



Biologische bestrijding van bladluizen

in vruchtgroenten onder glas

Pierre Ramakers, Marieke van der Staaij en Juliette Pijnakker



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector Glastuinbouw
september 2006

PPO Naaldwijk

© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr.; € 30,00

Sommige van de in dit verslag genoemde insecticiden of toepassingen van insecticiden zijn in Nederland wettelijk niet, nog niet of niet meer toegelaten.

foto op de omslag: larve van *Aphidoletes aphidimyza* bezig met het leegzuigen van een bladluis; midden rechts het restant van een eerder gedode prooi, en rechts beneden een nog intacte bladluis



Dit onderzoek werd gefinancierd door het Productschap Tuinbouw

Projectnummer PT 36078
Projectnummer PPO 412 03112

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 - 63 67 00
Fax : 0174 - 63 68 35
E-mail : infoglastuinbouw.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1 PROBLEEMBESCHRIJVING EN DOELSTELLING	5
2 BIOLOGIE VAN DE PLAAG	7
3 BIOLOGISCHE BESTRIJDING	9
3.1 Sluipwespen	10
3.1.1 Braconidae	10
3.1.2 Aphelinidae	13
3.1.3 Combinatie van sluipwespen	13
3.1.4 Hyperparasitoïden	14
3.2 Galmuggen	18
3.3 Andere predatoren	23
3.3.1 Gaasvliegen	23
3.3.2 Zweefvliegen	24
3.3.3 Lieveheersbeestjes	25
4 BANKER-PLANTEN	27
5 CHEMISCHE BESTRIJDING	29
5.1 Synthetische middelen	29
5.2 Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong (GNO's)	31
6 GEÏNTEGREERDE BESTRIJDINGSSTRATEGIEËN	37
6.1 Vrije populatie-ontwikkeling	37
6.2 Ondersteuning door dagverlenging	40
6.3 Toevoeging bladluizen, en dagverlenging in herfst	41
6.4 Pest-in-first (praktijkproef)	42
6.5 Nultolerantie voor haarden (praktijkproef)	43
7 LITERATUUR	45
8 CONCLUSIES	47

1 Probleembeschrijving en doelstelling

Bladluizen vormen na spintmijten de belangrijkste plaag in de glastuinbouw. In feite gaat het niet om één plaag, maar om een groep van plagen, met als belangrijkste soorten de perzikbladluis (*Myzus persicae*), de katoenluis ('melon aphid', *Aphis gossypii*), de aardappeltopluis (*Macrosiphum euphorbiae*), de boterbloemluis (*Aulacorthum solani*), de zwarte bonenluis (*Aphis fabae*) en de groene slaluis (*Nasonovia ribis-nigri*). Bij de perzikbladluis kan men nog onderscheid maken tussen de "gewone", meestal groene vorm en de zogenaamde 'rode luis', *Myzus persicae nicotianae* ('tobacco aphid').

Resistentieontwikkeling tegen chemische middelen, onvoldoende werkzaamheid van de beschikbare biologische alternatieven, en maatschappelijke weerstand tegen het gebruik van insecticiden überhaupt waren de drijfveren voor het uitvoeren van het hier beschreven onderzoek.

De bedoeling van dit project was de technische verbetering van de geïntegreerde bestrijding van bladluizen in de vruchtgroenten. Paprika werd gekozen als pilot, omdat dit gewas de meest consistente bladluisproblemen heeft. Aubergine is op dit punt zeer goed vergelijkbaar, terwijl tomaat als relatief eenvoudig geldt. Op komkommerachtigen is katoenluis de dominante bladluissoort. Deze soort treedt slechts een gedeelte van het seizoen op, maar dan zeer heftig. De animo voor biologische bestrijding is in dit gewas vooralsnog niet groot.

Populatiodynamische experimenten werden uitgevoerd in proefkassen van PPO in Naaldwijk. Daarnaast werden waarnemingen verricht bij een aantal leden van de telersvereniging Sweet Colour Pepper, die op het gebied van de biologische plaagbestrijding sinds jaar en dag een voorlopersrol vervullen.

2 Biologie van de plaag

Bladluizen voeden zich uitsluitend met phloëmsap, dat ze met een lange flexibele stylet aanboren. Hoewel ze hiermee voedingsstoffen aan de plant onttrekken, is dat toch meestal niet de oorzaak dat ze schadelijk zijn. Lang voordat dit punt wordt bereikt, vormen bladluizen een probleem door het vervuilen van het gewas. Dit komt doordat phloëmsap een suikerrijk maar stikstofarm dieet is. Voor de razendsnelle groei van bladluizen (zowel het individu als de populatie halen groeisnelheden van > 30% per dag) is veel eiwit, dus juist veel stikstof nodig. Bladluizen compenseren dit door de opname van zeer veel sap, en scheiden de overmaat aan suikers die ze daardoor binnenkrijgen, onverteerd uit in de vorm van minuscule druppeltjes. Op een zonnige dag kan men deze zogenaamde honingdauw bij tegenlicht waarnemen als “vallende sterretjes”. De continue “suikerdiarree” daalt neer op de lager hangende bladeren en vruchten, waardoor deze kleverig worden en stof vasthouden. Voor de tuinder betekent dit dat hij extra kosten moet maken om de geoogste vruchten te reinigen, en het werken in zo'n plakkerig gewas is bovendien zeer onaangenaam. In het verdere verloop van de aantasting zullen roetdauwschimmels op de honingdauw gaan groeien en een zwart overtrek vormen over de bladeren. Dit veroorzaakt remming van de fotosynthese, versnelde veroudering en uiteindelijk bladval. Aantasting van groeipunten en nog onvolgroeide organen leidt tot misvormingen, die nog geruime tijd daarna de productie kwantitatief en kwalitatief kunnen beïnvloeden.

Bladluizen vormen plaatselijk dichte kolonies, die zich hoofdzakelijk aan de onderkant van het blad bevinden en aanvankelijk geen symptomen veroorzaken. Dit maakt scouten moeilijk. Wat vaak het eerst wordt opgemerkt zijn de helderwitte vervellingshuidjes, vastgeplakt aan de honingdauw op het blad onder de kolonie. Ook heen en weer lopende mieren, die op de honingdauw afkomen, vormen een aanwijzing. Veelal worden bladluizen pas gevonden als ze de kop van het gewas koloniseren, maar onderin kunnen zich dan al aanzienlijke kolonies hebben ontwikkeld, vooral op aftakelend, vergelend blad. Gele vangplaten trekken wel bladluizen aan, maar hebben weinig waarde voor het scouten en monitoren. Lang vóór het vangen van gevlugelden kan er al sprake zijn van ernstige (plaatselijke) aantasting, en bovendien is niet duidelijk welke soort is gevangen, en of die van binnen dan wel van buiten de kas komt. Op zijn hoogst geven vangplaten een aanwijzing dat er met invlieg van buiten rekening moet worden gehouden.

Volwassen bladluizen zijn herkenbaar aan een kort staartje (cauda). Gevlugelde bladluizen zijn altijd volwassen, dus reproductief. Het omgekeerde geldt niet: volwassen exemplaren zijn niet altijd gevlugeld. Anders dan bij de meeste insecten, is bij bladluizen vleugelvorming facultatief. Hoge dichtheid prikkelt de nimfen tot het aanleggen van vleugelschedes, die de anders ovaalronde lichaamsvorm geschouderd maken. Na de laatste vervelling ontstaan dan vier functionele vleugels. Vleugelvorming en vooral de vorming van vliegsperen gaat enigszins ten koste van de voortplanting, maar bevordert uiteraard de verspreiding.

Bladluizen, en met name *Myzus persicae*, zijn notoire virusvectoren. In kasteelten in de gematigde klimaatzone is virusoverdracht door insecten minder algemeen dan in warmere klimaten. Dit geldt niet alleen voor overdracht door bladluizen (komkommermozaïekvirus, aardappelvirus Y), maar ook door trips (tomatebronsvlekkenvirus) en witte vlieg (pseudoslavergelingvirus, TYLC). Belangrijke beschermende factoren bij vruchtgroenten zijn de vermeerdering uit zaad, en het feit dat de jonge (virusgevoelige) gewassen meestal in de kas staan in de winter en het vroege voorjaar, wanneer de omgevende vegetatie nog in rust is. Virusoverdracht vormt op onze breedtegraad dan ook geen grote hinderpaal voor de toepassing van biologische bladluisbestrijding. In Zuid-Europa zijn insectenvirussen echter het belangrijkste obstakel voor de introductie van biologische bestrijding in kassen.

In het algemeen kan de aanwezigheid van een kleine restpopulatie van phloëemzuigers getolereerd worden, zolang er geen virus-overdracht in het spel is. Een uitzondering vormen de soorten die toxische stoffen afscheiden. Onder de bladluizen is dat het geval bij de boterbloemluis (*Aulacorthum solani*). Deze bladluis, die herkenbaar is aan het donkergroene veld rond de inplanting van de siphonen, veroorzaakt misvorming en plaatselijke geelverkleuring van het blad, wat aan virussyndromen doet denken (Figuur 1). Er is hierbij voor zo ver bekend echter geen virus of micro-organisme betrokken, en het effect wordt toegeschreven aan de aanwezigheid van phytotoxische stoffen in het “speeksel” van de bladluis. Blijkbaar wordt het blad hierdoor ook ongenietbaar voor de bladluizen zelf; althans vormt deze soort geen dichte kolonies, en vindt men op een blad meestal maar één of enkele exemplaren. Vanwege het door boterbloemluis veroorzaakte schadebeeld is de tolerantie voor deze luis zeer laag, en biologische

bestrijding geldt in het algemeen als onvoldoende effectief. In de praktijk tracht men kolonies zo vroeg mogelijk te ontdekken en met (plaatselijke toepassing van) chemische middelen uit te roeien.



Figuur 1. Typische symptomen van boterbloemluis op paprika: Misvorming van jong blad (links) en gele bandvormige vlekken op oud blad (rechts)

Een juiste identificatie van de soort, indien nodig ondersteund door professionele determinatie, is uiteraard de basis van een goede gewasbescherming. Daarnaast dient men zich te realiseren dat binnen een soort talloze klonen kunnen bestaan, met telkens weer andere eigenschappen. Bij die eigenschappen kan men denken aan aanpassing aan een bepaalde waardplant (gewas), of aan resistentie tegen bestrijdingsmiddelen. Ieder volwassen exemplaar produceert zonder tussenkomst van mannetjes uitsluitend vrouwelijke nakomelingen, die meteen als nimf (dus niet als ei) op de wereld worden gezet. In het achterlijf van het moederdier ziet men met de loep een aantal rode stippen doorschijnen; dit zijn de ogen van de nakomelingen die binnenkort geboren zullen worden. Deze parthenogenetische (maagdelijke) vivipare (levendbarende) voortplanting is bij buitenpopulaties typisch voor de zomermaanden. In (verwarmde) kassen wanen bladluizen zich blijkbaar jaarrond in een zomersituatie, en planten ze zich uitsluitend op deze wijze voort. In principe is dus ieder individu stammoeder van een kloon, en kan geen erfelijk materiaal uitwisselen met soortgenoten in de buurt, die overigens met grote waarschijnlijkheid tot dezelfde kloon behoren. Nieuw "bloed" kan van buiten worden aangevoerd, in de wintermaanden vooral via plantmateriaal, in het voorjaar door immigratie vanuit naburige kassen, en in zomer en herfst ook vanuit de wilde vegetatie.

