virusbron fungeren. In aardappelpootgoed wordt geen virus (of een zeer laag percentage geïnfecteerde knollen per partij, afhankelijk van de klasse) getolereerd, omdat een hoogwaardig en virusvrij product als uitgangsmateriaal van groot belang is voor de Nederlandse aardappelteelt en pootaardappelexport. Virusinfecties later leiden tot

zogenaamde degeneratie en zullen tot een lagere opbrengst in de consumptie- of zetmeelteelt leiden. Wat hier meespeelt is dat er vanuit het businessmodel van Nederlandse handelshuizen (nog) geen drive is om een resistente knol te ontwikkelen, omdat deze in het buitenland jarenlang kan worden doorgeteeld zonder dat nieuw pootgoed hoeft te worden aangekocht.

Veredeling op resistentie tegen bladluizen is ook mogelijk, maar zal van geringer belang zijn als maatregel bij non-persistent overgedragen virussen. Alvarez et al. (2006) zag grote variatie in mate van resistentie van aardappel tegen bladluizen onder twintig genotypen. Andere eigenschappen als de smaak van aardappelen zijn momenteel belangrijker dan weerstand opbouwen tegen bladluis.

In Nederland zijn in suikerbieten drie soorten vergelingsvirussen (BMV, BChV en BYV) van belang. In Frankrijk zijn de eerste rassen met resistenties/toleranties tegen BMV en BYV aangemeld voor toelatingsonderzoek. In Nederland wordt verwacht dat de eerste rassen in 2021 mee gaan lopen in het officiële rassenonderzoek. De opbrengst van deze rassen loopt nog achter op de huidige rassen wat een reden kan zijn voor een teler om niet voor een resistent ras te kiezen aangezien het bij suikerbiet om productie gaat. Het betreft bovendien rassen met een resistentie en/of tolerantie tegen BMV of BYV, maar niet tegen beiden en ook niet tegen BChV. Aangezien in ongeveer een kwart van de door IRS geanalyseerde monsters uit Nederland meer dan 1 vergelingsvirus is aangetroffen zullen telers die kiezen voor een resistent ras nog steeds bladluizen moeten bestrijden (pers. comm. Elma Raaijmakers, onderzoeker IRS).

De groene slaluis *Nasania ribisnigri* zit bij voorkeur in het hart van de slakrop en is moeilijk te bestrijden. Hierdoor is voor sla veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van rassen die resistent zijn tegen bladluis of het virus dat ze overbrengen (Tatchell et al., 2007). Tot ca. 10 jaar geleden was resistentie van sla de belangrijkste maatregel tegen deze bladluis. Er komen echter twee biotypen van deze bladluis voor. De *N. ribisnigri* biotype Nr.0 vermeerderd zich niet op sla met resistentie Nr.0, maar het biotype Nr.1 kan deze resistentie doorbreken en kan zich wel handhaven en vermeerderen op sla met deze resistentie. Nieuwe resistentiemethoden zijn daarom gewenst (Walley et al., 2017) en in de Verenigde Staten lopen momenteel al patentaanvragen naar nieuwe resistentiemethoden. Resistente rassen tegen Nr.0 zijn nog verkrijgbaar in Nederland bij de diverse zaadleveranciers. Bij volledige resistentie kan de luis zich nog wel enige dagen op dergelijke rassen handhaven, maar kan ze vrijwel geen jongen meer produceren (Beeldenbank, 2020).

2.1.4 Teeltsysteem

Mengteelt met rassen

Teelten met gemixte cultivars zijn een effectieve strategie om sommige ziekten te beheersen en er wordt onderzocht of het ook kan bijdragen aan het onderdrukken van plagen, waaronder bladluis in graan (Shoffner en Tooker, 2013; Mansion-Vaquié et al. 2019; Grettenberger and Tooker, 2017). Shoffner en Tooker (2013) zagen in het laboratorium een lagere populatieontwikkeling van bladluizen in een mengteelt in vergelijking met de monocultuur en een vergelijkbare opbrengst. De planten in de mengteelt gaven meer vluchtige organische stoffen af (VOC's) dan de planten in de monocultuur en de onderzoekers denken dat dit mogelijk de bladluizen heeft beïnvloed. Andere onderzoeken hebben geen of een minimaal effect laten zien van een mengteelt ten opzicht van de monocultuur (Mansion-Vaquié et al. 2019; Grettenberger and Tooker, 2017). Grettenberger and Tooker (2017) zagen daarentegen wel meer lieveheersbeestjes in de mengteelt ten opzicht van de monocultuur. Veel hangt af welke cultivars worden gecombineerd (Dahlin et al., 2018) en op welke wijze de cultivars worden gemengd (Shoffner en Tooker, 2013). In Nederland wordt in het strokenteeltonderzoek geëxperimenteerd met graanteelten met verschillende cultivars, maar is tot dusver nog niet naar de invloed hiervan op bladluizen gekeken.

Mengteelt met gewassen

Een mengteelt kan betekenen dat twee (of meer) gewassen door elkaar worden gezaaid, bijvoorbeeld tarwe en erwten, of dat gewassen naast elkaar worden geteeld in rijen. Er is veel onderzoek gedaan naar mengteelten met tarwe en het effect hiervan op beheersen van plagen en is samengevat door Lopes et al. (2016). Over het algemeen worden plagen, waaronder bladluizen, in mengteelten met tarwe gereduceerd in vergelijking met een monocultuur (Lopes et al., 2015; Seidenglanz et al., 2011; Zhou et al., 2009). Het mechanisme waardoor plaag-populaties afnemen in mengteelten is nog een

onderwerp van studie (Xu et al., 2018). Loïez (2018) liet zien dat een mengteelt van gerst met erwten of bonen het aantal bladluizen op graan met 30% verlaagde ten opzichte van de controle met alleen gerst. Erwten waren het meest effectief als menggewas in het verlagen van bladluisaantallen. Er waren in dit onderzoek geen tellingen gedaan op de vlinderbloemige in de mengteelt.

Dupuis et al. (2017) zag in een tweejarig onderzoek lagere virusbesmetting in pootaardappel in een mengteelt met gerst of met gerst en wikke terwijl er geen verschillen waren in aantallen bladluizen. De opbrengst was niet significant verschillend met de controle zonder menggewas. Loïez (2018) daarentegen zag geen verschil in virusaantasting tussen een mengteelt van aardappel-gerst met alleen aardappel.

Bij mengteelt speelt dat het gelijktijdig afrijpen van het gewas voor gelijktijdige oogst weleens lastig is en bovendien moet de afzet voor een gemengd product zijn geregeld. Het telen in stroken kan deze problemen ondervangen en, bij smalle werkbreedte, de voordelen bieden die een mengteelt heeft.

Strokenteelt

Bij strokenteelt worden per veld meerdere gewassen in stroken geteeld. De breedte van de stroken is variabel en in de ordegrootte van enkele tot tientallen meters. In Nederland wordt op grote en kleine schaal geëxperimenteerd met strokenteelt. Het effect van stroken op beheersen van bladluizen is nog niet goed in beeld gebracht en zal ook afhangen van de gewascombinaties en breedte van de stroken. Eerste resultaten laten lagere bladluisaantallen zien op spruitkool in stroken van 6 meter (Sondh, 2018) en in suikerbiet met graan in stroken van 9 meter in vergelijking met de controle (Bin, 2019 - ongepubliceerd). In een Canadees onderzoek aan beheersing van bladluizen op soja vonden Labrie en collega's (2016) 33 tot 55% lagere luizen aantallen in een teelt met stroken van 18 of 36 m breed in vergelijking met de controle van 180 m breed.

2.1.5 Teeltmaatregelen

Bodembedekking

Het contrast tussen het gewas en de achtergrond beïnvloedt de keuze van gevleugelde bladluizen om ergens te landen. Afhankelijk van kleur worden bladluizen aangetrokken of afgestoten van een oppervlak. Door het toevoegen van een bodembedekking met zelfde kleur als het gewas wordt het voor bladluizen moeilijker om het gewas te vinden (verwarring). Het contrast tussen een kale grond en een plant is groter dan tussen een bedekte bodem en een plant, en een bladluis zal dan eerder op een plant landen als de bodem onbedekt is (Lacomme, 2017). Het toevoegen van stro als bodembedekking heeft door de lichte kleur een afstotende werking op bladluizen en is toegepast in (poot-)aardappelen. Dit is met name effectief om het aantal bladluizen te verminderen dat op de plant landt als deze net boven de grond komt (Dupuis et al., 2017; Kirchner et al., 2014; Saucke en Doring, 2004). In Finland reduceerde een bodembedekking met stro het besmettingsniveau met PVY in pootaardappel tot 70%, met dit verschil dat in Finland de zwarte bonenluis (*Aphis fabae*) de voornaamste virusoverbrenger is (Kirchner et al. 2014) en in Nederland de groene perzikbladluis (*Myzus persicae*) (NAK). De perzikbladluis is in de meeste onderzoeken naar de Relatieve Efficiency Factoren van bladluizen voor PVY de meest efficiënte vector voor dit virus, maar in sommige landen komt deze soort relatief minder voor (Fox, 2017; Verbeek et al., 2010).

In de groenteteelt wordt bodembedekking veelal gebruikt voor het vergroten van de opbrengst, vasthouden van water, voorkomen van onkruiden, verbeteren van biologische en chemische samenstelling van de bodem of het verhogen van bodemtemperatuur (Emden en Harrington, 2017). Finch en Kienegger (1997) hebben in veldexperimenten laten zien dat kool met klaverondergroei het aantal bladluizen kan verminderen met 78 tot 95%. Dit is waarschijnlijk omdat de bladluizen de koolplanten minder makkelijk kunnen vinden. Ook in spruitjes zijn goede resultaten behaald met een ondergroei van Engels raaigras op het beheersen van bladluizen (*Brevicoryne brassicae*) (Vidal, 1997). Het afweren van bladluizen met kunstmatige bodembedekkers (plastic- en aluminiumfolie, geleverd aluminium en afbreekbare bodembedekkers) is voor tal van tuinbouwgewassen onderzocht en samengevat in Greer and Dole (2003). In deze studies verlagen bodembedekkers het aantal bladluizen en virusinfecties in de ordegrootte van 50-70%.

Rijbedekking

Planten kunnen ook worden beschermd tegen invliegende bladluizen door ze af te dekken met een gaas, folie of vliesdoek (Harrewijn et al., 1993). Als de bedekking groen is heeft dit een verwarrende invloed en als de bedekking wit is zorgt dit voor afstoting, naast dat de bedekking ook een fysieke barrière vormen. In pootaardappelen gaf bedekking met vliesdoek tot 100% bescherming tegen PVY, maar leverde minder opbrengst en kleinere knollen (Harrewijn et al., 1993). In ijsbergsla zorgde een net voor sterke afname van het aantal invliegende bladluizen en een betere opbrengst (Rekika et al., 2008). Het afdekken van het gewas is duur in vergelijking met gangbare gewasbescherming en zal daarom niet voor alle gewassen economisch rendabel zijn. Voor koolgewassen die relatief veel opbrengen kan het afdekken van het gewas de moeite waard zijn (Collier end Finch, 2017).

Kaolien

Kaolien mineraal kan worden toegepast als poeder dat op het blad een dunne witte laag achterlaat en dat bladluizen door de sterk reflecterende werking kan afweren (Barker et al. 2007). De witte laag op het blad verlaagt echter wel de fotosynthese capaciteit, maar kan daarentegen snel worden weggespoeld door te beregenen. Het zou daarom toegepast kunnen worden voor een korte periode als er voorspellingen zijn van een luizenvlucht. In Nederland is dit product beschikbaar onder de merknaam Surround WP wat nog onder de oude regeling uitzondering bestrijdingsmiddelen (RUB) valt.

Minimale grondbewerking

Het minimaliseren van grondbewerking vermindert negatieve effecten op predatoren die in de grond overwinteren of die de bodem nodig hebben voor het voltooien van hun levenscyclus. Tamburini et al. (2016) liet zien dat bladluizenpopulaties kleiner zijn in graanakkers met minimale grondbewerking in vergelijking met akkers die worden geploegd en dat dit toe te schrijven was aan een hoger aantal predatoren en parasitering van bladluizen. Ook in suikerbieten lijkt niet-kerende grondbewerking de bladluispopulatie te verlagen (pers. comm. Elma Raaijmakers, onderzoeker IRS).

Zaaidatum/voorkiemen

Door eerder of later te zaaien kan soms worden voorkomen dat bladluizen het gewas aantasten als dit het meest vatbaar is. Vroege aardappelen hebben bijvoorbeeld minder risico om door bladluizen aangetast te worden dan aardappelen die later zijn gepoot, omdat er vroeg in het seizoen minder bladluizen aanwezig zijn. De recentere warmere voorjaren van 2018-2020 lijken echter bij te dragen in hogere aantallen bladluizen (ook vroeg in het seizoen), en hiermee meer afwaardering en afkeuring van pootaardappelen. Het vóór laten kiemen van aardappelen is ook een strategie om de plant een voorsprong te geven op bladluis omdat bladluizen een voorkeur hebben voor jonge plantendelen (Cao, 2018). Door het voorkiemen wordt de aardappel minder blootgesteld aan bladluizen in de meest kwetsbare periode van de ontwikkeling van de plant. Daarnaast zijn oudere planten ook meer resistent tegen PVY (Dupuis, 2017). Ook hier geldt dat veranderende weersomstandigheden, warmere en drogere voorjaren, deze aloude advisering van de NAK richting de pootgoedtelers in een ander daglicht plaatsen.

Het later zaaien van wintergranen kan effectief zijn om het aantal bladluizen te verminderen die BYDV overdragen (Dedryver et al., 2010). In Centraal Europe wordt 20 september als vuistregel gehanteerd waarna het 'veilig' is om wintergraan te zaaien (Poehling et al., 2017). In Nederland is het advies om laat (na half oktober of na 1 november) te zaaien, afhankelijk van de temperatuur en hiermee de activiteit van de bladluizen. Bij zomergranen kan een aantasting tegengegaan worden door zo vroeg mogelijk te zaaien (o.a. Delphy, 2020; Timmer en Bosch, 1999; Timmer, 1999).

Bemesting

Bemesting wordt vanzelfsprekend vooral gezien als maatregel om de plant te voeden. Dat met plantenvoeding ook is te sturen op ziekte- en plaagonderdrukking komt steeds meer in de belangstelling. Grote hoeveelheden stikstof verhogen de voedingskwaliteit van het floëemsap voor bladluizen en kunnen de intrinsieke voortplantingssnelheid verhogen (Dixon, 1991; Poehling et al., 2017). Planten met een hoog stikstofniveau zijn daarnaast ook aantrekkelijker voor bladluizen om te landen (Nowak en Komor, 2010). Het beperken of goed afstemmen van de stikstofgift draagt bij aan het in toom houden van de bladluispopulatie. Dit is een maatregel die voor alle gewassen geldt.

De relatie tussen bemesting en bladluisonderdrukking is met name voor graan en kool onderzocht en heeft ook invloed op de natuurlijke vijanden van bladluizen. In tweejarige correlatiestudie met zeventien landschappen vond Zhao et al. (2015) een toename van bladluizen in graanakkers met toenemende stikstofbemesting. Aantallen sluipwespen en bodempredatoren namen ook toe met een hogere stikstofgift, maar die van zweefvlieg en lieveheersbeestje namen juist af bij toenemende bemesting. Stikstofgift kan ook invloed hebben op het aantal bladluizen dat door natuurlijke vijanden wordt gegeten. Aqueel et al. (2014) zag dat larven van de gaasvlieg minder bladluizen aten van graan planten met een hoge stikstofbemesting in vergelijking met bladluizen van planten met een lage bemesting. Door de bank genomen betekent dit dat er meer bladluizen en mogelijk minder natuurlijke plaagbestrijding is te verwachten in akkers met hoge stikstofgift.

Het toedienen van organische bemesting kan een positieve invloed te hebben op het beheersen van bladluizen. Little et al. (2011) zagen een lagere reproductie van bladluizen op koolplanten die vermicompost kregen toegediend in vergelijking met koolplanten die kunstmest kregen. Staley et al. (2010) en Stafford et al. (2012) maakten ook een vergelijking tussen organische en synthetische bemesting en zagen een verschil in reactie tussen een bladluis die op kool is gespecialiseerd en een generalistische bladluis. De generalist *Myzus persicae* deed het slechter dan of even goed op kool met organische bemesting als met kunstmest; voor de specialist *Brevicoryne brassicae* was dit andersom en deed de soort het beter op kool met organische bemesting dan met kunstmest. Onderzoekers van Koppert (2020) zagen in aardbei en blauwe bes een hogere weerstand tegen insecten, waaronder bladluis, bij organische bemesting in vergelijking met gangbare bemesting. In paprika zorgde vermicompost-bemesting juist voor een toename van de groene perzikbladluis in vergelijking met de controle (Messelink et al., 2013). De rol van organische bemesting op bladluizen is dus nog niet zo eenduidig en kan gunstig of ongunstig uitvallen.

Van kalium is bekend dat wanneer er een tekort is van dit element de plant minder weerbaar is tegen bladluizen (Walter en Difonzo, 2007; Myers en Gratton, 2006). Kalium speelt een rol bij het in standhouden van de osmotische waarde van het floëmsap. Bij een tekort komen er meer aminozuren in het floëmsap waardoor de plant aantrekkelijker is voor bladluizen.