Deze wijze van voortplanting brengt met zich mee dat er in een kaspopulatie weinig genetische variatie voorkomt, en de kans op resistentie-ontwikkeling tegen insecticiden dus gering is. Resistentie die eenmaal is ontstaan, kan anderzijds zeer snel worden gefixeerd. Er hoeft in principe maar 1 resistent individu over te blijven om een resistente kloon in het leven te roepen. Deze wordt dan via de internationale handel in plantmateriaal over de wereld verspreid. Resistentie-ontwikkeling is daarom niet een lokaal, bedrijfsgebonden proces (zoals bij spint), maar eerder een sectorbreed of zelfs mondiaal probleem. Resistentie van bladluizen tegen insecticiden was ook de belangrijkste drijfveer voor de opmars van biologische bladluisbestrijding in de vruchtgroententeelt in de 90-er jaren, eerst bij katoenluis (van Steenis, 1995) en korte tijd later bij de "rode luis". Vooral dit laatste geval leidde tot een hausse in de verkoop van biologische bladluisbestrijders, die anderhalf seizoen stand hield. Weliswaar heeft daarmee de biologische bladluisbestrijding vaste voet aan de grond gekregen, maar de chemische industrie heeft ook niet stilgezeten en inmiddels doen telers toch weer vaker een beroep op chemische middelen.

3 Biologische bestrijding

Voor de biologische bestrijding van bladluizen is een uitgebreide reeks van natuurlijke vijanden beschikbaar, en het commercieel aangeboden sortiment is voortdurend in ontwikkeling. Dit maakt in theorie een groot aantal combinaties en bestrijdingsstrategieën mogelijk. Het is echter ook een teken dat beheersing van deze plaag niet eenvoudig is. In de loop van de teelt wordt soms de ene na de andere natuurlijke vijand geïntroduceerd, in de hoop dat de plaag uiteindelijk wordt bedwongen door een complex van natuurlijke vijanden. In de praktijk blijkt dit echter geen garantie voor succes, maar eerder een aanwijzing dat de plaag moeilijk in bedwang kan worden gehouden.

Bij het aanprijzen van natuurlijke vijanden wordt gewoonlijk gewezen op indrukwekkende eigenschappen van het individu, b.v. het aantal prooien dat een predator opeet, of het aantal eieren dat een wijfje legt. Dit zijn op zichzelf belangrijke parameters, maar niet beslissend voor succes. Belangrijker dan het *aantal* geproduceerde eieren is de *snelheid* waarmee ze worden geproduceerd, en de meest doorslaggevende factor is de snelheid waarmee generaties elkaar opvolgen, uitgedrukt in de gemiddelde generatieduur (Tabel 1). De minimumvoorwaarde voor een stabiele biologische bestrijding is niet een eigenschap van het individu, maar van de populatie. De biomassa van de natuurlijke vijand moet aanzienlijk sneller kunnen groeien dan die van de plaag. Alleen in dat geval kan een langdurige, vele generaties overspannende bestrijding worden gerealiseerd, zoals we dat kennen bij witte vlieg, mineervlieg en trips.

Bij bladluizen met hun enorme voortplantingscapaciteit is dit echter geen eenvoudige zaak, vooral als de bladluis zich op de voor haar ideale waardplant bevindt, zoals katoenluis op komkommer, of perzikbladluis op aubergine. In feite is er geen natuurlijke vijand beschikbaar die aan bovengenoemde eis voldoet. Alleen de Braconide sluipwespen hebben theoretisch een voldoende (voor *Myzus*) of net voldoende (voor katoenluis) voortplantingscapaciteit, maar schieten in de praktijk toch tekort omdat hun voortplantingscapaciteit gehalveerd wordt door hyperparasitoïden.

Tabel 1. Belangrijke populatiedynamische parameters van bladluizen en hun natuurlijke vijanden, gemeten bij kamertemperatuur.

	<i>minimum generatieduur</i>	<i># nakome- lingen / ♀</i>	<i>max. # nakome- lingen / dag</i>	<i>sex ratio (% ♀♀)</i>	<i>predatie- capaciteit</i>
bladluizen:					
<i>Myzus persicae</i>	9 dagen	80	6	100	n.v.t.
<i>Aphis gossypii</i>	5 dagen	60	8	100	n.v.t.
natuurlijke vijanden:					
<i>Aphidius</i>	12 dagen	300-400	150	60	n.v.t.
<i>Aphelinus</i>	3 weken	300-800	30	40-70	90
galmug	3 weken	70-100	30	60	10-70
lieveheersbeestje	4 weken	tot 3800	50?	50	larve 200-500
gaasvlieg	5 weken	tot 1100	50?	50	300-700
zweefvlieg	3 weken	tot 1000	50?	50	300-550

Omdat de natuurlijke vijanden dus onvoldoende inhaalcapaciteit hebben, is bestrijding alleen mogelijk als er van plaag en natuurlijke vijand ongeveer gelijke aantallen (beter: biomassa's) aanwezig zijn. Dit kan worden gerealiseerd via pest-in-first, of (minder avontuurlijk) via chemische correcties. Het

“evenwicht” dat hieruit ontstaat is in principe labiel, en kan gemakkelijk worden verstoord door immigratie of door een chemische ingreep tegen een andere plaag. Het idee dat een stabiel evenwicht wordt verkregen door de optelsom van een aantal natuurlijke vijanden, wordt in de praktijk voortdurend gelogenstraft. Op zichzelf kan de inzet van meerdere natuurlijke vijanden nuttig zijn, mits ze complementaire eigenschappen hebben. Het verkleint de kans op plaagexplosies, dempt de schommelingen van de aantallen en spreidt het risico als een chemische ingreep nodig is. Zolang we echter niet beschikken over minstens 1 natuurlijke vijand met voldoende bestrijdingscapaciteit, blijft geïntegreerde bladluisbestrijding de voortdurende waakzaamheid van de teler opeisen.

Binnen de werkgroep Kasteelten van de OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique) wordt al sinds haar oprichting in 1969 onderzoek verricht aan de biologische bestrijding van bladluis, voornamelijk door de proefstations van Littlehampton UK en Naaldwijk. Op grond van dit onderzoek is een basisschema voor biologische bestrijding van bladluis opgesteld, dat toepasbaar werd geacht op paprika, tomaat en aubergine. Het is gepubliceerd in een handboek over bladluis van Minks & Harrewijn, in een tijd dat commerciële toepassing nog als onhaalbaar werd beschouwd. Dit basisschema vormde het uitgangspunt voor het hier beschreven project. Het bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Vanaf december: Introductie van de sluipwesp *Aphidius matricariae*; curatief, liever preventief, of geparasiteerde bladluizen inbrengen.
2. Wekelijks mummies verzamelen en uitkweken voor het signaleren van hyperparasitering.
3. Vanaf maart, of in elk geval zodra hyperparasitering van *Aphidius* wordt vastgesteld: Introductie van de galmug *Aphidoletes aphidimyza*.
4. Wekelijks bladluis toevoegen om uitsterven van galmuggen te voorkomen.
5. Vanaf late voorjaar: Aanvullende natuurlijke bestrijding door diverse sluipwespen, gaasvliegen, zweefvliegen en lieveheersbeestjes.

3.1 Sluipwespen

3.1.1 Braconidae

Sluipwespen van de familie Braconidae zijn de belangrijkste natuurlijke vijanden van bladluis. Ze komen vrijwel altijd spontaan voor in kaspopulaties, en het is zelfs moeilijk bladluizen langdurig te kweken zonder last te krijgen van deze parasitoïden. Enkele soorten zijn er in geslaagd zich, net zoals de perzikbladluis, jaarrond in kassen te handhaven. Dat geldt met name voor *Aphidius matricariae*, *Aphidius ervi* en *Praon volucre*. Bladluizen trachten zich aan parasitering te onttrekken door weg te lopen of zich van de plant te laten vallen. Volwassen exemplaren van aardappeltopluis maken soms trappende bewegingen in de richting van de sluipwesp. Alleen sluipwespen die razendsnel een ei kunnen leggen, zijn succesvol. Na een bliksemsnelle inspectie met de antennes deelt de sluipwesp enkele snelle prikken uit met haar legboor (Figuur 2). Bij die inspectie wordt vastgesteld of dit een geschikte gastheer is, en of de gastheer nog ‘vrij’ is. Is de luis al eerder geparasiteerd, dan wordt ze vaak geweigerd. Pas als er veel sluipwespen aanwezig zijn die hun ei niet meer kwijt kunnen, zullen er meerdere eieren in 1 gastheer worden gelegd. Er komt echter altijd maar één sluipwesp tot ontwikkeling.



Figuur 2. Sluipwesp in de voor *Aphidius*-soorten typische aanvalshouding (foto J.C. van Lenteren)

Eén prik duurt een fractie langer, alsof de legboor even blijft haken. Dat is het moment dat het ei wordt gelegd. Het is daarbij niet nodig dat het lichaam van de luis vol wordt getroffen; uit laboratoriumstudies bleek dat ook een prik in een poot tot een succesvolle parasitering kan leiden. Blijkbaar migreert de jonge sluipwesplarve naar de lichaamsholte, die in open verbinding staat met de extremiteiten.

'Getroffen' slachtoffers scheiden vaak een druppel lichaamsvloeistof af uit één of beide siphonen (Figuur 3). Dit werkt op soortgenoten als een alarmsignaal, waardoor ze onrustig worden en weglopen. Bij hoge (sluipwesp)dichtheden kan het voorkomen dat bladluizen zich massaal van de plant laten vallen. Dit is mede een verklaring voor de snelle ineenstorting van een bladluispopulatie. Het lot van deze "verdwenen" bladluizen en de daarin aanwezige sluipwesplarven is niet onderzocht. Het alarmferomoon dat deze reactie oproept, E- β -farneseen, komt ook voor in planten en met name vruchten, en is in het verleden in onderzoek geweest als gedragsmodificerende stof en eventueel insecticide. Een GNO avant-la-lettre dus. Ze heeft het niet verder gebracht dan hulpstof als toevoeging bij traditionele insecticiden.



Figuur 3. Mummie van door *Praon* geparasiteerde bladluis, met op de rechter siphon (beneden in beeld) een inmiddels verdroogde alarmdruppel.

Na een dag of 8 zwelt de geparasiteerde bladluis op tot een leerachtige, bruingekleurde "mummie", die wel nog de contouren (soms zelfs vleugels) van de oorspronkelijke bladluis heeft. De sluipwesplarve binnen in de mummie kleeft de mummie aan het blad vast, spint (om onduidelijke reden) een cocon langs de binnenzijde van de mummiewand en gaat vervolgens verpoppen. Een pop van *Aphidius* vult de mummie geheel op, en ligt dus min of meer klem in haar omhulsel. Ze kiest daarbij altijd dezelfde positie: ruggelings ten opzichte van de gastheer en met de kop aan de achterzijde. De opening die de sluipwesp maakt, ontstaat daardoor bijna altijd op dezelfde plaats, namelijk waar haar kaken zich bevinden. Dat is aan de rugzijde van de mummie, tussen de siphonen. De wesp maakt daar een cirkelvormige insnijding, waarbij de cirkel net niet helemaal gesloten wordt. Hierdoor ontstaat een scharnierend ontsnappingsluik, dat na het verlaten van de mummie weer terugklapt in de oorspronkelijke positie, ofwel naar achteren blijft openstaan. De aanwezigheid van deze klep, die met een loep altijd zichtbaar blijft, geeft aan dat deze mummie door *Aphidius* is verlaten en niet door een hyperparasitoïde was bewoond (zie verder 3.1.4, figuur 6).

Het geslacht *Praon* vertoont op dit punt een afwijkend gedrag. Voor de verpopping verlaat de sluipwesplarve de mummie aan de buikzijde, en spint een soort tent tussen mummie en blad. Het resultaat is een lege mummie op een zijden sokkeltje (Figuur 4).

In een insectendichte kas kan met de combinatie perzikbladluis en *Aphidius* een vrijwel perfecte bestrijding worden gerealiseerd op een voor vruchtgroenten voldoende laag niveau. Uit analyse van de parasiteringscijfers over een reeks van experimenten blijkt, dat de bladluispopulatie in elkaar stort op het moment dat 5 à 10, gemiddeld 8%, van de populatie uit mummies bestaat. Dit lijkt een lage waarde, als men het vergelijkt met de parasiteringsnormen voor andere plagen. Daarbij dient men echter het volgende te bedenken:



Figuur 4. Bladluismummies zoals die achterblijven na parasitering door *Aphidius* (foto links) en *Praon* (foto rechts)

1. Bij het merendeel van de geparasiteerde luizen is de parasitering niet zichtbaar omdat ze nog niet zijn gemummificeerd.
2. Sluipwespen parasiteren doorgaans slechts een bepaald ontwikkelingsstadium (mineervlieg, wittevlieg, rups). Bladluizen worden in alle leeftijden (behalve de allerjongste) geparasiteerd.
3. De ineenstorting van de populatie wordt niet alleen door parasitering veroorzaakt, maar ook door de 'paniek' die in de bladluiskolonies ontstaat wanneer veel sluipwespen tegelijk actief zijn. Het aantal mummies dat achterblijft is dan ook altijd veel lager dan het aantal luizen dat oorspronkelijk op de plant zat.

In een proefkasje werd een aantasting door boterbloemluis volledig onderdrukt door een eenmalige introductie van een (commercieel niet realistische) overmaat *Aphidius ervi*. De bladluizen waren binnen 3 dagen verdwenen, en keerden ook niet op de planten terug. Dit is een veel sneller effect dan door parasitering kan worden verklaard.

Het succes van de Braconiden berust behalve op hun zoekvermogen en parasiteringsgedrag ook en vooral op hun snelle vermeerderingscapaciteit. Weliswaar duurt hun larvale ontwikkeling wat langer (12 dagen) dan die van de bladluis (9 dagen). Dit wordt echter overgecompenseerd door het feit dat ze meer en vooral ook veel sneller eieren leggen dan de bladluizen nakomelingen produceren. Terwijl perzikbladluis op de top van haar reproductie 5 of 6 nimfen per dag baart, legt een *Aphidius* in de eerste dagen van haar volwassen leven honderden eieren. Ook al worden uit 40% van die eieren mannetjes geboren, dan nog levert dit een reproductiesnelheid op in het voordeel van de sluipwesp.

Dit betekent anderzijds dat een *Aphidius*-wesp zeer snel 'versleten' is. Al na een dag of 4 neemt de reproductie aanzienlijk af (van Steenis, 1995). Om die reden verdient het introduceren van mummies de voorkeur boven het loslaten van wespen, die al het een en ander achter de rug hebben (oogst, verpakking, opslag, vervoer). Technisch gezien nog beter is het introduceren van geparasiteerde bladluizen.

Aanvankelijk werd in Nederlandse kassen *Aphidius matricariae* ingezet, een sluipwesp met een wereldwijde verspreiding. Hoewel deze soort een 40-tal bladluissoorten kan parasiteren, is ze alleen voor perzikbladluis een succesvolle bestrijder. Ze faalt tegen katoenluis. Toen de firma Koppert vaststelde dat op sommige komkommerbedrijven (met katoenluis) toch een behoorlijke parasitering optrad, werden deze wespen in kweek genomen in de veronderstelling dat de sluipwespen zich hadden aangepast aan de nieuwe gastheer. Dit materiaal werd enige tijd in de handel gebracht als de 'K-stam' van *Aphidius matricariae*. Uiteindelijk stelden entomologen vast dat het hier een andere soort betrof, namelijk *Aphidius colemani*, een soort die waarschijnlijk uit de Nieuwe Wereld afkomstig is, en die door Noorse onderzoekers al geruime tijd werd bestudeerd (onder de naam *Aphidius platensis*) als bestrijder van perzikbladluis. Omdat *Aphidius colemani* geschikt is voor de bestrijding van de beide belangrijkste bladluizen, perzikbladluis en katoenluis, is dit momenteel de meest gebruikte soort. Tegen andere bladluizen wordt soms *Aphidius ervi* verkocht, een wat grotere soort die overigens ook perzikbladluis parasiteert. Zij wordt aangeboden als bestrijder van aardappeltopluis en boterbloemluis, hoewel tegen deze laatste eigenlijk geen enkele sluipwesp voldoende effectief is.

3.1.2 Aphelinidae

Sluipwespen van het geslacht *Aphelinus* zijn kleine, compact gebouwde insecten. Zij hebben niet zo'n buigzame "wespetaille" als *Aphidius* en parasiteren op een minder atletische manier, namelijk met hun achterzijde naar de gastheer gericht (Figuur 5, links). De bijbehorende mummies onderscheiden zich van die van *Aphidius* door vorm (niet opgezwollen) en kleur (blauw-zwart in plaats van bruin; zie Figuur 5, rechts). Het zijn in meerdere opzichten trage sluiptwespen, nog steeds in vergelijking met *Aphidius*. De ei-afzetting duurt ruim een minuut (minder dan een seconde bij *Aphidius*). De meeste eieren worden gelegd in een periode van 2 à 3 weken (4 dagen bij *Aphidius*), en de ontwikkelingsduur van de larve is langer. De volwassen wespen vliegen minder ver, en daarom wordt een groter aantal loslaatpunten aangehouden: enkele honderden per hectare (25 bij *Aphidius*), of alleen vlak bij de bladluishaarden.



Figuur 5. Parasitering van katoenluis door *Aphelinus asychis* (links) en de daaruit resulterende mummie (rechts) (foto's GCRI Littlehampton)

Een voordeel van *Aphelinus* is dat de volwassen wesp langer leeft, en aan hostfeeding doet, d.w.z. bladluizen doodt voor haar eigen levensonderhoud. Meestal is dit gekoppeld: Een sluiptwesp die langer leeft, en tijdens die periode voortdurend eieren blijft aanmaken, heeft niet voldoende aan haar voedselreserves uit haar larvetijd, en moet dus voortdurend "bijtanken". Als voorwaardelijk voordeel hebben de Aphelinidae een wat hoger temperatuur-optimum.

Evenmin als *Aphidius* is *Aphelinus* erg soortgebonden. Wel vertonen *Aphelinus* spp. voorkeuren in keuzesituaties, en zijn ze meer succesvol tegen de ene bladluisoort dan tegen de andere. Katoenluis wordt vaak geparasiteerd door *Aphelinus asychis*, en *Aphelinus abdominalis* komt voor op perzikbladluis, aardappeltopluis en boterbloemluis. Het Proefstation Naaldwijk introduceerde een tropische stam van *Aphelinus varipes* uit Kameroen ter bestrijding van katoenluis, en uit Florida een van *Myzus* afkomstige stam van *Aphelinus mali* ter bestrijding van "rode luis". Een van de pluspunten van deze soorten was het - althans volgens de literatuur - ontbreken van hyperparasitering. In de praktijk bleek dat in elk geval bij *Aphelinus mali* wél op te treden, hoewel het percentage hyperparasitering bij Aphelinidae gewoonlijk niet zo hoog is. *Aphelinus gossypii* uit Australië werd onderzocht tegen beide plagen. Deze soort bleek niet geschikt voor rode luis, en slechter dan *Aphelinus varipes* voor de bestrijding van katoenluis.

3.1.3 Combinatie van sluiptwespen

Geen van de *Aphelinus*-soorten benadert de effectiviteit van de Braconiden. De gemiddelde generatieduur is daarvoor veel te lang. Introductie in combinatie met *Aphidius* zou zinvol kunnen zijn vanwege de verschillende voortplantingsstrategie: *Aphidius* kan worden getypeerd als een sprinter, en *Aphelinus* als een lange-afstandslouper. Theoretisch zouden ze samen een betere bladluisbestrijding kunnen opleveren.

Om de meerwaarde van het toevoegen van *Aphelinus* te verifiëren, werd een kasproef uitgevoerd met de vergelijking *Aphidius* alleen en *Aphidius* + *Aphelinus*. Boterbloemluis werd gekozen als plaagsoort, omdat bij deze soort de verbetering van de (biologische) bestrijding het meest gewenst is. De proef werd uitgevoerd in 6 paprika-kasjes in 3 herhalingen: 3 kasjes met alleen *Aphidius ervi* en 3 kasjes met zowel *Aphidius ervi* als *Aphelinus*.

De 6 kasjes waren 58 m² groot en bevatten elk 144 planten. In elke kas werd in week 50 op 12 planten een bladluishaardje aangebracht, startend met 5 volwassen individuen. Op het moment dat de kolonies gemiddeld 25 individuen groot waren (in week 51), werden bij elke kolonie 3 wijfjes van *Aphidius ervi* losgelaten (36 per kasje).

In 3 van de 6 kasjes werden Apheliniden toegevoegd. Tegelijk met *Aphidius* werden per haard 2 wijfjes van *Aphelinus mali* losgelaten, dus 24 per kasje. Omdat in de weken daarna geen *Aphelinus*-mummies werden teruggevonden, werd in week 4 een inundatieve introductie van *Aphelinus abdominalis* uitgevoerd, en wel 300 per kasje. In het dynamische deel van de proef werden wekelijks alle planten gecontroleerd en de bladluizen geteld (in twintigtallen). In de periode dat weinig bladluis meer aanwezig was (vanaf week 7), werden bankerplanten met graanluis aangeboden. Deze bankers werden gecontroleerd op de aanwezigheid van natuurlijke vijanden van bladluizen.

De resultaten van dit experiment waren als volgt: Ondanks de vroegtijdige inzet van sluipwespen kon niet worden voorkomen dat uiteindelijk vrijwel alle planten werden gekoloniseerd door boterbloemluis. Dit leidde tijdelijk tot een - zeker voor deze fase van de teelt - onacceptabele schade. In één afdeling werd - om onduidelijke redenen - de aantasting zelfs zwaar. In week 4, dat is 5 weken na introductie van de wespen, zette in alle afdelingen een duidelijke daling van de aantallen bladluizen in. In week 7 werden alleen nog mummies gevonden, maar geen levende bladluizen meer. Mummies van *Aphelinus* werden op het gewas nauwelijks aangetroffen, wel vanaf week 15 op de bankers (in de 3 betreffende kassen). In week 16 werd de situatie gecompliceerder: nieuwe kolonies van boterbloemluis, galmuglarven op de bankers in twee afdelingen (in de week daarop ook zweefvlieglarven in een afdeling), en hyperparasieten in de verzamelde *Aphidius*-mummies. In week 20 trad een sterke toename van de bladluizen op, overwegend perzikbladluis en plaatselijk boterbloemluis. In week 21 en week 23 moest 2x worden gecorrigeerd via het roken van Pirimor in alle afdelingen.