Silicium speelt een rol in het verdedigingsmechanisme van de plant tegen schimmels en insecten (Kvedaras et al., 2010 en referenties daarin) waaronder bladluizen. Silicium wordt door planten in de wortels opgenomen in de vorm van monokieselzuur $\text{Si}(\text{OH})_4$ en polymeriseert in de epidermis van het blad tot biogeen opaal amorf $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Kvedaras et al., 2010). De neerslag van silicium in de epidermis bemoeilijkt het voor insecten door de epidermis te prikken of van het blad te eten (Yoshida 1975). Enkele onderzoeken lieten zien dat planten waar silicium aan het zaad, grond of op het blad is toegediend weerbaarder zijn tegen o.a. bladluizen in graan en aardappelen (Gomes et al, 2008, 2005; Basagli et al., 2003). Silicium blijkt ook een rol te spelen bij het induceren van afweer en aantrekken van natuurlijke vijanden. Komkommerplanten die werden aangevreten door larven van de katoendaguil en waaraan silicium was toegevoegd waren aantrekkelijk voor een predatorkever dan planten waaraan geen silicium was toegevoegd (Kvedaras et al., 2010). Silicium kan als plantenvoeding worden toegevoegd of wordt soms toegevoegd als extract van heermoes.

Selectief spuitschema

Bij het voorkómen van hoge populatiedichtheden van bladluizen hoort ook het toepassen van selectieve insecticiden als een teler moet ingrijpen voor een plaag. Door natuurlijke vijanden te sparen kan worden voorkomen dat een teler vaker moet ingrijpen omdat de natuurlijke bestrijding is weggefallen. Op milieumeetlat.nl is te zien welke middelen natuurlijke vijanden sparen.

Biostimulanten

Biostimulanten verbeteren de plant of de rhizosfeer van de plant waardoor de beschikbaarheid en opname van nutriënten verbetert, wat leidt tot kwalitatief betere eigenschappen en minder abiotische stress voor de plant. Biostimulanten zijn geen meststoffen, maar vallen wel onder de EU-Meststoffenverordening (Pinxterhuis & Termorshuizen, 2020). Enkele onderzoeken tonen aan dat bepaalde biostimulanten het afweervermogen van bovengrondse plantendelen kunnen versterken tegen bladluis. Martinuz (2012) zag dat bij toedienen van de endofyten *Fusarium oxysporum* stam

Fo162 en *Rhizobium etli* stam G12 aan tomatenplanten elk een systemische resistentie tegen de katoenluis *Aphis gossypii* induceerden. En Sattari Nasab et al., (2019) zag een hogere tolerantie van koolzaad tegen de melige koolluis en langzamere voortplantingssnelheid van deze bladluis bij toedienen van humuszuren en/of groei-bevorderende rhizobacteriën. Dit laatste onderzoek is wat betreft het toedienen van humuszuren in lijn met de negatieve effecten van organische bemesting op bladluizen zoals hierboven beschreven.

Priming

Priming is het mechanisme waarbij de afweer van de plant in een verhoogde staat van paraatheid wordt gebracht waardoor er bij vraat sneller een afweerreactie op gang komt (e.g. Stenberg et al., 2015; Martinez-Medina et al., 2016). Worrall et al. (2012) zag dat tomatenplanten waarvan de zaden met jasmonzuur (JA) en / of β -aminoboterzuur (BABA) waren behandeld een verhoogde weerstand hadden tegen plaaginsecten, waaronder bladluizen. De bescherming was langdurig, met een verhoogde weerstand die tot wel 8 weken aanhield (Walters et al., 2013). Of en hoe dit werkt voor de gewassen in deze rapportage zal nader onderzocht moeten worden.

2.1.6 Habitatmanagement

De mate van heterogeniteit in landschap waarin een gewas zich bevindt bepaalt voor een deel de plaagdruk en biologische bestrijding die een teler kan verwachten. Martin et al. (2019) vonden dat in landschappen met veel overgangen (en kleinere velden) 1,4 keer hogere natuurlijke plaagonderdrukking was dan in landschappen met weinig overgangen. Een synthesestudie van Rusch et al. (2016) schat dat natuurlijke bladluisbestrijding 46% lager is in homogene landschappen ten opzichte van diverse landschappen. Ook Baillod et al. (2017) vonden lagere aantallen bladluizen in landschappen met relatief kleine velden en veel grasranden. Predatie en parasitering van luizen was ook hoger in deze landschappen. Daarnaast droeg een hogere gewasdiversiteit bij aan reductie van bladluisdichtheden. Kleine houtige landschapselementen spelen ook een belangrijke rol bij het in stand houden van insectenpopulaties als brongebied van bijvoorbeeld sluipwespen (Achterberg, 2007).

Het ligt voor de hand te veronderstellen dat afwezigheid van de winterwaardplant rondom een akker zal bijdragen aan een lagere plaagdruk, maar de weinige studies die op dit gebied zijn gedaan tonen geen of hooguit een lichte correlatie tussen dichtheid van de winterwaardplant en luizendruk gedurende de zomer (Klueken et al., 2012; Bommarco et al., 2007). Studies aan genetische verschillen tussen populaties bladluizen van dezelfde soort laten zien dat reikwijdte van verspreiding kan verschillen per soort. De groene perzikbladluis *M. persicae* wordt verondersteld zich over relatief korte afstanden te verspreiden (50 tot 200 km) (Guillemaud et al., 2003). De graanluizen *R. padi* en *S. avenae* wisselen over veel grotere afstanden genetisch materiaal uit in de ordegrootte van 1000 km of meer (Dedryver et al., 2008 en referenties daarin).

Hoewel er geen aanknopingspunten liggen voor het aanpakken van de winterwaard van bladluizen ligt dat anders met de aanwezigheid van virus-waardplanten rondom een akker. Hoewel er weinig onderzoek naar is gedaan worden geïnfecteerde onkruiden in verschillende studies genoemd als mogelijke bron van virusverspreiding in het gewas (e.g. Duffus 1983). Voor pootaardappelen, zoals eerder aangegeven, is het pootgoed zelf (vooralsnog) de grootste besmettingsbron en is schoon pootgoed de belangrijkste vereiste.

2.1.7 Vegetatiemanagement

Natuurlijke vijanden die het meest bijdragen aan bestrijding van bladluizen in het veld zijn de larven van de zweefvlieg en gaasvlieg, parasitaire wespen en de larven en adulten van lieveheersbeestjes. Verder dragen spinnen, roofmijten, galmuggen, roofwantsen, kortschildkevers, snuitkevers, weekschildkevers en loopkevers bij aan natuurlijke beheersing van bladluizen. Van elk van deze groepen natuurlijke vijanden zijn er tientallen soorten die op bladluizen in akkerbouwgewassen prederen; elk met zijn eigen fenologie en preferentie voor habitat. Om natuurlijke vijanden te stimuleren moeten de voorwaarden worden geschapen waaronder de natuurlijke vijanden zich in en om de akker kunnen vestigen en voortplanten. Het in algemene zin vergroten van diversiteit aan (bloeiende) planten draagt op landschappelijke schaal bij aan natuurlijke plaagbestrijding (Dainese et

al., 2019; Martin et al., 2019). Het stimuleren van natuurlijke vijanden is maatwerk en vraagt om kennis over de ecologie van de betreffende soorten en eventuele nadelige effecten van wilde planten op het gewas. Dat deze voorwaarden en nadelige effecten per gewas kunnen verschillen maakt het vraagstuk complex en niet in algemene zin op te lossen. Hieronder volgt een uiteenzetting over wat er bekend is over het stimuleren van natuurlijke vijanden in akkerbouwgewassen met vegetatiemanagement.

FAB-randen

FAB staat voor Functionele AgroBiodiversiteit en omvat maatregelen die een boer of tuinder kan nemen om natuurlijke vijanden te stimuleren. Veel kennis over het stimuleren van natuurlijke vijanden van bladluizen is opgedaan in onderzoek aan graan en consumptieaardappelen (Van Alebeek et al., 2011; Van Alebeek et al., 2007). Het effect van plaagonderdrukking door natuurlijke vijanden is meetbaar tot zo'n 70 meter van de FAB-rand (Van Alebeek et al., 2011). Omdat een teler bij het toepassen van FAB-randen wordt aangemoedigd meer te scouten en alleen in te grijpen als de schadedrempel wordt overschreden heeft het toepassen van FAB-rand indirect ook een positief effect op natuurlijke plaagbestrijding doordat insecticidebespuitingen achterwege worden gelaten (Van Alebeek et al., 2007). Er zijn speciaal samengestelde bloemenmengsels ontwikkeld die natuurlijke vijanden zoals de zweefvlieg, gaasvlieg en parasitaire wespen stimuleren en deze worden door verschillende zaadbedrijven aangeboden als één- of meerjarige FAB-mengsels (Van Alebeek et al., 2011). Het aanleggen van FAB-randen met als doel om de populatie bladluizen laag te houden wordt op een beperkt aantal praktijkbedrijven toegepast. Veelal worden bloemenranden aangelegd als foeragerand voor vogels, als driftreducerende maatregel of als maatregel om te voldoen aan het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. De samenstelling van plantensoorten in deze randen is niet altijd optimaal voor het stimuleren van natuurlijke vijanden. Sommige randen zijn specifiek aangelegd om bijen aan te trekken – die de zweefvliegen juist weggagen. FAB-randen hebben zeker potentieel om bladluispopulaties onder controle te houden in de akkerbouwgewassen waar virusoverdracht geen grote rol speelt zoals consumptie- en zetmeelaardappel en granen (Van Alebeek et al., 2011).

In akkerbouwgewassen waarin bladluis-overgedragen virussen een belangrijk probleem zijn worden FAB-randen in de praktijk momenteel niet of nauwelijks overwogen en verder moet er goed opgelet worden dat er geen plantensoorten in de rand staan die als waardplant voor een virus kunnen dienen. In suikerbieten wordt op dit moment in het PPS project FAB+ onderzoek gedaan hoe FAB-randen kunnen bijdragen aan het beheersen van virusoverdracht door bladluizen. In pootaardappelen kan virusoverdracht voor een aanzienlijk kwaliteits- en opbrengstverlies zorgen waardoor telers meestal geen enkel risico willen lopen. FAB-randen zijn hier nog niet in beeld om te worden ingezet, maar zouden, mits goed samengesteld en samen met andere maatregelen, wel een rol kunnen spelen in het beheersen van bladluizen.

In erwten en tuin-/veldbonen is weinig onderzoek gedaan naar de effectiviteit van FAB-randen voor het onderdrukken van bladluizen. Uitzondering hierin is onderzoek van Van den Broek (2007) in erwten. Ook in erwten en tuin-/veldbonen speelt virusoverdracht door bladluizen een rol en is er oplettendheid nodig welke plantensoorten in de rand worden gebruikt. Het erwtenvergelingvirus bijvoorbeeld, kan onder andere luzerne infecteren en zich vanuit deze plant weer verspreiden. Luzerne wordt regelmatig in bloemenstroken gebruikt.

In een experiment met ijsbergsla werden minder groene perzikbladluizen gevonden in veldjes aangrenzend aan een luzernestrook (Schelling en Den Belder, 2002). De luzerne stimuleerde natuurlijke vijanden waaronder zweefvliegen (tot 70 per m²), en sluipwespen (tot 160 per m²). In de sla werden maximaal 18 zweefvlieglarven per m² aangetroffen. Behalve de groene perzikbladluizen – die zich vooral op de buitenste bladeren bevindt – hadden de natuurlijke vijanden nauwelijks effect op de andere bladluisoorten (o.a. groene sluis), die zich meer op de binnenste bladeren bevinden.

Meerjarige FAB-randen hebben doorgaans minder bloemen en meer grassen en zijn erop gericht om naast voedsel voor natuurlijke vijanden ook een winterschuilplaats te bieden van waaruit ze in het voorjaar snel de akker kunnen koloniseren. Dit gaat dan met name om bodembewonende predatoren zoals spinnen, loopkevers en kortschildkevers. Het toepassen van FAB-randen vereist maatwerk

waarbij rekening moet worden gehouden met de gewas-plaag combinatie alsook met opvolgende teelten in het bouwplan. In de PPS FAB+ wordt momenteel onderzocht hoe FAB-randen kunnen worden toegepast in akkerbouwgewassen, lelie en appel.

Bankierplanten

Bankierplanten zijn planten die bij of in het gewas worden geplaatst om natuurlijke vijanden te stimuleren. Het zijn doorgaans planten die geïnfesteerd zijn met een voor het gewas onschuldige prooi-soort waar natuurlijke vijanden zich op kunnen voeden als de plaag in het gewas nog afwezig is. Hierdoor zijn ze aanwezig zodra de plaagsoort opduikt. Het bekendste bankierplant systeem bestaat uit graanplanten die zijn geïnfesteerd met de graanluis *Rhopalosiphum padi* als een gastheer voor de sluipwesp *Aphidius colemani* die vervolgens andere luizensoorten in het hoofdgewas parasiteert (Frank 2010). Bankierplanten worden wereldwijd gezien veelal toegepast in de bedekte teelt tegen bladluis en trips en weinig in open teelten (Huang et al., 2011). Een uitzondering is Nakahira et al. (2012) die graan toevoegde als bankierplant in een aardappelveld en zagen een bijna driemaal lagere dichtheid aan bladluizen dan in de controle.

In Nederland heeft Servaplant een bankierplantconcept ontwikkeld met *Artemisia vulgaris* (Bijvoet) onder de productnaam PREDAT. Deze plant heeft een monofage bladluis, *Macrosiphoniella artemisiae*, die dus onschuldig is voor landbouwgewassen. Door deze plant naast of in het gewas te planten kan er een populatie natuurlijke vijanden in stand worden gehouden die, wanneer bladluizen in het gewas komen, direct kunnen toeslaan. Timing is cruciaal voor een succesvolle bestrijding door natuurlijke vijanden en zelfs een paar dagen voorsprong kan al uitmaken of een plaagpopulatie onder of boven de schadedrempel uitkomt. *Artemisia* planten worden bij verschillende bedekte en onbedekte teelten toegepast (servaplant.nl/bankerplant). In de PPS FAB+ wordt er momenteel geëxperimenteerd met *artemisia* als bankierplant in suikerbiet.

Kazatzidis en Külling hebben in 2012 onderzoek gedaan naar het gebruik van *Artemisia* als bankierplanten bij tulpen, lelies en narcissen. Het percentage planten met natuurlijke vijanden was hoger in de velden met *artemisia*, welke niet werden bespoten, dan in de referentievelden zonder *artemisia* en met gangbare gewasbescherming. Ondanks dat de virusaantasting hoger was in de velden met *Artemisia* leidde dit niet tot een lagere klasse indeling dan de referentie.

Tulpen en narcissen (voorjaarsbloeiers) komen vroeg in het jaar op wanneer er nog weinig natuurlijke vijanden aanwezig zijn. Om gebruik te maken van deze bestrijders zullen dus extra maatregelen moeten worden genomen om overwintering van natuurlijke vijanden te bevorderen. Het onderzoek van Kazatzidis en Külling (2012) lieten zien dat narcissen niet zo aantrekkelijk waren voor bladluizen. In zo'n geval zal het aan de rand beplanten van een voor bladluizen aantrekkelijk gewas kunnen bijdragen aan de natuurlijke bestrijding (push-pull). In tulpen is geprobeerd de aantrekkelijkheid voor bladluizen te verlagen door de planten vroeg te kappen, maar dit had geen effect op virusoverdracht (Martin van Dam pers. com.). Lelie is een zomerbloeier, maar ook hier speelt dat bladluizen al vroeg in het voorjaar voor virusoverdracht kunnen zorgen. In de PPS FAB+ wordt momenteel onderzoek gedaan hoe bloemenstroken kunnen bijdragen aan beheersen van virusoverdracht. Een voordeel bij lelie is dat virusoverdracht van buiten het lelieperceel (nagenoeg) uitgesloten is omdat de relevante virussen specifiek voor lelie zijn. In Huang et al. (2011) worden voorbeelden gegeven van het gebruik van bankierplanten in de bedekte sierteelt waaronder gerst bij chrysanthemum (Ramakers en Maaswinkel, 2002), aardappelopslag bij rozen (Blumel en Hausdorf, 1996) en triticale en rogge bij rozen (Gotte en Sell, 2002). In deze gevallen worden sluipwespen of andere natuurlijke vijanden losgelaten die zich kunnen vermeerderen op de populatie bladluizen op de bankierplanten. Voor de open teelt is het loslaten van natuurlijke vijanden vaak te duur en niet praktisch aangezien ze zich makkelijk uit het perceel kunnen wegvliegen.

2.1.8 Vanggewassen

Een vanggewas is in de regel aantrekkelijker voor een plaag dan het gewas dat het moet beschermen. Vanggewassen kunnen ook een fysieke barrière vormen en daarmee het aantal invliegende bladluizen verminderen. In dat geval moet het vanggewas hoger zijn dan het te beschermen gewas wat soms tot problemen leidt omdat er niet meer goed met de veldspuit over het perceel gereden kan worden.

Tenslotte fungeren sommige vanggewassen als een 'virusfilter' voor niet-persistente virussen. Besmette bladluizen die het vanggewas aanprikken laten het virus in het vanggewas achter waarmee wordt voorkomen dat het virus in het gewas terecht komt (van Emden en Harrington, 2017).

Nakahira et al. (2012) zag een drie maal lagere luizenpopulatie in aardappel omgeven voor stroken met gerst in vergelijking met een veld zonder stroken. Difonzo et al. (1996) zag daarnaast ook een lagere virusinfectie langs de randen van een aardappelveld omgeven door sorghum, tarwe of soja. En Boiteau et al. (2009) namen 34% lagere virusinfectie waar bij een aardappelveld omgeven door een vier meter brede grasstrook.