Op grond van één dergelijk experiment kan niet gegeneraliseerd worden; tegen een andere bladluissoort zou de strategie misschien wel kunnen werken. Wel was het resultaat in overeenstemming met de waarnemingen op de praktijkbedrijven, en wel in drie opzichten:

1. Bestrijders lopen in de beginfase vaak achter de plaag aan.
2. Eenmaal onder controle, hoeft bladluis vaak wekenlang niet bestreden te worden. In de praktijk duren dergelijke periodes vaak nog langer dan in deze proef. Bij de veelheid aan geïntroduceerde en spontaan aanwezige bestrijders is het dan soms moeilijk vast te stellen welke natuurlijke vijand(en) de plaag in deze fase in bedwang houdt.
3. Een schijnbare evenwichtssituatie kan gemakkelijk verstoord worden, en in de loop van een seizoen treden vaak meerdere "aanvalsgolven" op.

In deze proef kon geen meerwaarde van *Aphelinus* worden aangetoond. In theorie zou de langere levensduur van het volwassen stadium van *Aphelinus* haar in staat moeten stellen periodes zonder bladluis te overbruggen. Dit wordt ook vaak als verkoopargument gebruikt. Onze waarnemingen op praktijkbedrijven bevestigden dit niet. Bij een heropleving van de plaag bleken juist de Braconiden het eerste op te duiken. Een verklaring hiervoor vormt mogelijk het "overliggen" van mummies. Bij kamertemperatuur komen de meeste mummies uit binnen 8 dagen. Een klein percentage van de wespen verschijnt echter vertraagd, soms nog na meer dan een maand. Deze "reservepopulatie" zorgt er voor dat *Aphidius* nooit helemaal afwezig is, zelf niet na gebruik van insecticiden.

3.1.4 Hyperparasitoïden

Een belangrijk probleem bij de inzet van sluipwespen is het optreden van hyperparasitoïden. Zij schakelen een belangrijk deel van de primaire parasitoïden uit, bij vlagen zelfs bijna de volledige populatie. Omdat sluipwespen toch al alle zeilen moeten bijzetten om de bladluisontwikkeling bij te houden, kunnen we ons in een biologisch bestrijdingssysteem deze verliesfactor niet permitteren. Typisch voor de ontwikkeling van een ongestoorde bladluispopulatie is een driekoppige golfbeweging. De eerste golf zijn de bladluizen

zelf, die – mits op hun ideale waardplant – in de beginfase nauwelijks te stoppen zijn. De tweede golf is een golf parasitoïden, die massaal boven de inmiddels met honigdauw bedekte planten zweven. Ze voeden zich met die honigdauw, (over)parasiteren de bladluizen en veroorzaken paniek in de kolonies. De derde golf zijn rusteloos ronddrivende hyperparasitoïden, die de primaire parasitoïden tijdelijk bijna volledig verdringen. Bij gebrek aan natuurlijke vijanden kunnen de bladluizen zich vervolgens herstellen of opnieuw vestigen, en begint de cyclus weer opnieuw.

Het is lange tijd onduidelijk geweest waarom dit verschijnsel alleen in Nederland een probleem vormde, en niet door buitenlandse onderzoekers van de OILB werd gemeld. Uit contacten met deze onderzoekers bleken hiervoor twee verklaringen te bestaan:

1. Te korte proefduur. Na een kritische fase storten de bladluispopulaties vaak op een spectaculaire manier in; de bestrijding wordt dan als geslaagd beschouwd en het experiment wordt beëindigd.
2. De buitenlandse proeven waren uitgevoerd in insectendichte kooien, of in kassen op ingegaasde planten.

Het is van belang het optreden van hyperparasitoïden zo vroeg mogelijk op te merken, om niet door nieuwe bladluis-explosies te worden verrast. In die fase is het echter moeilijk de hyperparasitoïden op heterdaad te betrappen. Sommige hyperparasieten beklimmen een bladluis, en gaan daar “op hun gemak” zitten parasiteren, waarbij opvalt dat de bladluis niet reageert met de gebruikelijke vluchtreactie. Zij is namelijk enkele dagen daarvoor al geparasiteerd door de primaire parasitoïde, daardoor niet meer in staat te vluchten, mogelijk al klinisch dood. Hyperparasieten van het geslacht *Dendrocerus* vallen aan in een veel later stadium, als de mummie al gevormd is. In feite parasiteren zij het popstadium van de primaire parasitoïde. Voor het doorboren van de leer-achtige mummie is meer fysieke kracht nodig. Deze wespen stellen zich naast de mummie op, met hun achterzijde naar de gastheer gericht, en zetten zich met hun typische geknikte antennes schrap tegen het blad.

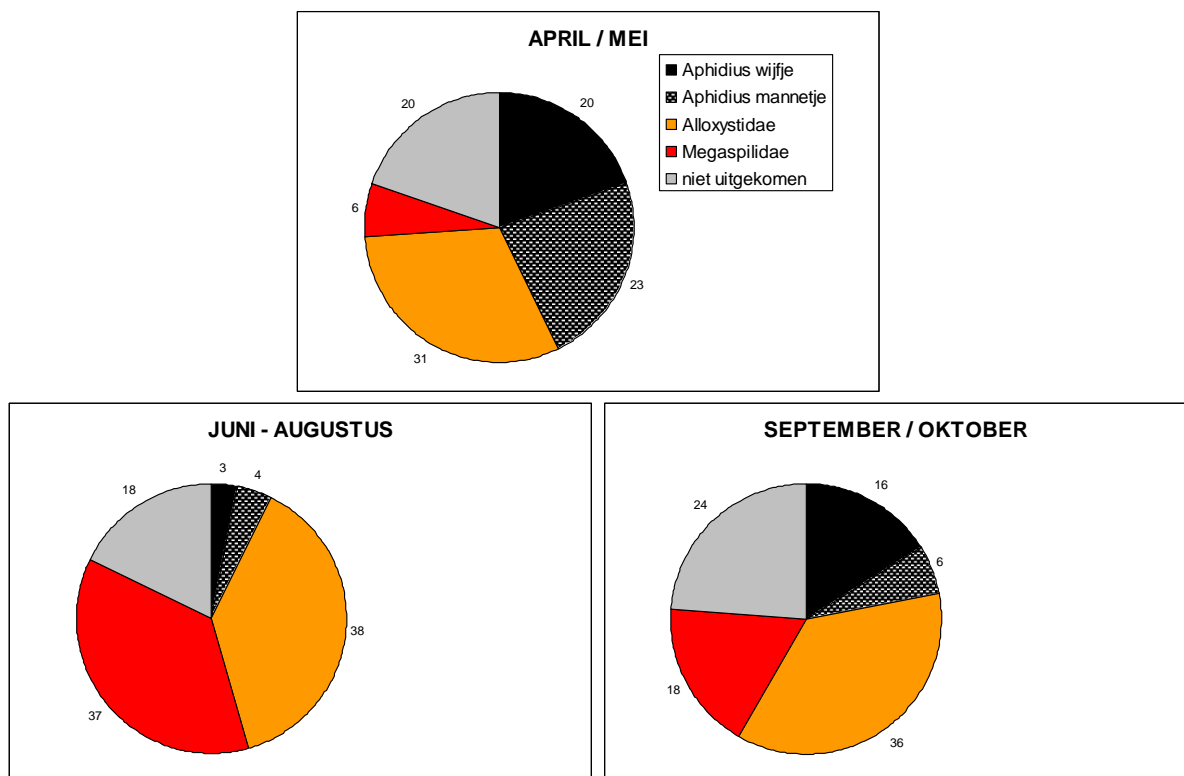
Hyperparasitering wordt uitgevoerd in een geheel gesloten systeem (de mummie), waaraan van buiten geen voedsel meer wordt toegevoegd. Elke biologische omzetting gaat met verliezen gepaard. Daarom zijn hyperparasitoïden kleiner dan de primaire parasitoïde waarmee ze zich hebben gevoed. De mummie is dus voor hen een betrekkelijk ruime behuizing, waarin ze zich vrij kunnen bewegen. De volwassen wesp kan de mummie op een willekeurige plek verlaten door een gat te knagen in de wand. Dit gat met gekartelde rand is goed te onderscheiden van het keurige ontsnappingsluik dat *Aphidius*-wespen maken. Het door hyperparasitoïden geknaagde ontsnappingsgat is mogelijk wel te verwarren met vraat door predatoren, zoals oorwormen of lieveheersbeestjes. Dit aanvreten levert een grover beschadigingsbeeld, waarbij vaak de halve mummie is weggevreten.

Aan de lege mummie kan men dus nog zien of deze een “goede” of een “verkeerde” wesp heeft opgeleverd (Figuur 6). Dit is gemakkelijker dan het speuren naar de wespen zelf. De methode is geschikt om vast te stellen of er al hyperparasitoïden zijn. Voor het monitoren van het proces is het echter onvoldoende, en wordt in de loop van het seizoen steeds minder bruikbaar. Men kan immers niet zien hoe oud de lege mummies zijn, dus hoe actueel de waarneming is.

Om het effect van hyperparasitering te quantificeren, werden in een kasproef met biologische plaagbestrijding in de loop van seizoenen enkele malen gesloten mummies van Braconidae verzameld. De sluipwespen werden individueel uitgekweekt en op soort gedetermineerd (Tabel 2). Uit deze bemonstering bleek dat de voortplantingscapaciteit van sluipwesp populaties gedurende het hele seizoen sterk geremd wordt door hyperparasitering, en dat de hyperparasitoïden zelfs in de meerderheid waren (Figuur 7).

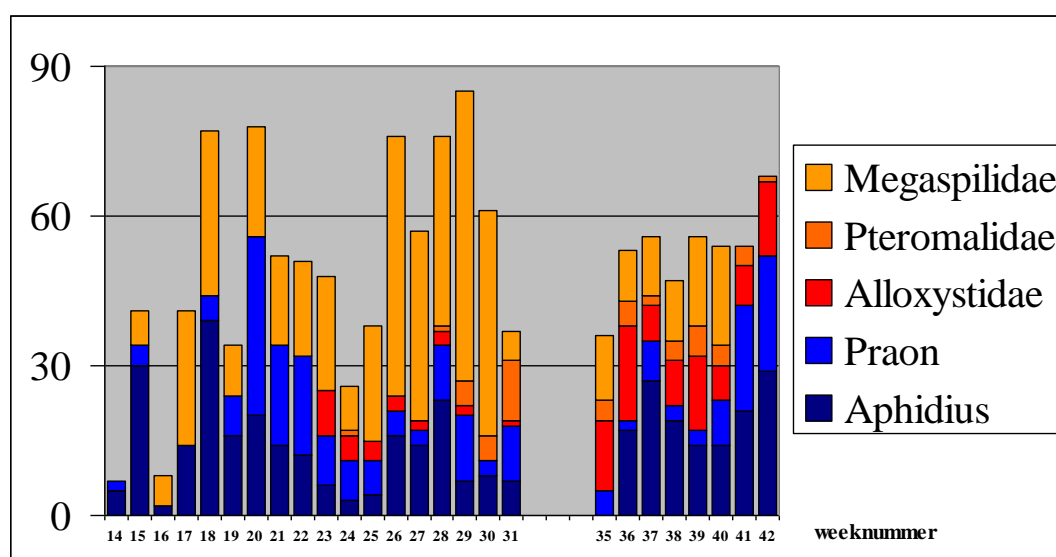


Figuur 6. “goede” mummies en “foute” mummies



Figuur 7. Procentuele samenstelling van het sluipwespencomplex gekweekt uit mummies van het type *Myzus* / *Aphidius*. De mummies waren verzameld in een paprikakas waarin *Aphidius matricariae* was geïntroduceerd tegen *Myzus persicae*.