Een mengteelt van twee gewassen kan ook al het effect hebben dat één gewas als vanggewas optreedt (zie ook *Mengteelt met gewassen*). Dupuis et al. (2017) zag in een tweejarig onderzoek lagere virusbesmetting in pootaardappel in een mengteelt met gerst of met gerst en wikke terwijl er geen verschillen waren in aantallen bladluizen. Loïez (2018) daarentegen zag geen verschil in virusaantasting tussen een mengteelt van aardappel-gerst met alleen aardappel.

Hooks en Fereres (2006) geven een overzicht van studies naar de rol van barrièreplanten bij het tegengaan van virusverspreiding. Hoewel deze techniek in de tuinbouw tot aanzienlijke vermindering van virus in het gewas kan leiden in o.a. in courgette, chilipeper, paprika, zwarte-ogenboon, sperziebonen, lupine, tuin-/veldboon en sojabonen, is er weinig recent onderzoek gedaan hoe vanggewassen bladluizen en virusverspreiding in akkerbouwgewassen kan tegengaan. Dhanju et al. (1995) zag een lagere virusbesmetting en hogere opbrengst in sperziebonen omgeven door mais of sorghum. Jayasena en Randles (1985) zagen enige bescherming tegen virusoverdracht in tuin-/veldbonen omgeven door gerst. Buckland et al. (2017) zagen juist een hogere incidentie door virus in ui naast een vanggewas (Phacelia).

2.2 Fruitteelt

Bij appel en peer spelen bladluizen geen rol bij de overdracht van virussen. Het is het directe effect op de groei van de boom of de kwaliteit van de productie die hen tot een plaag maakt. Appel en peer hebben als waardplant een duidelijk andere rol in de levenscyclus van bladluizen dan bijvoorbeeld akkerbouwgewassen. Waar de kruidachtige land- en tuinbouwgewassen meestal als zomerwaardplant fungeren, worden de houtige fruitteeltgewassen door de luizen als winterwaardplant benut. Alle hieronder genoemde soorten overwinteren op de appel- of perenboom. De meeste overwinteren in het eistadium, met uitzondering van de appelbloedluis, waarvan de jonge nimfen het meest winterharde stadium zijn. De belangrijkste soorten op appel en peer staan in Tabel 3.

Tabel 3 Belangrijkste karakteristieken van de levenscyclus van bladluizen op appel en peer.

	Afkorting	Soortnaam	Gewas	Waardplant-wisseling	Seksuele generatie
Groene appeltakluis	GAT	<i>Aphis pomi</i>	Appel	Nee	Ja
Roze appelluis	RAL	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Appel	Ja	Ja
Appelgrasluis	AGL	<i>Rhopalosiphum insertum</i>	Appel, peer	Ja	Ja
Appelbloedluis	ABL	<i>Eriosoma lanigerum</i>	Appel	Nee	Nee
Roze perenluis	RPL	<i>Dysaphis pyri</i>	Peer	Ja	Ja
Bloedvlekkenluis	BVL	<i>Dysaphis devecta</i>	Appel	Nee	Ja

Bron: Blackman and Eastop (1984)

Roze appelluis *Dysaphis plantaginea* (RAL). Dit is de schadelijkste luizensoort op appel. Aantasting in het voorjaar leidt tot sterke vergroeiing van bladeren, scheuten en vruchten. Vruchten aan aangetaste takken zijn onverkoopbaar. Aangetaste takken ontwikkelen minder bloemknoppen en dragen daardoor het volgende jaar minder vruchten. Deze soort overwintert in het eistadium op de boom. De eieren komen eind maart of april uit, en de zich ontwikkelende kolonies veroorzaken de schade in mei en juni. In de loop van de zomer ontstaan gevleugelde dieren die naar weegbree verhuizen. In het najaar migreren gevleugelde luizen weer naar de appelboom om daar te paren en eieren te leggen.

De levenscyclus van de roze perenluis *Dysaphis pyri* (RPL) op peer is vergelijkbaar met die van RAL op appel, maar de dichtheid van RPL is doorgaans lager. Schade aan het gewas en aan vruchten bereikt wel regelmatig een niveau van economisch betekenis.

Appelgrasluis *Rhopalosiphum insertum* (AGL). De levenscyclus van AGL is in grote lijnen vergelijkbaar met die van RAL. Ook AGL overwintert in het eistadium op de appel- of perenboom. De eieren komen in maart of april uit. Vanaf mei migreren gevleugelde exemplaren naar de zomerwaardplant, in dit geval grassen. In het najaar migreren gevleugelde luizen weer naar de appelboom om daar te paren en eieren te leggen. AGL komt bij appel en peer voor en is de meest algemene bladluis, maar ook de minst schadelijke. Hoewel vooral bij peren enige schade aan de vruchten kan optreden, kan een geringe aantasting worden getolereerd.

Groene appeltakluis *Aphis pomi* (GAT). Ook deze soort overwintert als ei op de appelboom, maar in de zomer blijft GAT op appel, en de soort heeft geen waardplantwisseling.

Bloedvlekkenluis *Dysaphis devector* (BVL) komt voor op appel, maar is de economisch minst belangrijke bladluissoort in deze opsomming.

Appelbloedluis *Eriosoma lanigerum* (ABL) is zeer algemeen op appel. De levenswijze is anders dan die van bovengenoemde soorten. De soort leeft jaarrond op appel, en heeft hier geen (succesvolle) seksuele generatie. Per jaar kunnen zich op appel vele generaties ontwikkelen, waardoor ABL forse schade kan veroorzaken.

Tabel 4 geeft een overzicht van de maatregelen om bladluizen preventief te beheersen in appel en peer waarna in de tekst de maatregelen verder worden toegelicht.

Tabel 4 *Overzicht van maatregelen om de populatiedruk van bladluizen in appel en peer preventie te beheersen. Kleurcode status maatregel: geel = maatregel in ontwikkeling, blauw = maatregel technisch effectief, maar vragen over inpasbaarheid; groen = maatregel wordt (deels) toegepast.*

Maatregel	Gewas of problematiek	Beschrijving maatregel	Status maatregel	
Genetische resistentie				
Resistenties	Appel (ABL)	4 resistentiegenen bekend, resistente onderstammen beschikbaar. Onderzoek gaande om deze in te kruisen in cultivars	Bijdrage in NL aan plaagbeheersing niet goed bekend, nader onderzoek nodig	
	Appel (RAL, BVL)	Enkele resistentiegenen bekend, geen commercieel geschikte cultivars beschikbaar.	Veredelingswerk nodig	
Toleranties	Appel (ABL)	Cultivars zonder bovengenoemde resistentiegen kunnen verschillen in gevoeligheid. Vroeg in selectieproces nieuwe rassen de minst gevoelige selecteren	Toetstechniek beschikbaar, toepassen bij toekomstige veredeling	
Teeltsysteem				
Mengteelt met cultivars	Appel (RAL)	Mengen van gevoelige en minder gevoelige appelcultivars	Bijdrage aan bestrijding onbekend, te onderzoeken	
Mengteelt met gewassen	Appel	Mengen van appel met andere (fruit)gewassen	Bijdrage aan bestrijding onbekend, te onderzoeken	
Bestuiving				
Bestuivercultivar	Appel (ABL)	Gebruik van weinig gevoelige bestuivercultivars om initiële aantasting in perceel te voorkomen	Praktijkrijpe maatregel	
Teeltmaatregelen				
Bemesting, snoei, watergift	Appel (GAT)	Beperken van duur van scheutgroei	Praktijkrijpe maatregel	
Selectief spuitschema	Appel, peer	Sparen van nature voorkomende antagonisten door selectief spuitschema	Wordt in praktijk toegepast, maar niet voor elke plaag selectieve maatregelen beschikbaar	
Bodemstructuur, ontwatering	Appel, peer	Stimuleren van oorwormen als generalistische predator door goede ontwatering en bodemstructuur	Wordt in praktijk toegepast, aanvullende maatregelen in onderzoek	
Afschermen boomgaard met gaas en/of folie	Appel, peer (RAL, AGL)	Afschermen van de boomgaard om immigratie eileggende generatie te voorkomen	Maatregel in onderzoek, nog niet praktijkrijp	
Habitat-management		Landschapselementen die geschikt zijn om robuuste populaties van generalistische antagonisten te bevorderen	Buiten invloed van fruitteler	
Vegetatie-management				
Hagen		Hagen om de boomgaard die geschikt zijn als bron van generalistische antagonisten	Deels in praktijk toegepast, optimalisering mogelijk	
FAB-randen langs percelen		Voedselbron voor antagonisten	Deels in praktijk toegepast, optimalisering mogelijk	
FAB-randen door het midden van de grasbaan		Voedselbron voor antagonisten	Bijdrage en optimale mengsels nog te onderzoeken	



2.2.1 Genetische resistentie

Tegen appelbloedluis zijn vier resistentiegenen bekend. Er vindt veredeling plaats in onder meer Nieuw-Zeeland om deze genen in te kruisen in lijnen met grootvruchtige appelcultivars. Omdat voor drie van de vier resistentiegenen ABL stammen bekend zijn die de resistentie kunnen doorbrekende, is voor een duurzame resistentie stapeling van de resistentiegenen door inkruisen nodig. Vanwege de lange generatieduur is dit bij appel een langzaam proces (Bus et al., 2008; Bus et al., 2010).

Appelbloedluis kan ook de wortels van de appelboom koloniseren. Daardoor kan er ondergronds een reservoir van luizen ontstaan, van waaruit herkolonisatie van bovengrondse delen kan plaatsvinden. Het gebruik van resistente onderstammen kan dit mogelijk voorkomen. Het is nog niet onderzocht hoe groot de bijdrage van bloedluisresistente onderstammen in de Nederlandse fruitteeltpraktijk kan zijn. Er zijn verschillende bloedluisresistente onderstammen beschikbaar (Sandanayaka et al., 2003). Voor een duurzaam management van de ABL is dit een kansrijke onderzoekslijn.

Appelcultivars die geen resistentiegenen hebben, kunnen onderling verschillen in hun gevoeligheid voor ABL (Sandanayaka et al., 2005). Het is daarom zinvol om in een vroeg stadium van selectie van nieuwe appelcultivars de minst gevoelige te selecteren. Op deze wijze wordt voorkomen dat wordt geïnvesteerd in nieuwe appelcultivars die na commerciële introductie gevoelig blijken voor ABL. In recent Nederlands onderzoek (Groene Veredeling, BO-onderzoek WUR) werd een snelle toetsmethode voor ABL-gevoeligheid ontwikkeld.

Bij bestuivercultivars van appel zijn er grote verschillen in de gevoeligheid voor ABL. Gevoelige cultivars kunnen door ABL als *stepping stone* gebruikt worden voor kolonisatie van de boomgaard. Toepassing van deze bestuivercultivars moet worden vermeden.

Voor de *Dysaphis*-soorten RAL en BVL zijn resistentiegenen bekend. Er zijn enkele grootvruchtige cultivars die tolerant of resistent zijn voor RAL, waaronder cv. Florina. Ook hier geldt dat stapeling van resistentiegenen nodig is om een duurzame resistentie te verkrijgen (Angeli and Simoni, 2006).

2.2.2 Teeltsysteem

Intercropping

Het mengen van appel of peer met andere (fruit)gewassen heeft mogelijk een effect op de mate waarin migrerende bladluizen de waardplant kunnen vinden. Zulke mengteelten zijn in beperkte mate onderzocht, maar daarbij werd vooral gekeken naar de effecten op natuurlijke vijanden (Kranz et al., 2019). Mogelijk heeft ook het mengen van gevoelige en resistente cultivars een effect op de bladluisaantasting.

2.2.3 Teeltmaatregelen

Beperking van de groei, stikstofgift

Bladluizen gedijen bijzonder goed op weelderig groeiende gewassen met een goede stikstofvoorziening. Het verband tussen optreden van bladluizen en beschikbaarheid van stikstof voor de plant is voor veel gewassen aangetoond. De belangrijkste luizensoorten op appel en peer treden relatief vroeg in het groeiseizoen op, als het gewas snel groeit en de gehaltes aan aminozuren in het plantensap relatief hoog zijn. Het is moeilijk om in diezelfde periode de stikstofvoorziening zodanig te verlagen dat een effect op de bladluizen optreedt, zonder dat dit ten koste gaat van de kwantiteit of kwaliteit van de productie. Vroeg afsluiten van de scheutgroei in juni, door beperkte stikstof- of watergift en aangepaste snoei kan optreden door GAT mogelijk wel beperken (Stoekli et al., 2008).

Tegengaan van immigratie in de herfst

De soorten met waardplantwisseling (RAL, AGL, RPL) vliegen in het najaar van de kruidachtige zomerwaard naar appel of peer om daar te paren en winterieren te leggen. Door de boomgaard of individuele bomen in de herfst af te schermen, kan in theorie de immigratie van bladluizen, en daarmee de eileg en de aantasting in het volgende voorjaar, worden voorkomen. Met deze benadering worden in het project "Beschermd Appelteelt" (WUR, Randwijk) de eerste ervaringen opgedaan.

Sporen en stimuleren van oorwormen

Oorwormen zijn generalistische predatoren die een belangrijke rol spelen bij de beheersing van vooral de appelbloedluis. Een goede bodemstructuur en ontwatering zijn belangrijk voor de oorworm (Helsen and Winkler, 2019). Er loopt onderzoek over maatregelen om hun aanwezigheid verder te stimuleren (ref PPS oorworm).

Sporen van natuurlijke antagonisten door vermijden toepassing breedwerkende insecticiden

Boomgaarden worden aangeplant voor vele jaren en tijdens de teelt vindt er geen of weinig intensieve grondbewerking plaats. Als gevolg daarvan vormen ze, meer dan de meeste andere landbouwsystemen, een relatief stabiel agro-ecosysteem, waar populaties van generalistische antagonisten zoals spinnen, fluweelmijten, oorwormen en loopkevers zich over jaren kunnen opbouwen. Verstoring van dit systeem treedt op bij het rooien en vervolgens nieuw aanplanten van een boomgaard of door het gebruik van breedwerkende bestrijdingsmiddelen. Het gebruik van zo selectief mogelijk bestrijdingstechnieken voor de beheersing van plagen die onvoldoende door natuurlijke antagonisten onder controle worden gehouden, is dan ook cruciaal in het systeem. Voor verschillende plagen, bijvoorbeeld appelbloesemkever bij appel en perenknopkever bij peer, kunnen natuurlijke antagonisten wel een beperkte bijdrage aan de beheersing leveren, maar zijn toch vaak aanvullende bestrijdingsmaatregelen nodig. Fruittelers zijn daarvoor nog afhankelijk van breedwerkende chemische insecticiden. De ontwikkeling van selectieve bestrijdingstechnieken voor dergelijke plagen zou dan ook prioriteit moeten hebben in de ontwikkeling van duurzame gewasbescherming.

2.2.4 Habitatmanagement

Vergroten van plantaardige biodiversiteit

Het vergroten van de plantaardige biodiversiteit leidt meestal tot een toename van generalistische antagonisten en dit kan in potentie tot een betere natuurlijke plaagbestrijding leiden. Van groot- naar kleinschalig gaat het daarbij om (semi) natuurlijke landschapselementen in de omgeving, hagen en bloemstroken om de boomgaard, en ingezaaide kruiden- en bloemstroken in de boomgaard.

Natuurlijke of seminatuurlijke landschapselementen zoals bosjes, hagen en andere ruigtes in de omgeving van de boomgaard bieden voedsel en schuilplaatsen aan een reeks van predatoren en parasitoiden, en leveren daarmee in potentie een bijdrage aan de natuurlijke plaagbestrijding. De plaag-predatorinteracties op landschapsniveau zijn echter complex en daardoor is het effect moeilijk aan te tonen (ref Quessa). Op basis van praktijkervaringen lijkt een gevarieerd landschap een gunstig effect te hebben op de aanwezigheid van roofwantsen, waardoor de natuurlijke bestrijding van perenbladvlo beter verloopt. Voor andere plagen is het effect onduidelijk en in sommige gevallen zorgt een bosrijke omgeving juist voor een grotere plaagdruk in de boomgaard (bijvoorbeeld bij wintervlinder en roodpootschildwants).

Ook hagen om boomgaarden kunnen aanvullend voedsel en schuilplaatsen bieden aan generalistische antagonisten. Het voordeel van hagen is dat de soortsaanstelling kan worden afgestemd op de gewenste ecosysteemfuncties, zoals alternatieve prooien of stuifmeel als voedsel voor predatoren in bepaalde periodes van het jaar. Een vergelijkbare rol kunnen bloemstroken langs percelen vervullen.

Binnen de boomgaard kan de plantaardige biodiversiteit worden vergroot door het inzaaien van kruidachtige planten. Er wordt geëxperimenteerd met kruidenstroken in het midden van de grasbaan, tussen de wielsporen, of in grasbanen die tijdelijk niet worden bereiden. In boomgaarden kan de aanwezigheid van bloeiende bloemen leiden tot een lokale verhoging van het aantal predatoren (Winkler et al., 2007). De bijdrage aan de bladluisbestrijding hangt waarschijnlijk mede af van het

bloeitijdstip en de bloeiboog. Kruidachtige planten in de boomgaard kunnen ook als waard dienen voor schadelijke wantsen zoals de groene appelwants. Bij de keuze van kruidenmengsels is het dan ook belangrijk om hiermee rekening te houden (Helsen, 2019).

Verwijderen van zomerwaardplanten

Aangezien de waardplantwisselende soorten voor een deel van hun levenscyclus afhankelijk zijn van hun zomerwaardplant, zou verwijderen daarvan in theorie de cyclus kunnen doorbreken. Vanwege de grote afstanden, die migrerende luizen in de herfst kunnen overbruggen door actief te vliegen en met de windstroming mee te liften zou deze verwijdering van zomerwaardplanten op een onrealistisch grote schaal plaats moeten vinden.