In het jaar daarop werden soortgelijke bemonsteringen uitgevoerd op een meer systematische manier. Er werd wekelijks gemonsterd in 7 paprikakassen van PPO en op 1 paprikabedrijf. Opnieuw moest worden vastgesteld dat hyperparasitering – althans vanaf april – een zeer algemeen verschijnsel is. Het trad in alle kassen gedurende het hele seizoen op. Gemiddeld waren ruim de helft van de uitgekweekte wespen hyperparasitoiden (Figuur 8). Anders dan in het voorafgaande jaar, was *Dendrocerus* nu ver in de meerderheid. Dat de situatie er wat minder ongunstig uitzag dan in het eerste jaar kan - behalve als seizoenseffect – als dichtheidseffect worden verklaard. In het eerste jaar werd gemonsterd in een biologische-bestrijdingsproef. Daarbij worden hogere bladluis-aantallen getolereerd dan in teeltproeven en zeker op praktijkbedrijven.



Figuur 8. Absolute aantallen sluipwespen gekweekt uit bijna 2800 mummies, type *Aphidius* en *Praon*, wekelijks verzameld in paprikakassen.

Voor de bepaling van het uitkomstpercentage van *Aphidius* is het voldoende de mummies een dag of 8 bij kamertemperatuur te bewaren. Omdat hyperparasitoiden later uitkomen, vooral *Dendrocerus*, moeten de mummies langer worden bewaard. Na 3 weken is het beeld redelijk compleet, hoewel kleine aantallen van zowel primaire als secundaire sluipwespen ook daarna nog kunnen uitkomen. Een snellere maar bewerkelijke methode is het dissecteren van de mummies.

Bij de interpretatie van deze cijfers zijn verschillende correcties denkbaar. Een aanzienlijk percentage van de mummies komt nooit uit. Denkbaar is dat de hyperparasitoiden hieraan bijdragen, en dus het percentage “mislukte parasitering” zouden verhogen. Uit de cijfers blijkt dat overigens niet: het percentage “niet uit” bleef in de loop van een seizoen tamelijk constant (zie figuur 7). Een principiële statistische fout zit in het feit dat gehyperparasiteerde mummies later uitkomen, dus een grotere kans hebben in de monsters voor te komen. Dit leidt tot een overschatting van het verschijnsel.

Tabel 2. Soorten hyperparasitoïden gekweekt uit mummies van bladluissluipwespen, familie Aphidiidae, genus Aphidius en Praon.

Cynipoidea

familie Alloxystidae

Alloxysta victrix (Westwood)

Phaenoglyphis villosa (Hartig)

Chalcidoidea

familie Pteromalidae

Asaphes vulgaris (Nees)

Asaphes suspensis Walker

Pachyneuron aphidis (Bouché)

Ceraphronoidea

familie Megaspilidae

Dendrocerus aphidum (Rond.)

Dit soort kwantitatieve verfijningen doen niet af aan het feit dat hyperparasitoïden een forse aanslag plegen op een toch al kritisch systeem. Hyperparasitoïden attaqueren alle tot nu toe onderzochte bladluusparasitoïden. In het algemeen kan worden gesteld dat Aphelinidae minder last hebben dan Braconidae, en dat *Praon* – mogelijk door de typische manier van verpoppen - wat minder geparasiteerd wordt dan *Aphidius*. Deze verschillen zijn mogelijk eenvoudig terug te voeren op de lagere dichtheid van deze sluiwespen, en zijn in elk geval onvoldoende om overschakeling op deze soorten te rechtvaardigen. Het is denkbaar rond bankerplanten voorzieningen te treffen om hyperparasitoïden te weren, maar het is onbegonnen werk om ze uit een gewas te houden. De beste strategie is de populatiedichtheid van de bladluizen zo laag mogelijk te houden, zodat het voor de hyperparasieten moeilijk is zich te handhaven.

3.2 Galmuggen

In de natuur vormen bladluizen de basis van veel voedselketens, waaromheen zich allerlei predatoren verzamelen. Galmuggen vormen daaronder zeker niet de bekendste. Toen ze de eerste keer opdoken (althans werden opgemerkt) in kassen, leek het de onderzoekers onwaarschijnlijk dat deze onaanzienlijke, slome beestjes verantwoordelijk waren voor de enorme sterfte in de bladluiskolonies.

Hun - in dit verband nietszeggende - naam ontleenen ze aan het feit dat ze op grond van hun lichaamsbouw worden gerekend tot een familie (Cecidomyiidae, galmuggen) van sterk gespecialiseerde insecten, die gallen veroorzaken op specifieke waardplanten. In hun gelederen bevinden zich belangrijke landbouwplagen, zoals de Hessische mug in granen en de draaihartigheidsmug in kool. Enkele soorten uit deze familie zijn geëvolueerd tot - opnieuw sterk gespecialiseerde – predatoren: *Aphidoletes* van bladluizen en *Feltiella* van spintmijten.

De soort die in kassen is geassocieerd met bladluizen, *Aphidoletes aphidimyza*, komt buiten voor in de gematigde klimaatzone, noordelijk tot in elk geval ter hoogte van Helsinki en Sint-Petersburg. De adulten zijn fragiele mugjes, die zich het beste kunnen handhaven op luwe plaatsen, bijvoorbeeld langs bosranden. De klimaatcondities in kassen zijn voor deze insecten blijkbaar ideaal. Er is daar geen wind, en van de hoge middagtemperaturen hebben ze geen last. Overdag schuilen de muggen namelijk in de schaduw van het gewas, om pas in de avondschemering actief te worden. De mugjes zijn letterlijk breekbare insecten; daarom wordt deze predator alleen in het cocon-stadium in de handel gebracht.



Figuur 9. Volwassen stadium van *Aphidoletes aphidimyza*, links wijffe, midden en rechts mannetje

Zoals te verwachten bij nacht-actieve dieren, oriënteren galmuggen zich op geurstoffen. De wijfjes blijken over een uitstekend prooi-detectiemechanisme te beschikken. Met name als bladluiskolonies worden aangeboden op grotere afstand van het loslaatpunt, verschijnen galmuggen eerder ter plaatse dan sluipwespen. Het feit dat de antennes bij de mannetjes langer en langer behaard zijn dan bij de wijfjes (zie Figuur 9), doet vermoeden dat er ook sexferomonen in het spel zijn. Het valt overigens niet mee galmuggen in een gewas te ontdekken en te herkennen. Ze vallen meer op door hun gedrag dan door hun uiterlijk.

Galmuggen vertonen een merkwaardig groepsgedrag. Men treft groepen galmuggen aan bij de kasvoeten, waar ze zich met hun voorste potenpaar hebben opgehangen aan web- en loopdraden van spinnen. Op het eerste gezicht lijkt een roofzuchtige spin die dag een goede vangst te hebben gedaan. Tikt men echter tegen het web, dan vliegen de galmuggen ongedeed weg, om een eind verderop letterlijk een nieuwe “hangplek” op te zoeken. Men kan zich afvragen welk subtiel navigatiesysteem hen hiertoe in staat stelt, met name 's nachts. Evenzeer gerechtvaardigd is de vraag naar de functionaliteit van dit gedrag. Onttrekking aan allerlei bodem- en bladpredatoren leek een voor de hand liggende verklaring. Volgens de Japanse onderzoeker Yukawa staat dit gedrag vooral ten dienste van het paringscomfort. Galmuggen paren face-to-face (ongebruikelijk voor insecten), waartoe de naast elkaar hangende partners 90 ° naar elkaar toe draaien. Hangend aan een touwtje gaat dit gemakkelijker dan zittend tegen een wand of op een plantestengel. Galmuggen paren alleen in de eerste uren na uitkomen. Onvoldoende paring (dus onbevuchte eieren) na kunstmatige introductie is wel genoemd als één van de verklarende factoren voor het falen van de biologische bestrijding. Op basis van genoemd Japans onderzoek werd daarom een “parings-emmer” ontwikkeld, waarbij fijne vislijn werd gebruikt als vervanging voor spinneweb. Het idee was dat hierin de cocons uitkomen en de muggen paren, waarna alleen bevruchte wijfjes uitvliegen.

Bij galmuggen zijn alleen de larven rovers, maar hebben de (vrouwelijke) muggen de taak prooihaarden op te sporen. Vlak bij een bladluiskolonie leggen ze een aantal langwerpige, oranje gekleurde eieren (Figuur 10, links). De larve die uit zo'n ei kruipt, heeft maar een actieradius van enkele centimeters, en moet binnen die cirkel haar eerste prooi overweldigen om te kunnen overleven. Hoe de blinde en “koploze” larve de prooi lokaliseert, is opnieuw een raadsel. Sommige onderzoekers suggereren dat de mug de eieren zo neerlegt, dat de uitkomende larve door rechtdoor te lopen vanzelf bij een prooi uitkomt. Erg plausibel lijkt dit niet, en in elk geval onvoldoende om het nu volgende predatiegedrag te kunnen verklaren. De larve schuift langzaam en uiterst voorzichtig in de richting van de bladluis. De prooi mag daarbij niet worden verstoord, want de predator is niet in staat een wegvlochtende bladluis te achterhalen. Na veel “tastende” bewegingen in de lucht maakt de voorkant van de predator contact met de bladluis, meestal bij een tarsus (“voet”). Dit gebeurt zo omzichtig, dat de bladluis het niet lijkt te merken. Soms ziet men een lichte reactie van de aangevallen poot, maar de bladluis blijft gewoon zitten. De predator injecteert nu een verlamdend middel, waardoor de bladluis niet meer in staat is om te vluchten. De eigenlijke predatie bestaat uit het leegzuigen van de lichaamsinhoud van de bladluis, die als een leeg ballonnetje achterblijft (Figuur 10, rechts). Ook komt het voor dat tientallen bladluizen dood aan de plant hangen met hun zuignoot nog in het blad, maar niet leeggezogen zijn. Jonge galmuglarven worden vaak over het hoofd gezien, omdat ze onder hun prooi liggen (Figuur 10, midden).

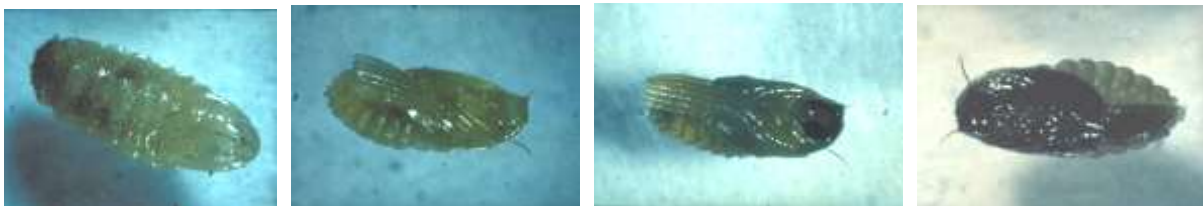


Figuur 10. Eieren (links), jonge larven (midden) en volgroeide larve (rechts) van van *Aphidoletes aphidimyza*

Uit de reeks van bladluispredatoren die OILB-onderzoekers in de loop der jaren hebben onderzocht, is *Aphidoletes* gekozen als de meest geschikte voor kassen. Een belangrijk argument was dat de galmuggen zich na loslating – beter dan andere bladluispredatoren - blijvend vestigen en opeenvolgende generaties ontwikkelen. In grondteelten zonder bodemontsmetting kunnen de predatoren zelfs overwinteren tot de volgende teelt. Een andere gunstige eigenschap is flexibele predatie, zoals uit detailstudies bleek. Bij hoge prooidichtheid doodt een galmuglarve veel meer bladluizen dan ze nodig heeft. Bij lage dichtheid daarentegen heeft ze aan slechts een stuk of vier bladluizen genoeg om het popstadium te kunnen bereiken. Voor het reguleren van een plaag is deze flexibiliteit belangrijker dan het kunnen verorberen van veel prooien.

Galmuggen hebben de ideale mate van specialisatie. Sluipwespen zijn vaak TE gespecialiseerd: ze parasiteren de ene bladluis wel, en laten een andere soort ongemoeid. Predatoren zijn vaak weer te weinig gespecialiseerd, en doden naast schadelijke ook nuttige organismen, zelfs soortgenoten. Galmuggen hebben (evenals zweefvliegen) de voor biologische bestrijding gewenste mate van specialisatie: Zij doden allerlei soorten bladluizen, maar nooit iets anders dan bladluizen, en ze zijn dus ook niet kannibalistisch.

De volgroeide larve van *Aphidoletes* laat zich van de plant vallen, kruipt in de grond of in het substraat en maakt daar een ijle cocon van zijde en aangehechte gronddeeltjes. (De spintpredator *Feltiella* maakt een dichtere cocon op het blad.). In dit stadium kan diapauze intreden, een rusttoestand waarin in de natuur de winter wordt ingegaan. Dit is afhankelijk van de daglengte tijdens de larvale ontwikkeling. Als de larve is opgegroeid bij lange dag (of als de diapauze doorbroken is), vindt de verpopping plaats. Aan de pigmentering van de pop (achtereenvolgens ogen, vleugels en poten) kan men de ontwikkeling van de pop volgen, en voorspellen wanneer de muggen uitkomen (Figuur 13).

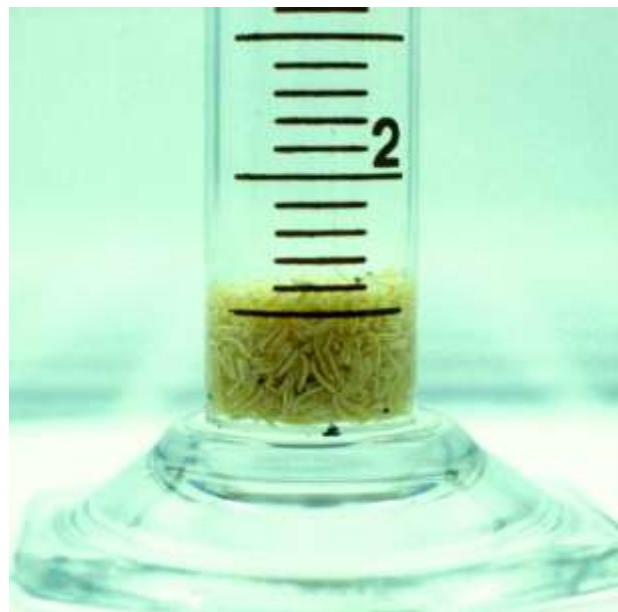


Figuur 13. Galmuglarve in diapauze (uiterst links) en de ontwikkelingsstadia na het door breken van de diapauze (foto's Pieter Reybroek)

Volgroeide galmuglarven kunnen geruime tijd onder water overleven, mits het water koel en zuurstofrijk is. Zelfs de verpopping kan onder water plaatsvinden, dan zonder coconvorming. Hiervan gebruik makend ontwikkelde PPO een methode om de larven te oogsten in gekoeld stromend water (Figuur 11). Beter dan bij verzamelen in grond, vermiculiet o.i.d. houdt men zo zicht op de geoogste hoeveelheid (Figuur 12). De beperkende factor voor de massakweek blijft echter de onmogelijkheid om galmuggen te kweken op iets anders dan levende bladluizen.



Figuur 11. De “muggenzifter”, opstelling voor het verzamelen van galmuglarven in gekoeld rondstromend water.



Figuur 12. Na verzamelen in water kunnen de galmuglarven gemakkelijk volumetrisch worden “geteld”: 1 ml bevat ongeveer 750 larven.

De inzetbaarheid van galmuggen wordt enigszins beperkt door hun gevoeligheid voor daglengte. Bij onvoldoende daglengte gaat de volgroeide larve na het vervaardigen van de cocon in winterrust (diapauze). Volgens Tsjechische laboratorium-onderzoek is de voor galmuggen kritische photoperiode 15½ tot 17 uur (afhankelijk van de breedtegraad waar ze zijn verzameld). Dit zou betekenen dat we ze alleen in de hoogzomer kunnen inzetten. In kassen blijkt diapauze echter onderdrukt te worden, waarschijnlijk door de hoge temperatuur. In een reeks van kasproeven bleken galmuggen hier veel langer actief dan verwacht, ongeveer van de voorjaars- tot de najaars-equinox. Omdat de korte-dagprikkel enige tijd moet aanhouden om effect te sorteren, kan eind februari al met het loslaten van galmuggen worden begonnen. Met een eenvoudige dagverlenging kunnen galmuggen jaarrond actief gehouden worden. Canadese onderzoekers hebben geprobeerd een diapauzevrije stam te selecteren voor jaarrond gebruik. Dit had slechts gedeeltelijk succes: de geselecteerde stam reageerde niet meer op de photoperiode, maar bleef wel gevoelig voor de thermoperiode.

Het is een wijd verbreid misverstand dat diapauze wordt doorbroken door het oplopen van de temperatuur in het voorjaar. In feite wordt diapauze juist door lage temperatuur het snelst opgeheven, met een optimum rond de 5 °C. In de natuur is diapauze een typisch fenomeen voor de herfst. Hartje winter is diapauze meestal al doorbroken, en zijn de insecten dus klaar om hun ontwikkeling voort te zetten zodra de temperatuur oploopt. Diapauze duurt echter niet eeuwig, en wordt ook bij hogere temperaturen vroeg of laat beëindigd. In kassen met hun relatief hoge bodemtemperaturen gaat (als er niet wordt bijgelicht) *Aphidoletes* in de loop van oktober in diapauze. Als er geen grondontsmetting wordt uitgevoerd en de grond niet is afgedekt, kunnen vanaf maart weer spontaan galmuggen verschijnen.

De belangrijkste tekortkoming van *Aphidoletes* is - zoals bij alle bladluispredatoren - de te lange generatieduur, met name de lange inactieve periode in de cocon. Hierdoor is de predatorpopulatie niet in staat de snelle aantalsschommelingen van de prooi te volgen. Na het uitroeien van de bladluizen wordt *Aphidoletes* slachtoffer van haar eigen specialisme: ze kan niet terugvallen op enige andere voedselbron. Bij een nieuwe aanvalsgolf van de bladluizen zijn er dan te weinig predatoren over om een bladluis-explosie te voorkomen. Onderzoekers van de Universiteit van Göttingen hebben daarom een methode ontwikkeld, waarbij de galmuggenkweek als het ware in het gewas wordt geplaatst ("offene Dauerzucht"). Hiervoor gebruikte men gespecialiseerde bladluizen, die niet schadelijk zijn voor het gewas. Zie verder hoofdstuk 4, Banker-planten.

In kasexperimenten van PPO werd over een aantal jaren de interactie van galmuggen met *Myzus* op het gewas paprika gequantificeerd. Daarbij werd een "kunstmatig evenwicht" in stand gehouden: de predator-populatie werd ondersteund door op gezette tijden bladluizen (meestal *Myzus* zelf) toe te voegen. In deze experimenten waren ook sluipwespen (Braconidae) aanwezig, spontaan of geïntroduceerd. Dit leverde de volgende kwantitatieve gegevens op: Wanneer planten met bladluizen werden aangeboden, werden daarop na 1, maximaal 2 dagen (beter: nachten) galmug-eieren gevonden. De meeste bladluiskolonies in het gewas werden gevonden en van eieren voorzien voordat ze groter waren dan 20 individuen. Het uitroeien van de kolonies duurde (vanaf ei-afzetting) gemiddeld 8 dagen, maximaal 3 weken. Een kolonie wordt gewoonlijk niet door een individuele predator, maar door een groep van ongeveer even oude galmuglarven uitgeroeid. Om tekort aan prooi te voorkomen, moesten om de 2 weken bladluizen worden toegevoegd. Zoals verwacht tendeert het evenwichtsniveau wat hoger te liggen dan bij een interactie met *Aphidius* (zonder hyperparasieten). Galmuggen hebben immers bladluiskolonies nodig, terwijl sluipwespen ook al individuele bladluizen kunnen aanvallen. Toch was het bestrijdingsresultaat over lange periodes vaak zeer acceptabel. Volwassen muggen waren altijd aanwezig, en wel zo talrijk dat ze gemakkelijk te vinden waren.

Op praktijkbedrijven hebben wij de bovenbeschreven situatie nog nauwelijks aangetroffen. Het belangrijkste probleem in de kleinschalige kasproeven, namelijk het (bijna) uitsterven van de bladluizen door overpredatie, trad daar nooit op. Het gebruik van bankerplanten verliest daarmee eigenlijk zijn zin, althans voor de ondersteuning van de galmugpopulatie. Waarom zou men immers bladluizen toevoegen, als er nog een veelvoud van de toegevoegde aantallen in het gewas aanwezig is? Ook werd de in kleine kasproeven gerealiseerde hoge dichtheid van volwassen galmuggen in de praktijk niet geëvenaard. Muggen vindt men hoogstens bij de loslaatpunten en verder nergens. In feite faalt dus ons basisschema (zie 3, laatste alinea)

op het moment dat de galmuggen het moeten overnemen van de inmiddels geparasiteerde sluipwespen. Voor het onvoldoende functioneren van *Aphidoletes* in de praktijk wordt een reeks van “verklaringen” gebezigd:

1. Kwaliteit van het geleverde materiaal.
2. Losgelaten muggen worden onvoldoende bevrucht.
3. Bodem niet toegankelijk voor verpopping (loopfolie).
4. Geïnduceerde voorkeur van *Aphidoletes* voor de vervangende prooi (graanluis).
5. Bankerplanten zijn te petieterig t.o.v. de biomassa van het gewas.
6. Bankerplanten worden niet consequent gebruikt. Juist als de bankerplanten goed functioneren (snel worden leeggegeten), stopt de tuinder er mee.
7. Volwassen muggen hebben last van zwavelverdamers.
8. Alle stadia hebben last van chemische middelen.
9. Predatie op galmuglarven door andere natuurlijke vijanden (roofwantsen, roofmijten).
10. Predatie door mieren.

De conclusie is in elk geval, dat tussen de potenties van *Aphidoletes* en het feitelijk functioneren in de praktijk nog een groot hiaat gaapt.

3.3 Andere predatoren

3.3.1 Gaasvliegen

Naast galmuggen wordt een aantal andere bladluispredatoren gebruikt, meestal met de bedoeling bladluishaarden snel op te ruimen zonder gebruik van insecticiden. Gaasvliegen zijn hiervan de minst gespecialiseerde (Figuur 14). Van de enkele tientallen soorten die in onze omgeving voorkomen, is de groene gaasvlieg *Chrysoperla carnea* de meest gebruikte. Deze keuze voor deze soort is niet gemaakt op basis van predator-eigenschappen, maar omdat deze soort het gemakkelijkste te kweken is. Het Institut für biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt ontwikkelde een kweekmethode inclusief een dieet voor de larven. Verder onderzoek richt zich op de ontwikkeling van een chemisch geheel gedefinieerd vloeibaar dieet, aangeboden in de vorm van kleine druppels met een paraffine-omhulsel (“kunst-eieren”).