2.3 Conclusie preventieve beheersing bladluizen

Een aantal maatregelen die in Tabel 2 en 4 zijn samengevat zijn praktijkrijp en kunnen worden toegepast. Andere maatregelen zijn kansrijk maar behoeven nog meer onderzoek voordat het als effectieve maatregel aan telers kan worden gepresenteerd.

Praktijkrijpe en direct beschikbare maatregelen om bladluizen in de openteelt preventief te beheersen:

Akkerbouw en groenteteelt

- Voorkom (te) hoge stikstofgift in gewassen
- Voorkom kaliumgebrek
- Toevoegen silicium
- Minimale grondbewerking in graan, mits geen ziekteproblemen
- Laat zaaien wintergraan
- FAB-randen bij graan en consumptieaardappel
- Vermijden van insecticiden met nevenwerking op natuurlijke vijanden

Fruitteelt

- Bevorderen van goede habitat voor oorwormen
- Vermijden van insecticiden met nevenwerking op natuurlijke vijanden
- Gebruiken van bestuivercultivars die weinig gevoelig zijn voor appelbloedluis
- Aanplanten van hagen met functie voor stimuleren natuurlijke vijanden
- Bij nieuwe appelcultivars: voor introductie selecteren op minder gevoelige cultivars tegen ABL

Praktijkrijpe en direct beschikbare maatregelen om bladluizen in de openteelt preventief te beheersen, maar praktische bezwaren voor boeren:

Akkerbouw en groenteteelt

- Afdekken van rijen in bijvoorbeeld pootaardappel, kool en sla
- Mengteelt of strokenteelt van graan met een vlinderbloemige
- Grotere afstand tussen percelen met gewassen van dezelfde waardsoort
- Kaolien voor weren invliegende bladluizen

Mogelijkheden voor toepassing in de praktijk op korte termijn, beperkte ontwikkeling van maatregelen nodig:

Akkerbouw en groenteteelt

- Stro als bodembedekking in pootaardappel voor minder bladluizen en virus
- Mixen van gevoelige en tolerante graanrassen
- Ondergroei bij kool of spruitjes met (gras)klaver
- Vroeg poten of vóórkiemen pootaardappelen voor ouderdomsresistentie (vraag of dit nog steeds effectief is gezien het veranderende klimaat en meer vroege bladluizen)
- Vanggewassen voor verminderen virusoverdracht in o.a. pootaardappel, sperziebonen, tuin/veldbonen
- FAB-randen bij pootaardappel, suikerbiet, tuin-/veldboon in combinatie met bankierplanten

Fruitteelt

- Gebruik van resistente appel onderstammen tegen appelbloedluis
- Inzaaien kruidachtige planten langs randen van percelen of in de grasbaan. Selectie van kruiden die de natuurlijke vijanden bevorderen, maar niet de plagen.

Bloembollen

- Gebruik van bankierplanten in lelie en tulp
- FAB-randen bij lelie

Kansrijke mogelijkheden voor toepassing in de praktijk op lange termijn, onderzoek en ontwikkeltraject nodig:

Akkerbouw en groenteteelt

- Meer resistente rassen voor pootaardappel en suikerbiet:
 - Voor pootaardappelen is volledige resistentie gewenst
 - Voor suikerbiet moet de opbrengst intact blijven en is stapeling van resistentie tegen meerdere virussen gewenst
- Verhogen van algehele biodiversiteit (e.g. houtwallen, slootkant- wegbermbeheer, overhoeken)
- Organische bemesting bij kool
- Voorkomen virusoverdracht vanuit naburige (on)kruiden
- Biostimulanten
- Priming

Fruitteelt

- Resistentieveredeling appel tegen appelbloedluis en tegen roze appelluis en bloedvlekkenluis
 - Stapeling van resistentiegenen is gewenst
- Mengen van fruitgewassen of mengen van appelcultivars met verschillen in gevoeligheid
- Afschermen van de boomgaard in het najaar om invliegende bladluizen buiten te houden
- Ontwikkeling van selectieve bestrijdingstechnieken die natuurlijke vijanden sparen

3 Curatief bestrijden van bladluizen

In dit hoofdstuk worden natuurvriendelijke middelen en technieken benoemd die bladluizen helpen bestrijden wanneer deze eenmaal in een teelt zitten. Onder natuurvriendelijke middelen en technieken verstaan we middelen en maatregelen met een minimale invloed op het milieu en die weinig effect hebben op bestuivende insecten en natuurlijke vijanden. We hanteren hiervoor de index die in de milieumeetlat van het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM; www.milieumeetlat.nl) wordt aangegeven, voor zover de middelen daarin zijn opgenomen. We gaan er vanuit dat middelen die zijn toegelaten voldoende zijn onderzocht op effectiviteit en risico's op het milieu.

We beperken ons net als in hoofdstuk 2 tot de teelten waarbinnen bladluizen een (groot) probleem kunnen zijn en geven per middel of techniek aan voor welke teelten deze is toegelaten. Naast de middeleigenschappen maakt de toepassingstechniek ook uit hoeveel invloed een toepassing kan hebben op het milieu. Als een breedwerkend gewasbeschermingsmiddel plaatsspecifiek wordt toegepast heeft dat een andere impact dan als het volvelds wordt gebruikt. De toepassing van insecticiden is onderhevig aan bepaalde driftreducerende technieken (o.a. spuitdoppen, luchtondersteuning, wingssprayer). Op al deze toepassingstechnieken gaan we in deze studie niet verder in; kijk op <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/agrarisch/open-teelt/driftreducerende/> voor actuele voorwaarden.

Als een middel of techniek wordt ingezet voor gewasbescherming is daar een toelating voor nodig. Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) hanteert de volgende indeling van middelen: reguliere middelen, reguliere middelen met een laag risico, basisstoffen en vrijstellingen. In de praktijk worden termen als "laag-risico middelen" (vaak selectieve synthetische middelen) en "groene middelen" (biopesticiden) gebruikt; al deze stoffen hebben een toelating nodig en vallen daarmee in een van de door het Ctgb gehanteerde categorieën.

Een basisstof is een stof die al voor een ander doel op de markt is (bijvoorbeeld als voedingsmiddel, zoals azijn of bier), maar die ook als gewasbeschermingsmiddel werkt en gebruikt mag worden. Eventuele risico's zijn namelijk al bij het oorspronkelijke gebruik bepaald. Op dit moment is voor de akkerbouwgewassen één basisstof tegen bladluizen toegelaten, namelijk *Urtica* spp., een middel op basis van brandnetel extracten.

Voormalige RUB-lijst

Middelen waarvan het gebruik nooit is beoordeeld werden in het verleden via de Regeling Uitzondering Bestrijdingsmiddelen (RUB) toegelaten voor gebruik. Inmiddels is deze regeling vervallen en moeten alle middelen volgens de Europese verordeningen worden beoordeeld. Totdat dit het geval is mogen middelen die op de zogenaamde RUB-lijst staan worden gebruikt. Wat betreft bladluisbestrijding betreft gaat dit om de middelen Flipper (flonicamid) en Surround WP (kaolien) (zie Hoofdstuk 2).

Groene middelen

Groene middelen (bio-pesticiden) zijn gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong. Hieronder vallen micro-organismen (inclusief virussen), plantenextracten (botanicals) en signaalstoffen zoals feromonen (Ctgb, 2017). Groene middelen moeten net als gewasbeschermingsmiddelen eerst door het Ctgb worden goedgekeurd. Hoewel er enkele schimmels en virussen bekend zijn die bladluizen kunnen bestrijden is er weinig potentie te verwachten van deze organismen voor bladluisbestrijding in de open teelten, omdat, naast de moeilijkheid van het kweken, deze organismen alleen bij specifieke luchtvochtigheid en temperatuur goed gedijen (schimmels) of snel door zonlicht (UV) worden afgebroken in het geval van bladluis-pathogene virussen. Van plantenextracten en signaalstoffen is wel een bladluiswerende werking te verwachten, maar waarvoor (om strategische of budgettaire redenen) geen toelating is aangevraagd. In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van middelen en technieken om bladluizen curatief te bestrijden welke in daaropvolgende tekst worden toegelicht.

3.1 Akkerbouw, vollegrondsgroente-, bloembollen- en fruitteelt

Tabel 5 Overzicht van maatregelen en technieken om populatiedruk van bladluizen in akkerbouwgewassen, vollegrondsgroente-, fruit- en bloembollenteelt op natuurvriendelijke wijze curatief te bestrijden. Kleurcode status: geel = in ontwikkeling, blauw = technisch effectief, maar vragen over inpasbaarheid; groen = middel wordt (deels) toegepast; rood = niet toegelaten (voor bladluisbestrijding).

Maatregel	Gewas	Werking	Invloed op grondwater, bodem- en waterleven ¹	Effect op bestuivers en bestrijders ¹	Status maatregelen op basis van goedkeuring volgens Ctgb	
Synthetische middelen						
Middelen op basis van flonicamid	Aardappel, biet, granen, peulvruchten, kool, tulp, lelie, appel, peer	Lokaal systemische werking	Minimaal	Beperkt	Reguliere toelating	
Plantextracten						
Pyrethrinen	Tulp, lelie	Contactwerking	Beperkt	Beperkt	Reguliere toelating	
Azadirachtin	Kool, tulp, appel, peer	Contactwerking	Minimaal	Minimaal	Reguliere toelating	
Urtica spp	Aardappel, peulvruchten, kool, sla, spinazie, appel	Anti feedant	Minimaal	?	Toegelaten als basisstof	
Sinaasappelolie		Contactwerking	Minimaal	Beperkt	Toelating voor open teelten in aanvraag	
Uienolie		Contactwerking Afwierend	?	?	Toegelaten als basisstof, maar niet voor bladluis-bestrijding	
Knoflookolie		Contactwerking Afwierend	?	?	Niet toegelaten	
Muntolie		Contactwerking	?	?	Reguliere toelating, maar niet voor bladluis-bestrijding	
Lavendelolie		Contactwerking	?	?	Niet toegelaten voor bladluis-bestrijding	
Koolzaadolie (in combinatie met pyrethrinen)	Lelie, tulp	Uitvloeiing pyrethrinen, plakwerking	Beperkt	Beperkt	Reguliere toelating	
Knoflook- uienextract		?	Minimaal	schadelijk	Reguliere toelating, maar niet toegelaten voor bladluis-bestrijding	
Drimane(-)- polygodiaal		Anti-feedant	?	?	Niet toegelaten middel	
Biologische bestrijding						
<i>Chrysoperla carnea</i>		Predatie	n.v.t	?	Status n.v.t. Beschikbaar in Kleinverpakking	

<i>Adalia bipunctata</i>		Predatie	n.v.t	?	Status n.v.t. Beschikbaar in kleinverpakking	
Parasiterende wespen		Parasitatie	n.v.t	?	Status n.v.t. Beschikbaar in kleinverpakking	
<i>Macrolophus pygmaeus</i>		Predatie	n.v.t	?	Status n.v.t. Beschikbaar in kleinverpakking	
Signaalstoffen						
Seksferomonen		Lokken	?	?	Niet toegelaten voor bladluis- bestrijding	
Alarmferomonen		Verstoren	?	?	Niet toegelaten voor bladluis- bestrijding	
Planteigen signaalstoffen		Afwerend	?	?	Niet toegelaten voor bladluis- bestrijding	
Niet-chemische middelen en technieken						
Kieselgoer		Contactwerking	Minimaal	Beperkt	Niet toegelaten voor bladluis- bestrijding	
Vetzuren, kaliumzouten	Alle gewassen	Contactwerking	Minimaal	Beperkt	Reguliere toelating, in aanvraag voor basisstof	
RNA interferentie		Contactwerking	?	?	In onderzoeksfase	

- 1) Waar mogelijk gebaseerd op milieuprofielen uit de CLM-milieumeetlat (www.milieumeetlat.nl) en anders op basis van referenties die in de betreffende tekst worden gebruikt.

3.1.1 Synthetische middelen

In Tabel B2 in de bijlage staan de door Ctgb toegelaten gewasbeschermingsmiddelen tegen bladluizen voor de gewasgroepen die in dit rapport worden behandeld. De tabel is aangevuld met milieuprofielen uit de CLM-milieumeetlat (www.milieumeetlat.nl). Middelen op basis van flonicamid hebben een gunstig milieuprofiel, maar zijn beperkt bruikbaar als het gaat om de impact op bestuivers.

3.1.2 Plantextracten

Voor plantextracten hanteren we de definitie zoals gebruikt door het Ctbg (2017):

Een 'botanisch werkzame stof' bestaat uit een of meer componenten die in planten voorkomen en worden verkregen door planten of plantendelen van dezelfde soort te onderwerpen aan een proces zoals persen, malen, fijnmaken, destilleren en / of extraheren. Het proces kan verdere concentratie, zuivering en / of menging omvatten, op voorwaarde dat de chemische aard van de componenten niet opzettelijk wordt gewijzigd / veranderd door chemische en / of microbiële processen.

De grootste groepen plantextracten die wereldwijd gebruikt worden als insecticide zijn pyrethrinen, neem en etherische oliën, in mindere mate worden ook ryania, nicotine en sabadilla gebruikt. Quassia extract wordt ook genoemd, maar is in weinig landen toegelaten (Weinzierl, 1998). Ryania, nicotine, sabadilla en quassia zijn in Nederland niet toegelaten voor gewasbescherming. Daarnaast zijn er tal van plantenextracten die in onderzoek worden getest op insecticidewerking op bladluizen en waarbij meestal wel een effect wordt waargenomen (e.g. Peris en Kiptoo, 2017), maar waarvan de vraag is hoe dit in een praktijktoepassing zal werken. Omdat knoflookextract vaak wordt genoemd nemen we deze mee in onze analyse.

Pyrethrinen

Pyrethrinen worden gewonnen uit de gedroogde bloemen van *Tanacetum cinerariifolium*. Het werkingsmechanisme van de pyrethrinen grijpt aan op het zenuwstelsel van met name vliegende insecten. De chemische structuur van de pyrethrinen is de basis voor de huidige synthetische pyrethroïden, hoewel de huidige pyrethroïden weinig structurele overeenkomst meer hebben met pyrethrine en het moleculair werkingsmechanisme ook anders is (Isman, 2006; Weinzierl, 1998). In pure vorm is pyrethrine weinig toxisch voor zoogdieren. Voor natuurlijke vijanden is het middel beperkt toxisch. Pyrethrine is vrij instabiel in UV licht en daarmee niet heel geschikt voor gebruik in de open teelt tenzij het 's avonds wordt toegepast.

In fruitteelt hebben pyrethrinen enige werking op onder meer roze appelluis in appel. Mogelijk is dit middel het meest effectief wanneer gespoten op de seksuele generatie in het najaar (Alins et al., 2017). In Nederland worden pyrethrinen in middelen toegepast samen met koolzaadolie. Van de in dit rapport behandelde teelten zijn deze middelen alleen toegelaten in tulp en lelie (zie Tabel B2 in de bijlage).

Azadirachtine

Azadirachtin wordt gewonnen uit de zaden van de neem-boom *Azadirachta indica* nadat eerst de olie is verwijderd. De olie zelf kan ook effectief zijn tegen geleedpotigen met weke lichamen, maar is minder krachtig dan azadirachtin dat ingrijpt op de fysiologie van insecten waardoor de vervelling verstoord wordt en vrouwtjes onvruchtbaar worden. Azadirachtin als een werende stof, waardoor insecten de plant niet aanvreten, heeft op sommige planten ook een systemische werking. Net als pyrethrine wordt azadirachtin snel door zonlicht afgebroken en is daarmee niet zo geschikt in de open teelt tenzij het 's avonds wordt toegepast. De extractie van azadirachtin is relatief duur en het middel heeft geen snelle werking op insecten. Daarentegen heeft azadirachtin een zeer lage toxiciteit voor zoogdieren, vissen, bestuivers en natuurlijke vijanden (Isman, 2006; Weinzierl, 1998).

Azadirachtin is effectief zijn tegen verschillende bladluisoorten (Singh, 2020 e.a.) en is in Nederland toegelaten voor bladluisbestrijding in kool, tulp en appel (zie Tabel B2 in de bijlage). In aardappelen heeft azadirachtin alleen een toelating voor bestrijding van de coloradokever. Neemolie (als natuurlijke stof) is niet toegelaten als gewasbeschermingsmiddel. In de appelteelt wordt azadirachtin (NeemAzal T/S) effectief ingezet tegen roze appelluis (Schulz et al., 1993). Op peer kan dit middel niet worden gebruikt vanwege de sterk fytoxische effecten.

Brandnetelextract

Urtica spp. heeft een toelating als basisstof voor gewasbescherming tegen bladluizen in aardappel, peulvruchten, kool, spinazie en appel. Het middel heeft een anti-feedant effect op bladluizen door de aanwezigheid van cafeïnezuur afgeleide verbindingen en ceramiden (Verdinelli et al., 2013, geciteerd in Virgilio et al., 2015). Er zijn nauwelijks studies gedaan naar de werkzaamheid van dit extract op het beheersen van bladluizen en de studies die er zijn laten geen significant effect zien (Gaspari et al., 2007; Bozsik, 1996). Er zijn geen grootverpakkingen op de markt verkrijgbaar en het is daarom aan telers zelf om brandnetels te maaien en er een extract van te maken. Er zijn geen nadelige effecten bekend van brandnetelextract op het milieu. Het effect op niet-doelwit organismen is niet onderzocht.