Figuur 14. Larve (links) en adult (boven) van groene gaasvlieg (foto's A. van Frankenhuyzen)

De volwassen gaasvlieg (van deze soort) is geen predator, maar leeft van nectar en stuifmeel. De larve is zeer beweeglijk, maar ook zeer gemakkelijk te verstoren. Ze heeft een hoge predatiecapaciteit, en doodt in de loop van haar ontwikkeling honderden bladluizen. Ze valt verder ongeveer alles aan wat ze fysiek kan overmeesteren, ook soortgenoten. Mogelijk verklaart dit dat de wijfjes hun eieren afzetten op extreem lange steeltjes, buiten bereik van op het blad rondscharrelende broertjes en zusjes. De kaken hebben de vorm van een tang, waarmee de prooi eerst wordt gegrepen en vervolgens via een inwendig kanaal leeggezogen.

De sterke neiging tot kannibalisme maakt de kweek omslachtig, omdat elke larve in een apart celletje moet worden gehouden. Een andere consequentie van kannibalisme is de onmogelijkheid in het gewas hoge dichtheden van deze predator te realiseren.

Evenals *Aphidoletes* is *Chrysoperla* daglengtegevoelig. In de zomermaanden komen in kassen vaak spontaan naast groene gaasvliegen ook bruine gaasvliegen van het geslacht *Hemerobius* voor. Bij deze soort is ook de adult een predator. De eieren zijn ongesteeld, en worden direct op het blad afgelegd. Spontaan optreden is een aanwijzing voor goed aangepast zijn aan het kasmilieu. Deze soort wordt echter niet op grote schaal gekweekt.

3.3.2 Zweefvliegen



Figuur 15. Larve (boven) en adult (links; foto CSO) van de zweefvlieg *Episyrphus balteatus*

In tegenstelling tot gaasvliegen behoren zweefvliegen (Syrphidae) tot de echte vliegen, dus tweevleugeligen. De adulten zijn typische bloembezoekers, die leven van nectar en stuifmeel en soms honingdauw. Uiterlijk bootsen ze wespen, bijen of hommels na (mimicry). Iedere natuurgids kent het standaard-trucje om stedelingen te laten griezelen: met je blote handen zo'n "schijnwesp" van een schermbloem grissen. De larven van zweefvliegen zijn maden, dus kop- en pootloos. De larven van sommige soorten zijn - net zoals de larven van *Aphidoletes* - gespecialiseerde bladluispredatoren. Bladluizen worden in hun geheel ingeslikt. Zweefvlieglarven hebben een hoge predatiecapaciteit, vergelijkbaar met die van gaasvlieglarven. Omdat het gespecialiseerde predatoren zijn, is kannibalisme geen probleem.

Studies over zweefvliegen hebben meestal betrekking op buitenpopulaties, in de fruitteelt, de bosbouw en in (half)natuurlijke vegetaties. Ze worden als milieu-indicatoren beschouwd. Sinds enkele jaren wordt de in onze contreien meest voorkomende soort, *Episyrphus balteatus*, commercieel aangeboden als bladluisbestrijder in kassen. De praktijk-ervaringen zijn nog beperkt, maar op paprikabedrijven werden bemoedigende resultaten geboekt.

Zoals de meeste hogere vliegen zijn Syrphidae sterke vliegers, waarvoor een kas maar een klein speelveld is. Het aanbieden van bloeiende planten als stuifmeelbron zou juist voor deze insecten efficiënt kunnen zijn. Meer dan bij stuntelige vliegers zoals gaasvliegen en lieveheersbeestjes, lijkt het bij zweefvliegen aannemelijk dat ze inderdaad voedsel komen halen en weer terugkeren naar het gewas, omdat dat overeenkomt met hun natuurlijke gedrag. Een nader onderzoek hiervan is de moeite waard. Als

daarmee hun functioneren kan worden verbeterd, kunnen zweefvliegen een waardevolle aanvulling worden in het pakket bladluisbestrijders, mogelijk zelfs *Aphidoletes* vervangen.

3.3.3 Lieveheersbeestjes

Coccinellidae vormen een soortenrijke familie, waarin zich veel bladluisbestrijders ophouden. OILB-onderzoekers uit verschillende landen hebben een aantal soorten bestudeerd voor inzet in kassen (Figuur 16), te weten (voor de stippentellers:) *Adalia 2-punctata*, *Coccinella 7-punctata*, *Adalia 10-punctata*, *Propylea 14-punctata*. De eindconclusie was gewoonlijk dat de predatiecapaciteit van zowel adulten als larven hoog is, maar de voortplanting onder kas-omstandigheden onvoldoende.

Figuur 16. Pas uitgekomen (rechts) en volgroeide (onder) larven van lieveheersbeestje (foto's GCRI Littlehampton)



Lieveheersbeestjes waren geruime tijd de meest gebruikte predatoren voor haardbestrijding. Dit betrof kevers van de soort *Hippodamia convergens*, die niet waren gekweekt, maar ingevoerd uit het zuidwesten van de Verenigde Staten, waar ze in de natuur worden verzameld. Lieveheersbeestjes hebben namelijk de neiging zich aan het einde van het reproductieve seizoen in enorme aantallen te verzamelen op elk jaar dezelfde plekken, om te overwinteren, of om droogteperiodes te overbruggen. Ondanks de transportkosten en de aanzienlijk uitval in dit "wilde" materiaal, was dit toch veel goedkoper dan het loslaten van gekweekte larven.

In de praktijk wordt vaak bekritiseerd dat lieveheersbeestjes bladluishaarden wel snel opruimen, maar daarbij onvoldoende nauwkeurig te werk gaan. Wanneer de kevers de haarden verlaten, blijven er nog voldoende bladluizen achter om weer snel een nieuwe haard te vormen. Van de vitale kevers gaan er in de praktijk bovendien nog veel verloren doordat ze meteen na loslating tegen het kasdek vliegen en daar in de condens blijven plakken. Een Leids onderzoeker probeert lieveheersbeestjes meer "honkvast" te maken door een stam te kweken die genetisch ongevlugeld is. De effectiviteit hiervan moet nog worden aangetoond.

In het jaar 2002 heeft Artemis, de vereniging van producenten en leveranciers van biologische bestrijders, een einde gemaakt aan de praktijk van het in het wild verzamelen, om discussies met faunabeschermers te vermijden. Daar waren ook technische argumenten voor. In de natuur verzamelde Coccinellidae zijn vaak aangetast door schimmelziektes, en geparasiteerd door sluipwespen (zie figuur 17) en Tachiniden (sluipvliegen).



Figuur 17. Parasitering van het lieveheersbeestje *Hippodamia convergens* door een sluipwesp die werd gekweekt uit in het wild verzamelde kevers.

Ter vervanging van deze Amerikaanse kevers zijn de massakweken van het Aziatische lieveheersbeestje *Harmonia axyridis* opgeschaald. Deze soort is echter sinds het midden van de 80-er jaren in Amerika op een negatieve manier in de publiciteit gekomen. Grote aantallen van deze kever dringen huizen binnen op zoek naar een overwinteringsplaats, en veroorzaken overlast. Inmiddels heeft hij zich ook in Europa gevestigd, en faunabeschermers maken zich zorgen over de eventuele verdringing van inheemse soorten. Hoewel er nu eigenlijk geen rationeel ecologisch argument meer is om verdere introducties te verbieden, willen producenten van natuurlijke vijanden niet meer met deze soort geassocieerd worden. Men zal dus moeten overschakelen op het kweken van een van de inheemse Coccinellidae. Hoe het ook zij, feit is dat de inzet van lieveheersbeestjes duurder is geworden, en dat tuinders vaker teruggrijpen op insecticiden voor het corrigeren van bladluishaarden.



Foto 18. Het Aziatische lieveheersbeestje *Harmonia axyridis* wordt gekenmerkt door een extreem grote variatie in kleurenpatroon (foto OSU Extension)

4 Banker-planten

Een bankerplantsysteem voor de ondersteuning van de biologische bladluisbestrijding in kassen werd al in de zeventiger jaren ontwikkeld door de universiteit van Göttingen in het kader van een veeljarig onderzoek aan *Aphidoletes*. Aanvankelijk gebruikte men (dwergrassen van) tuinbonen als waardplanten, en op vlinderbloemigen gespecialiseerde bladluizen (wikkelluis, erwtebladluis) als prooi. Omdat deze bladluizen niet zo goed bestand zijn tegen kascondities in de zomermaanden, werd later overgeschakeld naar een systeem met graanluizen op zaailingen van gerst. Dit systeem werd geoptimaliseerd door de Fachhochschule Weihenstephan uit Freising (bij München), met name op het punt van de geschiktheid van de graanrassen en graanluissoorten. Van daaruit werd het naar Naaldwijk gehaald in de negentiger jaren, naar aanleiding van de problemen met de beheersing van “rode luis”.

De producenten van natuurlijke vijanden waren aanvankelijk geen voorstanders van deze methode. Het werd gezien als concurrerend met de verkoop van hun producten (vooral *Aphidius*), en bekritiseerd als een aanzet tot onprofessionele doe-het-zelfpraktijken bij tuinders. Enkele op gewasbescherming gespecialiseerde voorlichters van toeleveringsbedrijven (Ronald Valentin van Van der Valk, Alex Taal van Maasmond) zagen wél de voordelen van deze methode. Samen met enthousiaste paprikatelers en studenten van de Agrarische Hogeschool Delft werden praktische ervaringen verzameld en verbeteringen aangebracht (Figuur 19). Inmiddels bleek dat “rode luis” ook met de inzet van verhoogde aantallen *Aphidius*



Figuur 19. Massaal gebruik van graanluisbankers op paprikabedrijf C. Duyvesteyn te Maasdijk

niet voldoende in bedwang kon worden gehouden, zodat de losse verkoop van sluipwespen weer afnam. De producenten besloten daarom bladluiskoppekers als product in hun sortiment op te nemen, eerst Biobest, en het jaar daarop ook Koppert. Toen eenmaal deze marktleiders hun naam er aan hadden gekoppeld, werd de methode snel verspreid, niet alleen in Nederland, maar ook in de omliggende landen en in Canada.

Ietswat geruisloos is in de loop van de tijd de functie van de koppekerplanten veranderd. Bedoeld als ondersteuning voor galmugpopulaties, werd het in feite een introductiemethode voor sluipwespen. Ten opzichte van traditionele loslating hebben koppekerplanten de volgende voordelen:

1. Preventieve introductie van sluipwespen. Het is moeilijk het begin van een bladluis-aantasting via scouting op tijd te ontdekken. Preventieve loslatingen van *Aphidius* zijn te kostbaar. Met koppekerplanten kan men er voor zorgen dat er altijd sluipwespen in het gewas aanwezig zijn.
2. Gespreide loslating. Wegens de korte levensduur van de wespen zouden loslatingen vaak herhaald moeten worden. Koppekerplanten produceren een constante stroom van sluipwespen.
3. De kosten per geïntroduceerde sluipwesp zijn bij koppekerplanten veel lager. Anders gezegd: Voor gelijke kosten kan een veel groter aantal wespen in het veld worden gebracht.
4. Sluipwespen die in de kas worden geboren en meteen aan de slag kunnen, presteren beter dan wespen die vanuit een massakweek worden geïntroduceerd.

Als nadelen worden genoemd:

5. De wespen zouden zich kunnen aanpassen aan en een voorkeur kunnen ontwikkelen voor de verkeerde gastheer (graanluizen).
6. De koppekers zouden de eerste invalspoorten voor hyperparasieten kunnen vormen.

Met het oog op punt 5 werden in de in Hoofdstuk 6 beschreven proeven koppekerplanten gebruikt met dezelfde bladluizen als op het gewas (*Myzus persicae*).