Etherische oliën

Etherische oliën zijn vluchtige aromatische koolwaterstofverbindingen die door persing of (stoom)destillatie uit plantendelen worden verkregen. Er zijn vele typen etherische oliën van een reeks van plantensoorten en een groot deel heeft een insecticidewerking. Ikbal en Pavela (2019) hebben een uitgebreid review geschreven over het gebruik van etherische oliën voor gebruik als actieve stof tegen bladluizen. Etherische oliën uit de volgende vijf plantensoorten hadden een negatief effect op bladluizen in direct contact: Venkel (*Foeniculum vulgare*), Munt (*Mentha piperita* en *Mentha pulegium*), Basilicum (*Ocimum basilicum*) en Anijs (*Pimpinella anisum*). Sommige gezuiverde terpenoïden in etherische oliën zijn toxisch voor zoogdieren, maar de oliën zelf zijn meestal niet toxisch voor zoogdieren, vogels en vissen (Isman, 2006). Als breedwerkend middel zijn etherische oliën wel schadelijk voor bestuivers en natuurlijke vijanden. Door de vluchtige eigenschappen blijven etherische oliën niet lang werkzaam. Anders dan bij pyrethrine en azadirachtin zijn de productiekosten van etherische oliën relatief laag. Etherische oliën kunnen ook als damp worden toegediend in onder

een afgedekt gewas of afgesloten ruimte (fumigatie) en zodoende bladluizen afweren zonder contactwerking. Dit heeft echter geen toepassing voor de open teelten en wordt hier buiten beschouwing gelaten.

Etherische oliën die in Europa zijn toegelaten zijn sinaasappel-, karwij-, kruidnagel, munt-, uien- en citronella-olie. Sinaasappelolie heeft sinds 2019 een toelating voor bestrijding van bladluizen in snijbloemen en mijten in paprika, tomaat, snijbloem en komkommerachtigen en is in aanvraag voor een toelating in diverse buiten teelten (van der Meij, 2020). Uienolie is toegelaten als basisstof voor het afweren van wortelvlieg in wortel, maar heeft net als knoflookolie een insecticide en afwerende werking op de groene perzikbladluis *Myzus persicae* (Hori 1996). Munt, lavendel- en karwijolie hebben in Nederland alleen een toelating als kiemremmers voor aardappelen. Muntolie is hierboven al genoemd als veelbelovend middel tegen bladluizen. Lavendelolie heeft net als muntolie ook contactwerking tegen bladluizen (Ikbal en Pavela, 2019). Karwijolie wordt alleen genoemd als werkzaam tegen bladluizen in fumigatie toepassingen (Ikbal en Pavela, 2019).

Vette oliën

Vette oliën onderscheiden zich van etherische oliën omdat ze vet bezitten. Voor de gewasbescherming tegen bladluizen worden paraffine- en koolzaadolie toepast. Paraffineolie (minerale olie) wordt gewonnen uit aardolie en heeft een afstotende werking op bladluizen, daarnaast kan het in belangrijke mate de overdracht van non-persistent overgedragen virussen beperken. Koolzaadolie maakt de cuticula van het insect weker, waardoor pyrethrinen beter in het insect kunnen dringen, daarnaast heeft het een plakwerking op bladluizen en zorgt het voor een betere uitvloeiing van de pyrethrinen. Paraffineolie wordt toegepast in pootaardappelen en bloembollen. Koolzaadolie wordt toegepast in combinatie met pyrethrinen in lelie en tulp. Paraffineolie heeft een gunstig milieuprofiel, maar heeft wel negatieve invloed op bestuivers en bestrijders (zie Tabel B2 in de bijlage).

Knoflook- en uienextract

Knoflook- en uienextract hebben een negatief effect op plaaginsecten waaronder bladluizen (Durlán-Lara et al., 2020). In vergelijkingsstudies komt knoflookextract naar voren als een krachtig middel tegen bladluizen (Peris en Kiptoo, 2017; Magwenya et al., 2016), maar heeft het tegelijkertijd ook een negatief effect op sluipwespen en kan het een fytotoxisch effect veroorzaken (Peris en Kiptoo, 2017). In Nederland is knoflookextract alleen toegelaten als bestrijdingsmiddel tegen aaltjes.

Drimane(-)-polygodiaal

Drimane(-)-polygodiaal wordt gewonnen uit de waterpeper *Polygonum hydropiper* (Polygonaceae) en heeft een werking als een anti-feedant. In een studie bij het tegengaan van overdracht van gerstevergelingsvirus door bladluizen gaven drie behandelingen met de anti-feedant een vergelijkbaar resultaat als een toepassing van het breedspectrum pyrethroïde cypermethrine (Dawson et al. 1986, geciteerd in Suganda en Wardana, 1997). Drimane(-)-polygodiaal heeft geen toelating als gewasbeschermingsmiddel.

3.1.3 Biologische bestrijding

Biologische bestrijding van plaaginsecten wordt onderverdeeld in drie strategieën: 1) klassiek, waarbij een exotische natuurlijke vijand uit het gebied van oorsprong van een plaag (eenmaal) wordt geïntroduceerd om de plaag te bestrijden; 2) augmentatief, waarbij via kweek vermeerderde natuurlijke vijanden herhaaldelijk worden uitgezet om de plaag te bestrijden en; 3) conservering, waarbij van nature aanwezige antagonisten in stand worden gehouden en bevorderd. Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) maakt gebruik van de laatste categorie. Biologische bestrijding in de context van deze paragraaf valt onder augmentatieve biologische bestrijding. In de glasteelt wordt deze vorm van biologische bestrijding succesvol toegepast om bladluizen te bestrijden. De kosten van biologische bestrijding zijn doorgaans hoger dan die van chemische middelen. Voor open teelten, met een lager saldo per hectare, is het dan ook moeilijker om biologische bestrijders kosteneffectief in te zetten. Daar komt bij dat het klimaat niet kan worden gestuurd. Toch is massaproductie van natuurlijke vijanden om uit te zetten in de open teelt niet onmogelijk zoals voorbeelden uit de tropen laten zien (Rapisarda en Massimino Cocuzza, 2017). In Brazilië worden op grote schaal sluipwespen geproduceerd tegen onder andere de suikerrietboorder (*Diatraea saccharalis*) in suikerriet (Botelho

and Macedo, 2002) of wantsen in soja (Corrêa-Ferreira, 2002). In Europa worden in Zwitserland als sinds 1986 ei-parasitoïden uitgezet voor het bestrijden van de Europese maisstengelboorder (Bigler 1986). Hieronder volgt een opsomming van natuurlijke vijanden die commercieel beschikbaar zijn tegen bladluizen.

Larven van de *Chrysoperla carnea* (groene gaasvlieg) prederen op bladluis. Deze soort wordt al vanaf februari waargenomen als adult en voedt zich alleen met nectar, pollen en honingdauw op bloeiende kruiden. De larf verschijnt in mei en predeert op bladluis.

Het tweestippelig lieveheersbeestje *Adalia bipunctata* wordt momenteel alleen gedurende een bepaalde periode van het jaar in bomen van gemeenten uitgezet tegen bladluis.

Verskillende parasiterende wespen zijn commercieel beschikbaar en worden toegepast in de zachtfruitteelt. Mengsels van *Aphidius ervi*, *A. colemani*, *Aphelinus abdominalis*, *Praon volucre* en *Ephedrus cerasicola* worden onder meer in de teelt van bessen en frambozen uitgezet tegen bladluizen. Daarnaast zijn er kweeksystemen, bankierplanten beschikbaar om natuurlijke vijanden te voeden in afwezigheid van plaaginsecten (Ervibank met de bladluis *Sitobion avenae* als voedselbron).

Macrolophus pygmaeus (bosandoornblindwants), een roofwants die al in april buiten wordt waargenomen, is effectief tegen *Myzus persicae* (Kruidhof et al, 2020). In kasteelten kan deze roofwants schade veroorzaken, waaronder slechte vruchtzetting, bloemabortie, onregelmatig gevormde bloemen, vruchten of trossen en voedingsstippen op de vruchten. Schade aan gewassen in de buitenteelt is niet bekend.

Entomopathogene schimmels kunnen onder andere bladluizen kunnen infecteren. Er zijn veel lokale soorten die echter alleen te vermeerderen zijn op de luis zelf, waardoor grootschalige productie vaak een probleem is. Verder is het nog niet gelukt om een epidemische sterfte te veroorzaken. Entomophthora-soorten treden vooral in de herfst op wanneer bladluizen geen groot probleem meer zijn. Andere soorten zijn werkzaam in de zomer als het vochtig is, maar het is nog niet gelukt het abiotische klimaat zo te sturen dat er een grote sterfte optreedt wanneer dat vanuit het oogpunt van plaagbestrijding relevant is. Onderzoek aan entomopathogene schimmels voor bladluisbeheersing richt zich daarom vooralsnog op de kasteelt waar het abiotische klimaat wel te sturen is.

3.1.4 Signaalstoffen

Signaalstoffen (semiochemicaliën) zijn stoffen die door planten, dieren en andere organismen worden afgegeven om te communiceren. Ze kunnen verschillende functies hebben: lokken, het gedrag verstoren of afweren. Als signaalstoffen worden ingezet als bestrijdingsmethode hebben ze een toelating nodig. Er zijn in Nederland geen toelatingen van signaalstoffen voor gewasbescherming tegen bladluizen. De synthese van signaalstoffen komt heel precies, waarbij de juiste zuiverheid en verhouding van isomeren meespeelt. Op dit moment vindt syntheses van bladluisferomonen alleen plaats op labniveau en is het nog niet mogelijk de productie op te schalen voor veldtoepassingen. De voorbeelden hieronder geven een overzicht van onderzoek aan toepassingen van signaalstoffen voor bladluisbestrijding.

Seksferomonen

Nepetalactone en nepetalactol zijn componenten van seksferomonen van bladluizen en zouden toegepast kunnen worden voor het massaal wegvangen van mannelijke bladluizen in het najaar (Geng et al 1997), met name daar waar bladluizen een plaag zijn op de primaire gastheer, zoals in fruitboomgaarden (Dewirst, 2010). Voor de bestrijding van aardappeltopluis (*Macrosiphum euphorbiae*) werden seksferomonen getest voor gebruik in een IPM-systeem, maar hoewel ze succes hadden in de windtunnel, werden tijdens drie jaar veldproeven in Canada niet veel mannetjes gevangen (Goldansaz, 2004). Er zijn veel stereo-isomeren van de seksferomonen en per bladluis soort verschilt welke isomeer en in welke verhouding ze een reactie teweegbrengen. Het produceren van de juiste stereo-isomeren in de juiste verhoudingen komt heel nauw en de productie van seksferomonen is vooralsnog erg duur. Voor de roze appelluis bleken er naast het seksferomoon van het vrouwtje ook plantengeurstoffen mee te spelen om mannetjes aan te trekken (van Tol et al., 2009). Het lokken van

bladluizen met seksferomonen is complex en heeft geen korte termijn perspectief voor gewasbescherming.

Seksferomonen van bladluizen hebben ook een effect op het gedrag van parasitoïden van bladluis (Glinwood et al., 1998; Hardie et al., 1991; Lilley et al., 1994; Powell et al., 1993) en zouden gebruikt kunnen worden om natuurlijke populaties van de parasitoïden te manipuleren om bladluizen te bestrijden. Nakashim et al. (2016) liet in veldplots in luzerne zien dat in plots waar het seksferomoon werd verspreid de bladluisaantallen werden onderdrukt en parasitisme was verhoogd in vergelijking met de controle plots. Een stap verder is om sluipwespen – naast ze aan te trekken in het perceel – uit de rand te 'pushen' met signaalstoffen die afgescheiden worden door lieveheersbeestjes zoals Nakashim et al. (2004) liet zien. Deze en andere experimenten tonen aan dat het principe werkt, maar de techniek is nog niet geschikt voor toepassing op grote schaal. Een risico van het lokken van parasitoïden is dat er verwarring kan optreden, waarbij de sluipwesp wel het veld, maar niet de bladluiskolonie kan lokaliseren.

Powell et al. (1998) beschrijven een ander parasitoïde managementsysteem op basis van bladluisseksferomoon. In de herfst, als de parasitoïden zijn gedwongen om het geoogste gewas te verlaten, worden seksferomonen rondom het veld geplaatst om de parasitoïden naar de akkerranden te lokken waar ze overwinteren als poppen. De volgende lente komen de parasitoïden tevoorschijn en herkoloniseren snel de gewassen waarbij een betere synchronisatie optreedt met de binnenvallende bladluizen (Powell et al., 1998).

Een stap verder dan het aantrekken van natuurlijke vijanden is het weglukken van de hyperparasitoïden. Hyperparasitoïden zijn sluipwespen die een eitje leggen in een bladluis die al door een primaire parasitoïd was geparasiteerd. De hyperparasitoïde voedt zich op de pop van de primaire parasitoïde en voorkomt zo de populatiegroei van de primaire parasitoïde. Onderzoek naar hyperparasitoïden richt zich op dit moment op de kasteelt van paprika waar ze voor aanzienlijke reductie van de primaire parasitoïde kunnen zorgen (de Boer et al., 2020).

Alarmstoffen

Als reactie op gevaar produceren bladluizen de alarmstof (E)- β -farneseen (EBF) wat er voor dient om andere bladluizen te waarschuwen (Vandermoten et al., 2012). Wanneer toegevoegd als een synergist aan een bestrijdingsmiddel kan EBF de werking van het middel vergroten, omdat het bladluizen activeert waardoor de kans dat het bestrijdingsmiddel het insect treft wordt vergroot. Toevoeging van een signaalstof als synergist kan vooral interessant zijn bij plaaginsecten die niet goed geraakt worden door een gewasbeschermingsmiddel, doordat ze verscholen zitten in het gewas. Bij niet-persistente virusoverdracht moet onrust onder bladluizen juist worden vermeden, omdat ze daardoor juist sneller van plant naar plant bewegen en virus kunnen verspreiden. Eind jaren '90 was in Nederland het middel Panic tijdelijk toegelaten voor gebruik in sla tegen luis. Dit middel bevatte EBF als synergist. Problemen met de toelatingsregistratie en bijkomende hoge investeringskosten noopten de fabrikant het product echter van de markt te halen (Van Rozen en De Kogel, 2011). Net als bij seksferomonen zijn er ook van EBF verschillende stereo-isomeren, waarbij er slechts bepaalde varianten actief zijn.

EBF kan ook worden ingezet om bladluizen te weren of de aantrekking tot het gewas te verstoren. Etherische olie van *Hemizygia petiolata* (Lamiaceae) bevat hoge gehalten aan EBF; onderzoek met de olfactometer liet in afstotende effecten zien tegen de erwtenbladluis *Acyrtosiphon pisum* en de graanbladluis *Sitobion avenae* en het verstoort de aantrekking tot de waardplant van de groene perzikluis *Myzus persicae* (Bruce et al., 2005). Veldonderzoek met een slow release formulering resulteerde in significant lagere aantallen erwtenbladluizen *A. pisum* in vergelijking met onbehandeld (Bruce et al., 2005).

Planteigen signaalstoffen

Als reactie op aantasting door insecten produceren planten vluchtige stoffen die als repellent kunnen fungeren voor plaaginsecten. Cis-jasmone is een voorbeeld van zo'n vluchtige stof die door planten wordt aangemaakt. In lab- en veldproeven was deze stof, die werd afgegeven door een dispenser, afwerend voor onder meer graanluizen in wintertarwe en verminderde het de groei van bladluiskolonies (Birkett et al., 2000; Pettersson et al., 1994). Cis-jasmone fungeert als een

signaalstof voor andere planten om hun verdediging 'aan te zetten' en recent hebben Islam et al. (2020) laten zien dat wanneer aardappelplanten met cis-jasmone werden behandeld de vermenigvuldigingssnelheid en overlevingskans van bladluizen afnam. Dit effect was zichtbaar tot zeven dagen na de behandeling.

Andere signaalstoffen die door planten worden afgegeven als ze worden aangetast trekken juist natuurlijke vijanden van het plaaginsect aan (Stenberg, 2015). In sommige gevallen is deze eigenschap van planten in de moderne veredeling verloren gegaan zoals het geval is bij mais waarbij de meeste geteste cultivars niet meer in staat waren signaalstoffen te produceren in reactie op ovipositie door de maisstengelboorder en wat op zijn beurt parasitoïden aantrekt (Stenberg, 2015). In andere gewassen zijn het juist de veredelde gewassen die meer signaalstof produceren dan de wild-typen zoals het geval is bij bonen en kool (Stenberg, 2015 en referenties daarin). Als dit tri-trofische systeem meer aandacht krijgt in veredelingsprogramma's en vergelijkend rassenonderzoek wordt het voor telers mogelijk om rassen te kiezen die het vermogen hebben om natuurlijke vijanden aan te trekken.

3.1.5 Niet-chemische middelen en technieken

Kieselgoer (Diatomeeënaarde)

Kieselgoer is zeer fijn, krijtachtig wit poeder en bestaat uit sediment met versteende overblijfselen van eencellige algen (kiezelwieren met een exoskelet van siliciumdioxide) die gedurende miljoenen jaren ophoopten en nu wordt ontgonnen. Kieselgoer tast het cuticulum van insecten aan waardoor deze uitdrogen (Mewis en Ulrichs, 1999). Het wordt met name veel gebruikt bij het bestrijden van insecten in de bewaring van producten, maar kan toegepast worden voor het bestrijden van insecten in de open teelten waaronder bladluizen. Ulrichs et al. (2001) namen een betere bestrijding van bladluizen in bonen waar wanneer kieselgoer was toegevoegd aan het bestrijdingsmiddel (azadirachtin) dan wanneer alleen azadirachtin zonder kieselgoer was toegepast. Kieselgoer is in Nederland alleen toegelaten als biocide tegen mieren of tegen mijten en insecten op dieren.

Zepen

Zepen zijn contactinsecticiden; om effectief te zijn, moeten ze rechtstreeks op de plaaginsecten worden gespoten of de plaaginsecten moeten erin terecht komen terwijl het nog nat is. Opgedroogde resten hebben geen residuwerking tegen plaaginsecten. Zepen zijn het meest effectief tegen insecten met een teer lichaam zoals bladluizen, maar kunnen ook lieveheersbeestjes, gaasvliegen en andere natuurlijke vijanden doden (Weinzierl, 1998).

Een zeep bestaat uit een zout van een vetzuur en als gewasbeschermingsmiddel zijn vetzuren en kaliumzouten toegelaten onder de merknaam Flipper. Flipper is nu nog een middel dat onder de oude regeling uitzondering bestrijdingsmiddelen (RUB) valt. Tot de afronding van de reguliere toelatingsprocedure mag Flipper volgens de RUB-regeling geldende voorwaarden worden toegepast in alle land- en tuinbouwteelten in Nederland. De werkzame stoffen van de RUB-middelen zijn laag-risicostoffen, maar het hangt uiteindelijk ook van het geformuleerde product af of het middel onder de laag-risicostoffen wordt ingedeeld. Flipper is in onderzoek voor toelating als Laag-risicogewas-beschermingsmiddel.

RNA interferentie

RNA silencing of RNA interferentie (RNAi) is een techniek waarbij door middel van dubbelstrengs (ds) RNA-moleculen specifieke genen van een organisme worden uitgeschakeld (silenced) (Mamta en Rajan, 2017). Het is een mechanisme dat cellen onder meer gebruiken om zich tegen virussen te verdedigen, maar het is ook waargenomen in planten als verdediging tegen insecten. In theorie zouden met deze techniek heel specifiek plaaginsecten kunnen worden bestreden door ofwel dsRNA-moleculen op het gewas te spuiten of deze door de plant te laten produceren door middel van genetische modificatie. In het plaaginsect zetten dsRNA-moleculen ook het interferentiemechanisme aan waardoor de aanmaak van essentiële eiwitten stil kan worden gelegd en het plaaginsect sterft. Voor virussen zijn er in verschillende gewassen via genetische modificatie resistenties ingebouwd door middel van RNAi (Rosa et al., 2018). Wat insecten betreft is er in de Verenigde Staten sinds 2017 een product op de markt waarbij via RNAi transgene maisplanten beschermd zijn tegen de maiswortelboorder. Een jaar later echter werd er al melding gemaakt van resistente populaties

maiswortelboorders (Khajuria et al., 2018). Onderzoek naar RNAi bij bladluizen laat zien dat hoge afdodingspercentages bereikt kunnen worden bij onder meer de groene perzikluiz *Myzus persicae* (Tariq et al, 2019; Yan et al, 2020). Het gebruik van de RNAi-benadering voor de bestrijding van ongedierte op veldniveau staat echter nog in de kinderschoenen en veel obstakels moeten worden verwijderd voordat het een levensvatbare strategie voor insectenbestrijding wordt (Mamta en Rajan, 2017).

3.2 Conclusie curatieve bestrijding bladluizen

Er zijn veel middelen die een effect hebben op bladluispopulaties. In deze studie hebben we een overzicht gegeven van middelen en technieken die minimale impact hebben op het milieu en bestuivers en natuurlijke vijanden. De effectiviteit van deze middelen en technieken is niet altijd even duidelijk en het zal van de situatie afhangen hoe effectief een middel is. Een tweede aspect is de beschikbaarheid van middelen. Het is aan fabrikanten om producten aan te melden voor een toelating en de toelatingsprocedure kan meerdere jaren duren en hoge kosten met zich meebrengen. Een probleem bij de toelating van sommige middelen is dat het voor fabrikanten niet altijd lonend is om te investeren in een toelatingsprocedure als vervolgens andere fabrikanten daar op kunnen meeliften.

Van de op dit moment toegelaten middelen zijn producten op basis van azadirachtin (NeemAzal-T/S), flonicamid (Hinode, Teppeki), vetzuren, kaliumzouten (Flipper) en brandnetelextract (*Urtica spp.*) het minst belastend voor het milieu en voor niet-doelwitorganismen bij toepassing in de praktijk. Brandnetelextract is niet in grootverpakking beschikbaar en de effectiviteit voor bladluisbestrijding is discutabel.

Als we kijken naar de op korte termijn beschikbare middelen dan kunnen we hier kieselgoer, sinaasappel-, uien-, munt en lavendelolie aan toevoegen. Deze middelen zijn commercieel beschikbaar, maar hebben nu een toelating voor andere toepassingen dan bladluisbestrijding en het vergt daarom relatief minder inspanning om een toelating voor bladluisbestrijding aan te vragen zoals voor sinaasappelolie al het geval is. Van deze middelen heeft muntolie de sterkste werking tegen bladluizen, maar dit zal moeten worden afgewogen tegen eventuele fytotoxische effecten en nevenwerking op natuurlijke vijanden en bestuivers. Het is goed denkbaar dat toevoeging van deze middelen aan bestaande producten de effectiviteit daarvan kan vergroten, zoals bijvoorbeeld voor kieselgoer in combinatie met azadirachtin het geval is. Voor plantextracten en etherische oliën die niet op de Europese lijst (Regulation 540/2011/EU) van toegelaten stoffen staan is niet te verwachten dat deze op korte termijn beschikbaar komen voor bladluisbestrijding.

Met het uitzetten van biologische bestrijders voor bladluisbestrijding in de open teelten is alleen ervaring in de (intensieve) zachtfruitteelt, maar er lijken ook kansen te liggen voor andere teelten. Er zijn soorten beschikbaar die zich in het Nederlandse klimaat goed in het veld kunnen handhaven. Gezien de ervaringen in de bedekte teelten zijn hier op relatief korte termijn resultaten van te verwachten.

Toepassing van seksferomonen lijkt in eerste instantie kansrijk voor signalering van bladluizen in de herfst, maar het gebruik als bestrijdingstechniek is ver weg. Toepassing van alarmferomonen is kansrijker en heeft in het verleden al een toepassing gehad. Geïnduceerde afweer door planten, bijvoorbeeld door cis-jasmone, zit in veel gevallen nog op het niveau van fundamenteel onderzoek. Hetzelfde geldt voor het exploiteren van plantengeurstoffen die natuurlijke vijanden aantrekken. RNA interferentie is vooralsnog alleen beschikbaar voor virussen en maiswortelboorder in mais via genetische modificatie van planten. Aangezien deze techniek in Europa controversieel is zal die hier niet snel een toelating krijgen. Dat probleem speelt minder bij het toepassen van bestrijdingsmiddelen op basis van RNAi, al is ook deze techniek nog ver verwijderd van een toepassing.

Bijlage 1

Tabel B1 Overzicht van bladluisoorten per gewas en de problemen die ze veroorzaken. De ernst van problemen is een combinatie van voorkomen van de bladluis en problemen die ze veroorzaken.

Soortnaam	Nederlandsenaam	Waardplantwieling	Selektie generatie	Aardappel 1	Biet 2	Graan 3	Peen 4	Erwt en boon 5	Kool 6	Sja 7	Spinazie 8	Appel 9	Peer 9	Tulp 10	Lek 11
<i>Acyrtosiphon loti</i>														x	
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Erwtbladluis	ja	ja	x				x						x	x
<i>Anoecia corni</i>	Kornoeljeluis														x
<i>Aphis fabae</i>	Zwarte bonenluis	ja	ja	x	x			x			x			x	x
<i>Aphis frangulae</i>	Vuilboomluis	ja	ja	x										x	x
<i>Aphis gossypii</i>	Katoenluis	ja	ja	x						x				x	x
<i>Aphis nasturtii</i>	Wegedoornluis	ja	ja	x										x	x
<i>Aphis pomi</i>	Groene appeltakluis	nee	ja								x				
<i>Aulacorthum solani</i>	Boterbloemluis	ja	ja	x	x										
<i>Aulacortum circumflex</i>	Gevlekte bladluis													x	
<i>Brachycaudus persicaecola</i>	Perzikkortstaartluis			x											
<i>Brevicoryne brassicae</i>	Melige koolluis			x				x					x	x	
<i>Capitophorus hippophaes</i>															x
<i>Cavariella aegopodii</i>	Zevenbladluis					x									
<i>Cavariella theobaldi</i>	Groene pastinaakluis														x
<i>Dysaphis devector</i>	Bloedvlekkenluis	nee	ja								x				
<i>Dysaphis plantaginea</i>	Roze appelluis	ja	ja								x				
<i>Dysaphis pyri</i>	Roze perenluis	ja	ja										x		
<i>Dysaphis tulipae</i>	Grijze bollenluis													x	
<i>Eriosoma lanigerum</i>	Appelbloedluis	nee	nee								x				
<i>Hyalopterus pruni</i>	Melige pruimluis													x	x
<i>Hyperomyzus lactucae</i>	Groene melkdistelluis													x	x
<i>Hyperomyzus pallidus</i>	Bleke melkdistelluis														x
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Aardappeltopluis	ja	zelden	x	x				x						
<i>Metopolophium dirhodum</i>	Roosgrasluis			x		x								x	x
<i>Myzus ascalonicus</i>	Sjalotteluis	nee		x	x										
<i>Myzus persicae</i>	Groene perzikluis	ja	ja	x	x			x		x	x			x	x
<i>Nasonovia ribisnigri</i>	Groene slaluis									x				x	x
<i>Phorodon humuli</i>	Hopluis			x											
<i>Rhopalosiphum insertum</i>	Appelgrasluis	ja	ja	x							x	x			x
<i>Rhopalosiphum padi</i>	Vogelkersluis			x		x								x	x
<i>Sitabion avenae</i>	Grote graanluis					x								x	x
<i>Uroleucon sonchi</i>	Bruine slaluis									x				x	

1 NAK, Laatst twee jaar veel aangetroffen en/of hoge REF waarde

2 IRS

3 Darwinkel (1997)

4 Schoneveld en Zwanepol (1991)

5 Neuvel et al. (1995)

6 Everaarts et al. (1990)

7 Kraker et al. (1994)

8 Kraker et al. (1991)

9 Blackman and Eastop (1984)

10 Knock et al. (2009)

11 Kock et al. (2013; 2009)

x	wordt aangetroffen
x	met name zuigschade/groeiachterstand/vervorming
x	met name virusoverdracht

Tabel B2 Toegelaten middelen voor bladluis bestrijding in de aangegeven teelten
(<https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>) aangevuld met de bijbehoren
milieueffecten uitgaande van 3-6% organische stof en toediening in maart-augustus
(CLM-Milieumeetlat, milieumeetlat.nl).

Middelnaam	Werkzame stof(fen)	Expiratie- datum	Aardappel	Biet	Graan	Wortelen	Peulvruchten	Kool	Sla	Spinazie	Tulp	Lelie	Appel	Peer	Waterleaven	Bodemleaven	Grondwater	Bestuivers	Bestrijders
NeemAzal-T/S	azadirachtin	31-05-2022	x					x			x		x	x				A	A
Oikos	azadirachtin	31-05-2025							x	x								A	A
Hinode	flonicamid	01-05-2024	x	x	x		x	x			x	x	x	x				B	A
Teppeki	flonicamid	01-05-2024	x	x	x		x	x			x	x	x	x				B	A
Batavia	spirotetramat	30-04-2025	x			x		x	x		x	x	x	x				B	B
Movento	spirotetramat	30-04-2025	x			x		x	x	x	x	x	x	x				B	B
VSM spirotetramat 100 SC	spirotetramat	30-04-2025	x						x	x	x	x	x	x				B	B
Kompaan	paraffineolie	31-12-2021	x								x	x						B	B
Olie-H	paraffineolie	31-12-2021	x								x	x						B	B
Flipper	vetzuren, kaliumzouten		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				?	?
Promanal-R concentraat	koolzaadolie, pyrethrinen	31-08-2021									x	x						?	B
Pyrethrum-biol spray	koolzaadolie, pyrethrinen	31-08-2021									x	x						?	B
Raptol	koolzaadolie, pyrethrinen	31-08-2021									x	x						?	B
Solabiol Insectenmiddel conc.	koolzaadolie, pyrethrinen	31-08-2021									x	x						?	B
Spruzit-R concentraat	koolzaadolie, pyrethrinen	31-08-2021									x	x						?	B
Pirimor	pirimicarb	01-12-2024	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x				B	A
Sivanto Prime	flupyradifuron	09-12-2026							x		x	x	x	x				B	?
Antilop	acetamiprid	01-01-2021	x								x	x						B	C
Gazelle	acetamiprid	01-01-2021	x					x			x	x	x	x				B	C
VSM acetamiprid 20 WG	acetamiprid	01-01-2021	x					x			x	x	x	x					
Cyperkill 250 EC	cypermethrin	31-10-2020			x													C	C
Decis	deltamethrin	01-01-2023	x		x						x	x						B	C
Decis Protech	deltamethrin	31-10-2020	x		x						x	x						B	C
Imex-Deltamethrin E.C. 25	deltamethrin	01-01-2023	x		x						x	x						B	C
WOPRO deltamethrin	deltamethrin	01-01-2023	x		x						x	x						B	C
Sumi-Alpha 2.5 EC	esfenvaleraat	01-12-2020	x		x						x	x						C	C
Sumicidin Super	esfenvaleraat	01-12-2020	x		x						x	x						C	C
Bariard	thiacloprid	03-08-2020	x	x							x	x						B	C
Calypso	thiacloprid	03-08-2020	x	x		x	x	x			x	x	x	x				B	C
Dadian	thiacloprid	17-01-2020	x	x							x	x	x	x					
Vydate 10G 2)	oxamyl	31-01-2022	x	x														C	C
Nemathorin2)	fosthiazaat	31-10-2020	x															C	?
Force3)	tefluthrin	01-05-2021		x														C	C
Goldorak	lambda-cyhalothrin	01-10-2021	x		x					x	x	x						C	C
Karate Zeon	lambda-cyhalothrin	01-10-2021	x		x					x	x	x						C	C
Ninja	lambda-cyhalothrin	01-10-2021	x		x					x	x	x						C	C
Closer	Sulfoxaflor	18-08-2026	x	x				x			x	x						C	C
Sequoia	Sulfoxaflor	18-08-2026	x					x			x	x							

Literatuur

- Ahmadvand, R., Takács, A., Taller, J., Wolf, I., & Polgár, Z. (2012). Potato viruses and resistance genes in potato. *Acta Agronomica Hungarica*, 60(3), 283–298. <https://doi.org/10.1556/AAgr.60.2012.3.10>
- Alins, G., Alegre, S., & Avilla, J. (2017). Alternative to azadirachtin to control *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphidae) in organic apple production. *Biological Agriculture and Horticulture*, 33(4), 235–246. <https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1333454>
- Alvarez, A. E., Tjallingii, W. F., Garzo, E., Vleeshouwers, V., Dicke, M., & Vosman, B. (2006). Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing *Solanum* species to the aphid *Myzus persicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(2), 145–157. <https://doi.org/10.1111/j.1570-8703.2006.00464.x>
- Alyokhin, A., Nault, B., & Brown, B. (2020). Soil conservation practices for insect pest management in highly disturbed agroecosystems – a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(1), 7–27. <https://doi.org/10.1111/eea.12863>
- Angeli, G., & Simoni, S. (2006). Apple cultivars acceptance by *Dysaphis plantaginea* Passerini (Homoptera: Aphididae). *Journal of Pest Science*, 79(3), 175–179. <https://doi.org/10.1007/s10340-006-0129-6>
- Aqueel, M. A., Collins, C. M., Raza, A. bakar M., Ahmad, S., Tariq, M., & Leather, S. R. (2014). Effect of plant nutrition on aphid size, prey consumption, and life history characteristics of green lacewing. *Insect Science*, 21(1), 74–82. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12019>
- Barker, J. E., Holaschke, M., Fulton, A., Evans, K. A., & Powell, G. (2007). Effects of kaolin particle film on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) behaviour and performance. *Bulletin of Entomological Research*, 97(5), 455–460. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005093>
- Basagli, M. A. B., Moraes, J. C., Carvalho, G. A., Ecole, C. C., & Gonçalves-Gervásio, R. de C. R. (2003). Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plants to the green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 32(4), 659–663. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2003000400017>
- Beeldenbank. (2020). *Groene slaluis*. <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/BEEL/Groene+slaluis>
- Bell, J. R., Alderson, L., Izera, D., Kruger, T., Parker, S., Pickup, J., Shortall, C. R., Taylor, M. S., Verrier, P., & Harrington, R. (2015). Long-term phenological trends, species accumulation rates, aphid traits and climate: Five decades of change in migrating aphids. *Journal of Animal Ecology*, 84(1), 21–34. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12282>
- Bigler, F. (1986). Mass production of *Trichogramma maidis* Pint. et Voeg. and its field application against *Ostrinia nubilalis* Hbn. in Switzerland. *Journal of Applied Entomology*, 101, 23–29. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjghwrj.14>
- Bin, Z. (2019). *The abundance of aphids and natural enemies in diversified sugar beet cropping system in Lelystad, the Netherlands (unpublished)*. Wageningen University and Research.
- Birkett, M. A., Campbell, C. A. M., Chamberlain, K., Guerrieri, E., Hick, A. J., Martin, J. L., Matthes, M., Napier, J. A., Pettersson, J., Pickett, J. A., Poppy, G. M., Pow, E. M., Pye, B. J., Smart, L. E., Wadhams, G. H., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (2000). *New roles for cis-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense* (Vol. 97, Issue 16). www.pnas.org
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (1984). *Aphids on the world crops*. John Wiley & Sons.
- Blümel, S., & Hausdorf, H. (1996). Greenhouse trials for the control of aphids on cut-roses with the chalcid *Aphelinus abdominalis* Dalm. (Aphelinidae, Hymen.). *Anzeiger Fur Schadlingskunde*, 69(3), 64–69. <https://doi.org/10.1007/BF01906278>
- Boiteau, G., Singh, M., & Lavoie, J. (2009). Crop border and mineral oil sprays used in combination as physical control methods of the aphid-transmitted potato virus Y in potato. *Pest Management Science*, 65(3), 255–259. <https://doi.org/10.1002/ps.1679>
- Bommarco, R., Wetterlind, S., & Sigvald, R. (2007). Cereal aphid populations in non-crop habitats show strong density dependence. *Journal of Applied Ecology*, 44(5), 1013–1022. <https://doi.org/10.1046/j.0021-8901.2007.01332.x>
- Bos, D., & Bus, C. B. (2001). *Onderzoek naar de noodzaak van verfijning bladluismonitoring in de pootaardappelteelt*.
- Bosem Baillod, A., Tscharrntke, T., Clough, Y., & Batáry, P. (2017). Landscape-scale interactions of spatial and temporal cropland heterogeneity drive biological control of cereal aphids. *Journal of Applied*

- Ecology*, 54(6), 1804–1813. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12910>
- Bozsisik, A. (1996). Studies on aphicidal efficiency of different stinging nettle extracts. *Anzeiger Fur Schadlingskunde*, 69(1), 21–22. <https://doi.org/10.1007/bf01905863>
- Bruce, T. J. A., Birkett, M. A., Blande, J., Hooper, A. M., Martin, J. L., Khambay, B., Prosser, I., Smart, L. E., & Wadhams, L. J. (2005). Response of economically important aphids to components of *Hemizygia petiolata* essential oil. *Pest Management Science*, 61(11), 1115–1121. <https://doi.org/10.1002/ps.1102>
- Buckland, K. R., Alston, D. G., Reeve, J. R., Nischwitz, C., & Drost, D. (2017). Trap Crops in Onion to Reduce Onion Thrips and Iris Yellow Spot Virus. *Southwestern Entomologist*, 42(1), 73–90. <https://doi.org/10.3958/059.042.0108>
- Bus, C. B., van Loon, C. D., & Veerman, A. (1996). *Teelt van Pootaardappelen*.
- Bus, V. G.M., Chagné, D., Bassett, H. C. M., Bowatte, D., Calenge, F., Celton, J. M., Durel, C. E., Malone, M. T., Patocchi, A., Ranatunga, A. C., Rikkerink, E. H. A., Tustin, D. S., Zhou, J., & Gardiner, S. E. (2008). Genome mapping of three major resistance genes to woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.). *Tree Genetics and Genomes*, 4(2), 223–236. <https://doi.org/10.1007/s11295-007-0103-3>
- Bus, Vincent G.M., Bassett, H. C. M., Bowatte, D., Chagné, D., Ranatunga, C. A., Ulluwishewa, D., Wiedow, C., & Gardiner, S. E. (2010). Genome mapping of an apple scab, a powdery mildew and a woolly apple aphid resistance gene from open-pollinated Mildew Immune Selection. *Tree Genetics and Genomes*, 6(3), 477–487. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0265-2>
- Cao, H. H., Zhang, Z. F., Wang, X. F., & Liu, T. X. (2018). Nutrition versus defense: Why *Myzus persicae* (green peach aphid) prefers and performs better on young leaves of cabbage. *PLoS ONE*, 13(4), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196219>
- Christiansen-Weniger, P., & Hardie, J. (1998). Wing development in parasitized male and female *Sitobion fragariae*. *Physiological Entomology*, 23(3), 208–213. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.1998.233082.x>
- Collier, R. H., & Finch, S. (2017). IPM Case Studies: Brassicas. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests* (pp. 578–584).
- Corrêa-Ferreira, B. S., & De Azevedo, J. (2002). Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 145–150. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00136.x>
- Ctgb. (2017). *Evaluation Manual for the Authorisation of Biopesticides according to Regulation (EC) No 1107/2009 (version 1.0)*. <file:///C:/Users/Allem001/AppData/Local/Temp/Evaluation+Manual+Biopesticides+v1.0.pdf>
- Dahlin, I., Rubene, D., Glinwood, R., & Ninkovic, V. (2018). *Pest suppression in cultivar mixtures is influenced by neighbor-specific plant-plant communication*.
- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L. G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S., Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Letourneau, D. K., ... Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, 5(10), eaax0121. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>
- Darwinkel, A. (1997). Teelthandleiding wintertarwe. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV*.
- de Boer, J. G., Hollander, P. J., Heinen, D., Jagger, D., van Sliedregt, P., Salis, L., Kos, M., & Vet, L. E. M. (2020). Do plant volatiles confuse rather than guide foraging behavior of the aphid hyperparasitoid *Dendrocercus aphidum*? *Chemoecology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00049-020-00321-5>
- de Kock, M., Lemmers, M., van Dalen, L., Pham, K., & Stijger, I. (2009). *Non-persistente virusoverdracht door bladluizen in bloembollen*. https://www.researchgate.net/publication/37789137_Non-persistente_virusoverdracht_door_bladluizen_in_bloembollen
- de Kraker, J., Bosch, H., Titulaer, H. H. H., Jonkers, J., Ester, A., Meier, R., & Kramer, C. F. G. (1991). *Teelt v an spinazie*.
- Dedryver, C. A., Le Gallic, J. F., Haack, L., Halkett, F., Outreman, Y., & Simon, J. C. (2008). Seasonal and annual genotypic variation and the effect of climate on population genetic structure of the cereal aphid *Sitobion avenae* in northern France. *Bulletin of Entomological Research*, 98(2), 159–168. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005500>
- Dedryver, Charles Antoine, Le Ralec, A., & Fabre, F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus - Biologies*, 333(6–7), 539–553. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.03.009>
- Delphy. (2020). *Handleiding gewasbescherming, akkerbouw en veehouderij 2020*.
- Devegili, A. M., Alma, A. M., Lescano, M. N., & Farji-Brener, A. G. (2019). Wind matters: Asymmetric distribution of aphids on host plants can be explained by stems functioning as windbreaks. *Austral*

- Dewhurst, S. Y., Pickett, J. A., & Hardie, J. (2010). Aphid Pheromones. *Vitamins and Hormones*, 83(C), 551–574. [https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(10\)83022-5](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(10)83022-5)
- Dhall, R. K. (2015). Breeding for Biotic Stresses Resistance in Vegetable Crops : A Review Breeding for Biotic Stresses Resistance in Vegetable Crops : A Review. *STM Journals*, 4(January), 13–27.
- Dhanju, K. S., Chowfla, S. C., & Handa, A. K. (1995). Effect of barrier crops and spacing on the incidence of mosaic disease and yield of French bean. *Legume Research*, 18, 113–116.
- Di Virgilio, N., Papazoglou, E. G., Jankauskiene, Z., Di Lonardo, S., Praczyk, M., & Wielgusz, K. (2015). The potential of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a crop with multiple uses. *Industrial Crops and Products*, 68, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.012>
- Difonzo, C. D., Ragsdale, D. W., Radcliffe, E. B., Gudmestad, N. C., & Secor, G. A. (1996). Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. *Annals of Applied Biology*, 129(2), 289–302. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb05752.x>
- Dixon, A. F. G. (1991). Ecological interactions of aphids and their host plants. In R. K. Campbell & R. D. Eikenbary (Eds.), *Aphid-plant genotype interactions* (pp. 7–19). Elsevier.
- Duffus, I. E. (1983). Epidemiology and control of aphid-borne virus diseases in California. In R. T. Plumb & J. M. Thresh (Eds.), *Plant Virus Epidemiology* (pp. 221–228). Blackwell.
- Duffus, J. E. (1971). Role of Weeds in the Incidence of Virus Diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 9(1), 319–340. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.09.090171.001535>
- Dupuis, B., Bragard, C., & Schumpp, O. (2019). Resistance of Potato Cultivars as a Determinant Factor of Potato virus Y (PVY) Epidemiology. *Potato Research*, 62(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9401-4>
- Dupuis, B., Cadby, J., Goy, G., Tallant, M., Derron, J., Schwaerzel, R., & Steinger, T. (2017). Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping. *Plant Pathology*, 66(6), 960–969. <https://doi.org/10.1111/ppa.12698>
- Dupuis, Brice. (2017). The movement of potato virus Y (PVY) in the vascular system of potato plants. *European Journal of Plant Pathology*, 147(2), 365–373. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1008-5>
- Durán-Lara, E. F., Valderrama, A., & Marican, A. (2020). Natural organic compounds for application in organic farming. *Agriculture (Switzerland)*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/agriculture10020041>
- Everaarts, A. P., Zwanepol, S., Ester, A., Jonkers, J., Kramer, C. F. G., Meeldijk, B. P., Meier, R., Moel, C. P., Molendijk, L. P. G., van Rijbroek, P. C. L., & Titulaer, H. H. H. (1990). *Teelt van spruitkool*.
- Finch, S., & Kienegger, M. (1997). A behavioural study to help clarify how undersowing with clover affects host-plant selection by pest insects of brassica crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 84(2), 165–172. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00211.x>
- Fox, A., Collins, L. E., Macarthur, R., Blackburn, L. F., & Northing, P. (2017). New aphid vectors and efficiency of transmission of Potato virus A and strains of Potato virus Y in the UK. *Plant Pathology*, 66(2), 325–335. <https://doi.org/10.1111/ppa.12561>
- Frank, S. D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 52(1), 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.09.011>
- Gaspari, M., Lykouressis, D., Perdakis, D., & Polissiou, M. (2007). Nettle extract effects on the aphid *Myzus persicae* and its natural enemy, the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hem., Miridae). *Journal of Applied Entomology*, 131(9–10), 652–657. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01095.x>
- Geng, W., Xiangyu, J., Li, X., Zhang, Z., Han, D., & Li, Y. (1997). Male peach aphid attraction in the field by sex pheromones1). *Insect Science*, 4(4), 364–368. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.1997.tb00111.x>
- Glinwood, R. T. (1998). *Responses of aphid parasitoids to aphid sex pheromones: laboratory and field studies*. University of Nottingham.
- Goldansaz, S. H., Dewhurst, S., Birkett, M. A., Hooper, A. M., Smiley, D. W. M., Pickett, J. A., Wadhams, L., & McNeil, J. N. (2004). Identification of two sex pheromone components of the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas). *Journal of Chemical Ecology*, 30(4), 819–834. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000028434.19319.b4>
- Gomes, F.B., de Moraes, J. C., dos Santos, C. D., & Marcos, M. (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agrícola*, 62(6), 547–551.
- Gomes, Flávia B., Moraes, J. C., Dos Santos, C. D., & Antunes, C. S. (2008). Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 37(2), 185–190. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000200013>
- Gotte, E., & Sell, P. (2002). Biological pest management on greenhouse roses using open rearing units of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) on cereal aphids as a key control strategy. *Gesunde Pflanze*, 54, 80–

- Greer, L., & Dole, J. M. (2003). Aluminum foil, aluminium-painted, plastic, and degradable mulches increase yields and decrease insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTechnology*, 13(2), 276–284. <https://doi.org/10.21273/horttech.13.2.0276>
- Grettenberger, I. M., & Tooker, J. F. (2017). Variety mixtures of wheat influence aphid populations and attract an aphid predator. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(2), 133–146. <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9477-1>
- Guillemaud, T., Mieuzet, L., & Simon, J. C. (2003). Spatial and temporal genetic variability in French populations of the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *Heredity*, 91(2), 143–152. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800292>
- Hardie, J. (2017). Life Cycles and Polyphenism. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests* (pp. 81–93).
- Hardie, J., Nottingham, S. F., Powell, W., & Wadhams, L. J. (1991). Synthetic aphid sex pheromone lures female parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 61(1), 97–99. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1991.tb02401.x>
- Helsen, H. (2019). *Kruidachtige waardplanten van de groene appelwants*.
- Helsen, H., & Winkler, K. (2019). *Oorwormen in de boomgaard*.
- Holloway, P., Kudenko, D., & Bell, J. R. (2018). Dynamic selection of environmental variables to improve the prediction of aphid phenology: A machine learning approach. *Ecological Indicators*, 88(February 2017), 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.032>
- Hooks, C. R. R., & Fereres, A. (2006). Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: A review on the use of barrier plants as a management tool. *Virus Research*, 120(1–2), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2006.02.006>
- Hori, M. (1996). Settling inhibition and insecticidal activity of garlic and onion oils against *Myzus persicae* (Sulzer)(Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 31(4), 605–612. <http://www.mendeley.com/research/geology-volcanic-history-eruptive-style-yakedake-volcano-group-central-japan/>
- Huang, N., Enkegaard, A., Osborne, L. S., J Ramakers, P. M., Messelink, G. J., Pijnakker, J., & Murphy, G. (2011). The Banker Plant Method in Biological Control. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(3), 259–278. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.572055>
- Ikbal, C., & Pavela, R. (2019). Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science*, 92, 971–986. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6>
- Isman, M. B. (2006). Botanical Insecticides, Deterrents, and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 45–66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Jayasena, K. W., & Randles, J. W. (1985). The effect of insecticides and a plant barrier row on aphid populations and the spread of bean yellow mosaic potyvirus and subterranean clover red leaf luteovirus in *Vicia faba* in South Australia. *Annals of Applied Biology*, 107(3), 355–364. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03152.x>
- Jin, Y., Drabik, D., Heerink, N., & Wesseler, J. (2019). The Cost of Postponement of Bt Rice Commercialization in China. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1226. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01226>
- Kazatzidis, J., & Külling, C. (2012). *Bestrijdingsmiddelen halveren, kan dat?* (Issue december). www.servaplant.nl/%0AHet
- Khajuria, C., Ivashuta, S., Wiggins, E., Flagel, L., Moar, W., Pleau, M., Miller, K., Zhang, Y., Ramaseshadri, P., Jiang, C., Hodge, T., Jensen, P., Chen, M., Gowda, A., McNulty, B., Vazquez, C., Bolognesi, R., Haas, J., Head, G., & Clark, T. (2018). Development and characterization of the first dsRNA-resistant insect population from western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *PLoS ONE*, 13(5), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197059>
- Kirchner, S. M., Hiltunen, L. H., Santala, J., Döring, T. F., Ketola, J., Kankaala, A., Virtanen, E., & Valkonen, J. P. T. (2014). Comparison of Straw Mulch, Insecticides, Mineral Oil, and Birch Extract for Control of Transmission of Potato virus Y in Seed Potato Crops. *Potato Research*, 57(1), 59–75. <https://doi.org/10.1007/s11540-014-9254-4>
- Klueken, A. M., Simon, J. C., Hondelmann, P., Mieuzet, L., Gilabert, A., Poehling, H. M., & Hau, B. (2012). Are primary woody hosts “island refuges” for host-alternating aphids and important for colonization of local cereals? *Journal of Applied Entomology*, 136(5), 347–360. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01654.x>
- Kock, Maarten De, Lemmers, M., Aanholt, H. Van, & Derkx, R. (2013). *Details van virusoverdracht door bladluizen in lelie*. 32.

- Koppert. (2020). *Nieuwe aanpak nodig bij plantenvoeding*. <https://www.koppert.nl/nieuws-pers/nieuwe-aanpak-nodig-bij-plantenvoeding/>
- Kranz, A. J., Wolz, K. J., & Miller, J. R. (2019). Effects of shrub crop interplanting on apple pest ecology in a temperate agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 93(3), 1179–1189. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0224-8>
- Kvedaras, O. L., An, M., Choi, Y. S., & Gurr, G. M. (2010). Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. *Bulletin of Entomological Research*, 100(3), 367–371. <https://doi.org/10.1017/S0007485309990265>
- Labrie, G., Estevez, B., & Lucas, E. (2016). Impact of large strip cropping system (24 and 48 rows) on soybean aphid during four years in organic soybean. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.029>
- Lacomme, C., Glais, L., Bellstedt, D. U., Dupuis, B., Karasev, A. V., & Jacquot, E. (2017). *Potato virus Y: epidemiology and pathogenicity, biodiversity, management*.
- Lilley, R., Hardie, J., Merritt, L. A., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (1994). The sex pheromone of the grain aphid, *Sitobion avenae* (Fab.) (Homoptera, Aphididae). *Chemoecology*, 5–6(1), 43–46. <https://doi.org/10.1007/BF01259972>
- Little, A. G., Arellano, C., Kennedy, G. G., & Cardoza, Y. J. (2011). Bottom-up effects mediated by an organic soil amendment on the cabbage aphid pests *Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 139(2), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01112.x>
- Loïez, S. (2018). *Can intercrop control aphid populations and their ability to spread non-persistently transmitted virus?* Life Sciences [q-bio].
- Lopes, T., Bodson, B., & Francis, F. (2015). Associations of Wheat with Pea Can Reduce Aphid Infestations. *Neotropical Entomology*, 44(3), 286–293. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0282-9>
- Lopes, Thomas, Hatt, S., Xu, Q., Chen, J., Liu, Y., & Francis, F. (2016). Wheat (*Triticum aestivum* L.)-based intercropping systems for biological pest control. In *Pest Management Science* (Vol. 72, Issue 12, pp. 2193–2202). <https://doi.org/10.1002/ps.4332>
- Loxdale, H. D., Edwards, O., Tagu, D., & Vorburger, D. (2017). Population Genetic Issues: New Insights Using Conventional Molecular Markers and Genomics Tools. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests* (pp. 50–71).
- Magwenya, T., Sivotwa, E., & Katsaruware, R. D. (2016). Evaluating the efficacy of garlic (*Allium sativum*) as a bio- pesticide for controlling cotton aphid (*Aphis gossypii*). *Scientia Agriculturae*, 16(2), 54–60. <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2016>
- Mamta, B., & Rajam, M. V. (2017). RNAi technology: a new platform for crop pest control. In *Physiology and Molecular Biology of Plants* (Vol. 23, Issue 3, pp. 487–501). Springer India. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0443-x>
- Mansion-Vaquié, A., Wezel, A., & Ferrer, A. (2019). *Wheat genotypic diversity and intercropping to control cereal aphids*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106604>
- Martin, E. A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., Garratt, M. P. D., Holzschuh, A., Kleijn, D., Kovács-Hostyánszki, A., Marini, L., Potts, S. G., Smith, H. G., Al Hassan, D., Albrecht, M., Andersson, G. K. S., Asís, J. D., Aviron, S., Balzan, M. V., ... Steffan-Dewenter, I. (2019). The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters*, 22(7), 1083–1094. <https://doi.org/10.1111/ele.13265>
- Martinez-Medina, A., Flors, V., Heil, M., Mauch-Mani, B., Pieterse, C. M. J., Pozo, M. J., Ton, J., van Dam, N. M., & Conrath, U. (2016). Recognizing Plant Defense Priming. *Trends in Plant Science*, 21(10), 818–822. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.07.009>
- Martinuz Guerrero, A. P. (2012). *Interrelationships between mutualistic endophytic microorganisms, the root-knot nematode Meloidogyne incognita and the sap-sucking insect Aphis gossypii on tomato, squash and Arabidopsis*. 90.
- Messelink, G., Bloemhard, C., & Kok, L. (2013). Verkenning van mogelijkheden voor plantweerbaarheid tegen bladluis in paprika - DLO/WUR. *None*.
- Mewis, I., & Ulrichs, C. (1999). Wirkungsweise amorpher diatomeenerden auf vorratsschädliche insekten. Untersuchung der abrasiven sowie sorptiven effekte. *Journal of Pest Science*, 72, 113–121.
- Ministerie LNV. (2018). *Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden*. <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>
- Ministerie LNV. (2019). *Toekomstvisie gewasbescherming 2030, naar weerbare planten en teeltsystemen*. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/publicaties/2019/04/16/toekomstvisie>

- Ministerie LNV. (2020). *Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030*. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/09/28/uitvoeringsprogramma-toekomstvisie-gewasbescherming-2030/bijlage-toekomstvisie-gewasbescherming-2030.pdf>
- Myers, S. W., & Gratton, C. (2006). Influence of potassium fertility on soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae), population dynamics at a field and regional scale. *Environmental Entomology*, 35(2), 219–227. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.219>
- NAK. (2019). *Informatiegids Keuring van zaaizaden en pootgoed 2019*.
- Nakahira, K., Takada, Y., Teramoto, T., Kagoshima, K., & Takagi, M. (2012). Control of potato aphids by the addition of barley strips in potato fields: A successful example of vegetation management. *Biocontrol Science and Technology*, 22(10), 1155–1165. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.715627>
- Nakashima, Y., Birkett, M. A., Pye, B. J., Pickett, J. A., & Powell, W. (2004). The role of semiochemicals in the avoidance of the seven-spot ladybird, *Coccinella septempunctata*, by the aphid parasitoid, *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, 30(6), 1103–1116. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000030266.81665.19>
- Nakashima, Y., Ida, T. Y., Powell, W., Pickett, J. A., Birkett, M. A., Taki, H., & Takabayashi, J. (2016). Field evaluation of synthetic aphid sex pheromone in enhancing suppression of aphid abundance by their natural enemies. *BioControl*, 61(5), 485–496. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9734-3>
- Neuvel, J. J., Zwanepol, S., Titulaer, H. H. H., Sukkel, W., Jonkers, J., Ester, A., Meier, R., & Geven, C. G. M. (1995). *Teelt van peulen en doperwten voor de verse markt*. <https://edepot.wur.nl/255032>
- Nowak, H., & Komor, E. (2010). How aphids decide what is good for them: Experiments to test aphid feeding behaviour on *Tanacetum vulgare* (L.) using different nitrogen regimes. *Oecologia*, 163(4), 973–984. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1652-y>
- Peris, N., & Kiptoo, J. (2017). Potential of Botanical Extracts in the Control of Kale Aphids (*Brevicoryne brassicae*) and Their Effect on the Parasitic Wasp (*Aphidius ervi*). *Asian Research Journal of Agriculture*, 4(3), 1–6. <https://doi.org/10.9734/arja/2017/29849>
- Pettersson, J., Pickett, Z', J. A., Pye, B. J., Quiroz, A., Smart, L. E., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (1994). *Rhopalosiphum padi* (L.) (HOMOPTERA, APHIDIDAE), AND OTHER APHIDS IN CEREAL FIELDS. In *Journal of Chemical Ecology* (Vol. 20, Issue 10).
- Pinxterhuis, G., & Termorshuizen, A. (2020). Biostimulanten in de akkerbouw. *Gewasbescherming*, 51(1), 13–17.
- Poehling, H.-M., Thieme, T., & Heimbach, U. (2017). IPM Case Studies: Grain. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests*.
- Powell, W., Hardie, J., Hick, A. J., Höller, C., Mann, J., Merritt, L., Nottingham, S. F., Wadhams, L. J., Witthinrich, J., & Wright, A. F. (1993). Responses of the parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) to aphid sex pheromone lures in cereal fields in autumn: Implications for parasitoid manipulation. *European Journal of Entomology*, 90, 435–438.
- Powell, W., Pennacchio, F., Poppy, G. M., & Tremblay, E. (1998). Strategies involved in the location of hosts by the parasitoid *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Biological Control*, 11(2), 104–112. <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0584>
- Ramakers, P. M. J., & Maaswinkel, R. H. M. (2002). Pest occurrence and control in organic year-round production of chrysanthemums. *IOBC/WPRS Bulletin*, 25, 221–224.
- Rapisarda, C., & Massimino Cocuzza, G. E. (Eds.). (2017). *Integrated pest management in tropical regions*.
- Rekika, D., Stewart, K. A., Boivin, G., & Jenni, S. (2008). Row Covers Reduce Insect Populations and Damage and Improve Early Season Crisphead Lettuce Production. *International Journal of Vegetable Science*, 15(1), 71–82. <https://doi.org/10.1080/19315260802494468>
- Rosa, C., Kuo, Y. W., Wuriyangan, H., & Falk, B. W. (2018). RNA interference mechanisms and applications in plant pathology. *Annual Review of Phytopathology*, 56, 581–610. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-050044>
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M. M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., Thies, C., Tschardt, T., Weisser, W. W., Winqvist, C., Woltz, M., & Bommarco, R. (2016). Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221, 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.039>
- Sandanayaka, W. R. M., Bus, V. G. M., & Connolly, P. (2005). Mechanisms of woolly aphid [*Eriosoma lanigerum* (Hausm.)] resistance in apple. *Journal of Applied Entomology*, 129(9–10), 534–541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01004.x>
- Sandanayaka, W. R. M., Bus, V. G. M., Connolly, P., & Newcomb, R. (2003). Characteristics associated with

- Woolly Apple Aphid *Eriosoma lanigerum*, resistance of three apple rootstocks. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 109(1), 63–72. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2003.00095.x>
- Sattari Nasab, R., Pahlavan Yali, M., & Bozorg-Amirkalaei, M. (2019). Effects of humic acid and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on induced resistance of canola to *Brevicoryne brassicae* L. *Bulletin of Entomological Research*, 109, 479–489. <https://doi.org/10.1017/S0007485318000779>
- Saucke, H., & Döring, T. F. (2004). Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. In *Ann. appl. Biol* (Vol. 144).
- Schelling, G., & den Belder, E. (2002). Een bloemstrook als leverancier van natuurlijke vijanden : met luzerne minder groene perzikluis op ijsbergsla. *Ekoland : Vakblad Voor Biologische Landbouwmethoden, Verwerking, Afzet En Natuurvoeding*, 22(6), 28–29. <http://library.wur.nl/artik/ekoland/1652362.pdf>
- Schoneveld, J. A., & Zwanepol, S. (1991). *Teelt van peen*.
- Schulz, C., Kienzle, J., Schmitt, A., & Weil, B. (1993). *Neemprodukte zur Regulierung der Mehligten Apfelblattlaus (Dysaphis plantaginea Pass.)*.
- Seidenglanz, M., Huňady, I., Poslušná, J., & Løes, A. K. (2011). Influence of intercropping with spring cereals on the occurrence of pea aphids (*Acyrtosiphon pisum* Harris, 1776) and their natural enemies in field pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Protection Science*, 47(1), 25–36. <https://doi.org/10.17221/40/2010-pps>
- Shoffner, A. V., & Tooker, J. F. (2013). The potential of genotypically diverse cultivar mixtures to moderate aphid populations in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Arthropod-Plant Interactions*, 7(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9226-z>
- Singh, H., & Joshi, N. (2020). Management of the aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) and the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), using biorational on capsicum under protected cultivation in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00266-5>
- Sondh, H. S. (2018). *Farming Systems Ecology - MSc Thesis Spatial effects of strip cropping on pest suppression and yield in a commercial complex organic cropping system in the Netherlands MSc programme : Organic Agriculture. February*.
- Stafford, D. B., Tariq, M., Wright, D. J., Rossiter, J. T., Kazana, E., Leather, S. R., Ali, M., & Staley, J. T. (2012). Opposing effects of organic and conventional fertilizers on the performance of a generalist and a specialist aphid species. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(3), 270–275.
- Staley, J. T., Stewart-Jones, A., Pope, T. W., Wright, D. J., Leather, S. R., Hadley, P., Rossiter, J. T., Van Emden, H. F., & Poppy, G. M. (2010). Varying responses of insect herbivores to altered plant chemistry under organic and conventional treatments. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1682), 779–786. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1631>
- Stenberg, J. A., Heil, M., Åhman, I., & Björkman, C. (2015). Optimizing Crops for Biocontrol of Pests and Disease. *Trends in Plant Science*, 20(11), 698–712. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.08.007>
- Stoeckli, S., Mody, K., & Dorn, S. (2008). *Aphis pomi* (Hemiptera: Aphididae) population development, shoot characteristics, and antibiosis resistance in different apple genotypes. *Journal of Economic Entomology*, 101(4), 1341–1348. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1341:APHAPD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1341:APHAPD]2.0.CO;2)
- Suganda, R., Sutrisno, E., & Wardana, I. W. (1997). *Insect pheromone research. New directions* (R. T. Cardé & A. K. Minks (Eds.)). Springer.
- Tamburini, G., De Simone, S., Sigura, M., Boscutti, F., & Marini, L. (2016). Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 233–241. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12544>
- Tariq, K., Ali, A., Davies, T. G. E., Naz, E., Naz, L., Sohail, S., Hou, M., & Ullah, F. (2019). RNA interference-mediated knockdown of voltage-gated sodium channel (*MpNa v*) gene causes mortality in peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41832-8>
- Tatchell, G. Mark. (2007). IPM case studies: Leafy salad crops. *Aphids as Crop Pests*, 587–596. <https://doi.org/10.1079/9781780647098.0569>
- Tatchell, G.M., Collier, R. H., & Hough, G. L. (2017). IPM Case Studies: Leafy Salads Crops. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests*.
- Taylor, L. R. (1977). Migration and the Spatial Dynamics of an Aphid, *Myzus persicae*. *Journal of Animal Ecology*, 46(2), 411–423.
- Timmer R. D. (1993). *Bestrijding van het gerstevergelingsvirus in granen*. 161(november), 11–37.
- Timmer, R. D., & Bosch, H. K. J. (1999). *Teelt van zomergerst*. 82. www.agro.nl/pav/
- Ulrichs, C. H., Mewis, I., & Schnitzler, W. H. (2001). Efficacy of neem and diatomaceous earth against cowpea aphids and their deleterious effect on predating Coccinellidae. *Journal of Applied Entomology*,

- 125(9–10), 571–575. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00589.x>
- van Achterberg, K. (2007). Geriefhoutbosjes : hotspots voor sluipwespen. *Entomologische Berichten*, 67(6), 204–208.
- van Alebeek, F., Bos, M., Janmaat, L., Molendijk, L., van Rijn, P., Schaap, B., Visser, A., Vlaswinkel, M., v.d. Wal, E., Willemse, J., & Zanen, M. (2011). *Eindrapportage FAB2 2008-2011*.
- van Alebeek, F., den Belder, E., van den Broek, R., Buurma, J., Elderson, J., van Rijn, P., Vlaswinkel, M., & Willemse, J. (2007). Eindrapportage FAB 2005-2007. In *Functionele Agro Biodiversiteit*.
- van den Broek, R. (2007). *Biologische beheersing erwtenluis (Acyrthosiphon pisum)*. www.biokennis.nl.
- van der Meij, R. (2020). Sinaasappelolie verslaat plaaginsecten. *Nieuwe Oogst*.
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/06/20/sinaasappelolie-verslaat-plaaginsecten>
- van Emden, H. F., & Harrington, R. (2017). *Aphids as crop pests* (Vol. 53, Issue 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Van Rozen, K., & Jan De Kogel, W. (2011). *32501965-rapport-lokstoffen-PTv4*. www.ppo.wur.nl
- Van Tol, R. W. H. M., Helsen, H. H. M., Griepink, F. C., & De Kogel, W. J. (2009). Female-induced increase of host-plant volatiles enhance specific attraction of aphid male *Dysaphis plantaginea* (Homoptera: Aphididae) to the sex pheromone. *Bulletin of Entomological Research*, 99(6), 593–602.
<https://doi.org/10.1017/S0007485309006634>
- Vandermoten, S., Mescher, M. C., Francis, F., Haubruge, E., & Verheggen, F. J. (2012). Aphid alarm pheromone: An overview of current knowledge on biosynthesis and functions. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 42(3), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2011.11.008>
- Verbeek, M., Piron, P. G. M., Dullemans, A. M., Cuperus, C., & Van Der Vlugt, R. A. A. (2010). Determination of aphid transmission efficiencies for N, NTN and Wilga strains of Potato virus y. *Annals of Applied Biology*, 156(1), 39–49. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00359.x>
- Vialatte, A., Plantegenest, M., Simon, J. C., & Dedryver, C. A. (2007). Farm-scale assessment of movement patterns and colonization dynamics of the grain aphid in arable crops and hedgerows. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(4), 337–346. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2007.00347.x>
- Vidal, S. (1997). Factors Influencing the Population Dynamics of *Brevicoryne brassicae* in Undersown Brussels Sprouts. *Biological Agriculture and Horticulture*, 15(1–4), 285–295.
<https://doi.org/10.1080/01448765.1997.9755204>
- Walley, P. G., Hough, G., Moore, J. D., Carder, J., Elliott, M., Mead, A., Jones, J., Teakle, G., Barker, G., Buchanan-Wollaston, V., Hand, P., Pink, D., & Collier, R. (2017). Towards new sources of resistance to the currant-lettuce aphid (*Nasonovia ribisnigri*). *Molecular Breeding*, 37(1).
<https://doi.org/10.1007/s11032-016-0606-4>
- Walter, A. J., & DiFonzo, C. D. (2007). Soil potassium deficiency affects soybean phloem nitrogen and soybean aphid populations. *Environmental Entomology*, 36(1), 26–33. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[26:SPDASP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[26:SPDASP]2.0.CO;2)
- Walters, D. R., Ratsep, J., & Havis, N. D. (2013). Controlling crop diseases using induced resistance: Challenges for the future. In *Journal of Experimental Botany* (Vol. 64, Issue 5, pp. 1263–1280).
<https://doi.org/10.1093/jxb/ert026>
- Ward, S. A., Leather, S. R., Pickup, J., & Harrington, R. (1998). Mortality during dispersal and the cost of host specificity in parasites: How many aphids find hosts? *Journal of Animal Ecology*, 67(5), 763–773.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1998.00238.x>
- Weinzierl, R. A. (1998). Botanical Insecticides, soaps, and oils. In J. E. Rechcigl & N. A. Rechcigl (Eds.), *Biological and Biotechnological Control of Insect Pests*. CRC Press.
- Winkler, K., Helsen, H., & Devkota, B. (2007). Predatory bugs show higher abundance close to flower strips in pear orchards. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*, 18, 31–36.
<http://www.nev.nl/pages/publicaties/proceedings/nummers/18/31-36.pdf>
- Worrall, D., Holroyd, G. H., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J. E., Paul, N. D., & Roberts, M. R. (2012). Treating seeds with activators of plant defence generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist*, 193(3), 770–778. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x>
- Xu, Q., Hatt, S., Lopes, T., Zhang, Y., Bodson, B., Chen, J., & Francis, F. (2018). A push–pull strategy to control aphids combines intercropping with semiochemical releases. *Journal of Pest Science*, 91(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0888-2>
- Yoshida, S. (1975). The physiology of silicon in rice. *Asian and Pacific Council. Food and Fertilizer Technology Center. Technical Bulletin No. 25*, 27.
- Zhao, Z. H., Hui, C., He, D. H., & Li, B. L. (2015). Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. *Scientific Reports*, 5, 8024. <https://doi.org/10.1038/srep08024>

Zhou, H.-B., Chen, J.-L., Cheng, D.-F., Liu, Y., & Sun, J.-R. (2009). Effects of wheat-pea intercropping on the population dynamics of *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) and its main natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*, 52(7), 775–782.

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-851

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 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.