5 Chemische bestrijding

Uit de eigenschappen van de momenteel beschikbare natuurlijke vijanden volgt dat bladluisbestrijding met *uitsluitend* biologische middelen kans van slagen heeft op tomaat, onwaarschijnlijk is op paprika en aubergine, en onmogelijk op komkommer. Correctiemiddelen zijn daarom nodig, die zowel voldoende effectief als selectief moeten zijn; selectiviteit is extra belangrijk in teelten waar hommels of bijen worden ongezet. Niet-selectieve middelen worden ingezet voorafgaand aan de biologische bestrijding, om de startpopulatie van de plaag op een zo laag mogelijk niveau te brengen; ook aan het eind van het teeltseizoen, op een moment dat geïntegreerde bestrijding van het gehele plaagcomplex niet langer is vol te houden, of ook om hygienische redenen (schone start in het volgende seizoen). Een typisch moment voor de inzet van selectieve middelen is tussen het loslaten van de natuurlijke vijanden, en de eerste piek van de plaagpopulatie. Omdat bladluizen in de beginfase sterk geclusterd voorkomen, kan vaak worden volstaan met plaatselijke toepassing. In het verdere verloop van het seizoen worden deze middelen achter de hand gehouden om heropleving van de plaag te voorkomen. De bedoeling van deze correcties is niet alleen de plaagdichtheid te verlagen, maar vooral ook om de aantalsverhoudingen tussen natuurlijke vijand en plaag in de gewenste richting te verschuiven.

Selectiviteit kan op verschillende manieren worden bereikt:

1. Selectiviteit kan berusten op verschillen in gevoeligheid van een organisme voor een bepaald middel, b.v. doordat het fysiologische aangrijpingspunt van het toxine meer of minder gevoelig is of zelfs ontbreekt, of doordat het toxine sneller of langzamer wordt afgebroken of uitgescheiden. Voorbeelden van deze “echte selectiviteit” vinden we bij pirimicarb (Pirimor) en pymetrozine (Plenum). De ontdekking van dit soort stoffen was in zekere zin toevallig, althans niet gericht op de ontwikkeling van selectieve middelen. Omdat bladluizen vaak niet of niet meer gevoelig bleken voor gangbare insecticiden, ging de industrie op zoek naar specifieke aphiciden (bladluisdoders). Men nam dan op de koop toe dat zulke middelen minder werkzaam waren tegen andere plagen, en scoorde als bijkomend voordeel dat bladluispredatoren werden gespaard. Men moet zich blijven realiseren dat ongevoeligheid voor insecticiden vaak betrekkelijk is, en afhankelijk van de gebruikte dosering. Verschillen in gevoeligheid zijn waarschijnlijker naarmate plaag en natuurlijke vijand minder verwant zijn, b.v. bij bestrijding van een insectenplaag met roofmijten, of omgekeerd een mijtenplaag met roofinsecten. Bij sluipwespen (en Hymenopteren in het algemeen) komt ongevoeligheid voor insecticiden niet voor, en is ook geen resistentie-ontwikkeling te verwachten.
2. Niet-selectieve middelen kunnen op een selectieve manier worden toegepast. Bij bladluisbestrijding is vooral de toediening van systemische middelen een belangrijk hulpmiddel voor de geïntegreerde bestrijding. Natuurlijk vijanden komen met deze middelen niet of minder direct in aanraking.
3. Selectiviteit kan ook berusten op de levenswijze van de organismen. Bij het gebruik van een contact-insecticide zijn in principe alle ontwikkelingsstadia van bladluis kwetsbaar, maar een gedeelte van de sluipwespenpopulatie zit beschermd binnen in de bladluis(mummie). Daardoor zijn na een eenmalige ingreep zelden alle sluipwespen verdwenen.

5.1 Synthetische middelen

Ondanks alle klachten over het verdwijnen van pesticiden, beschikt de sector juist voor de bladluisbestrijding weer over een aantal zeer effectieve middelen (Tabel 3). Vooral de aphiciden met systemische werkzaamheid zijn uitermate geschikt voor inpassing in een geïntegreerd schema. Toch is de verhouding tussen deze middelen en de biologische bestrijding ambivalent. Door de combinatie van goede werkzaamheid, gemakkelijke toepasbaarheid (via voedingsoplossing) en combineerbaarheid met de biologische bestrijding van andere plagen, zijn ze ook concurrenten voor de biologische bladluisbestrijding. Dat leidt tot gecompliceerde discussies, waarbij de objectiviteit vaak uit het oog wordt verloren.

Het eerste selectieve aphicide, pirimicarb (Pirimor van ICI), werd in de zeventiger jaren nog verwelkomd als redder van de biologische bestrijding. Biologische bladluisbestrijding verkeerde toen nog in

een experimenteel stadium, en de toelating van dit middel zorgde er voor dat het gebruik van *Phytoseiulus persimilis* en vooral *Encarsia formosa* in stand kon blijven. Daardoor heeft het middel een wat rooskleuriger reputatie gekregen dan het eigenlijk verdient. In werkelijkheid is dit middel wel degelijk schadelijk voor sluipwespen, en de inzet van *Encarsia formosa* in Zuid-Europa werd ernstig bemoeilijkt doordat dit middel daar vaker dan bij ons ingezet moest worden. Minder opvallend is het effect op roofmijten, maar in een praktijkproef bleek een populatie van *Amblyseius cucumeris* volledig te worden uitgeroeid door een reeks van 3 behandelingen met dit carbamaat.

Het systemische middel imidacloprid (Admire van Bayer), dat in de negentiger jaren verscheen, werd minder vriendelijk ontvangen. Inmiddels had de biologische bestrijding van bladluis voet aan de grond gekregen. Hoewel het middel, indien aangevoten, zeer goed met biologische bestrijding te combineren is, werd het toch vooral als concurrent gezien. De nadelen van het middel werden breed uitgemeten, terwijl de nadelen van de alternatieven (Pirimor, Spruzit) werden verzwegen. Er is natuurlijk nauwelijks een insecticide te bedenken dat volledig onschadelijk is voor elk nuttig insect. Momenteel zien we een soortgelijke discussie rond het verwante middel thiacloprid (Calypso).

In deze discussie worden biologische en chemische bestrijding tegenover elkaar gesteld. De achterliggende vrees voor overdadig gebruik van nieuwe chemische middelen gevolgd door spoedige resistentie-ontwikkeling, is op zichzelf gegrond. Er spelen echter ook allerlei commerciële belangen een rol. Nuttiger voor de sector was de policy van Bayer, die van het middel imidacloprid een speciaal voor de geïntegreerde bestrijding geschikte formulering op de markt bracht. Dit systemisch middel wordt extreem laag gedoseerd. Bij locale toepassing op kleine haarden ontstaat het praktische probleem dat de benodigde hoeveelheid middel met gangbare apparatuur niet meer af te wegen is. Daardoor wordt in de praktijk noodgedwongen vaak te veel bestrijdingsmiddel aangemaakt en dus weggegooid. Ten behoeve van de geïntegreerde bestrijding werd het middel daarom (mede) in tabletvorm op de markt gebracht (Orbit, later Bilogic) voor de behandeling van kleine bladluishaarden.

Tabel 3. Synthetische insecticiden geschikt voor de geïntegreerde bestrijding van bladluis, met milieubelastings-punten per kg of liter geformuleerd product
(www.agralin.nl/milieumeetlat/glas.html)

	handelsnaam	fabrikant	toediening	integreerbaar	milieu-belasting
imidacloprid	Admire	Bayer	sputen	niet	1
			systemisch	goed	1
pirimicarb	o.a. Pirimor	Syngenta	sputen	redelijk	26
			roken	goed	6
pymetrozine	Plenum	Novartis	sputen	goed	1
			systemisch	zeer goed	1
thiacloprid	Calypso	Bayer	sputen	goed	1
			systemisch	zeer goed	1
triazamaat	Aztec	Basf	sputen	goed	12
			ruimtebehandeling	goed	28
ter vergelijking: pyridaben			sputen	niet	13.000
			ruimtebehandeling	niet	33.000

Bij een beheerst gebruik van insecticiden moet behalve naar de frequentie ook naar de dosering worden gekeken, met name bij systemische middelen. De labeldosering is gebaseerd op de minst gevoelige bladluis, en op een gemiddelde situatie. Het is gemakkelijk in te zien dat een kleine plant minder middel

vraagt dan een volgroeid en zwaar belast gewas met stagnerende groei. Voorbeeld: In een proefkas met jonge komkommers (net aan de draad) werd één kolonie van katoenluis bestreden door imidacloprid in de voorgeschreven dosis aan te gieten bij enkele planten (2 matten). De kolonie stierf zoals verwacht uit binnen twee dagen. In de daaropvolgende week gingen ook de katoenluizen elders in de kas dood, die alleen via de gerecirculeerde voedingsoplossing het middel binnen hadden gekregen. De verdunning van het middel moet, zelfs als we verlies en afbraak buiten beschouwing laten, meer dan een factor 10 zijn geweest.

Uiteraard hangt het er van af welk(e) nuttig(e) organisme(n) ontzien moet worden. Doorvergiftiging verloopt bij een predator anders dan bij een parasitoïde. Ook is van belang of de natuurlijke vijand zich uitsluitend met de prooi voedt (spintroofmijt, galmuglarve, zweefvlieglarve, sluipwesplarve), honigdauw eet (galmug, volwassen sluipwesp), stuifmeel eet (tripsroofmijt, *Orius*, zweefvlieg) of aan de plant zuigt (*Macrolophus*). Er kan dus winst worden geboekt door de dosering aan te passen aan de specifieke situatie. Ook hertegen zal ongetwijfeld oppositie worden gevoerd, waarbij geargumenteed zal worden vanuit resistentie-management, maar feitelijk commerciële overwegingen in het spel zijn.

5.2 Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong (GNO's)

In de natuur komen talloze stoffen voor met een insectendodende- of afwerende werking. De meeste worden geproduceerd door planten of microorganismen. Hun werkzaamheid berust vaak op de continue aanmaak door een levend organisme. Voor praktisch gebruik zijn ze chemisch gewijzigd en nagebootst, met name om de persistentie te verhogen. De bekendste groep zijn de pyrethroïdes, afgeleid van een gifstof uit chrysantebloemen. Alleen pyrethrines kunnen als GNO worden aangemerkt; de overige pyrethroïdes worden langs synthetische weg geproduceerd. Sommige moderne insecticiden (abamectine, spinosad) worden niet gesynthetiseerd maar uit schimmelcultures verkregen.

De laatste jaren is er een groot aantal GNO's op de markt verschenen, mogelijk gemaakt door een gedoogbeleid van de overheid. Men wilde geen struikelblokken voor de voeten leggen van de biologische landbouw, die op dit soort stoffen is aangewezen maar te klein is om op wettelijk toelatingen te kunnen rekenen. Verondersteld werd dat deze stoffen althans ecologisch niet schadelijk zouden zijn, en dat de gebruikers wel zouden schiften tussen werkzame en niet-werkzame stoffen.

Hieruit ontstond een onoverzichtelijke situatie, gekenmerkt door onbewezen claims en "kofferbakverkoop". Het project GENOEG, uitgevoerd door het Centrum voor Landbouw en Milieu in samenwerking met PPO Glas, heeft geprobeerd hierin weer wat ordening aan te brengen. De in dit project geproduceerde lijst van beschikbare producten is weliswaar lang, maar blijkt bij nadere beschouwing te bestaan uit veel commerciële varianten en formuleringen van slechts een klein aantal werkzame stoffen.

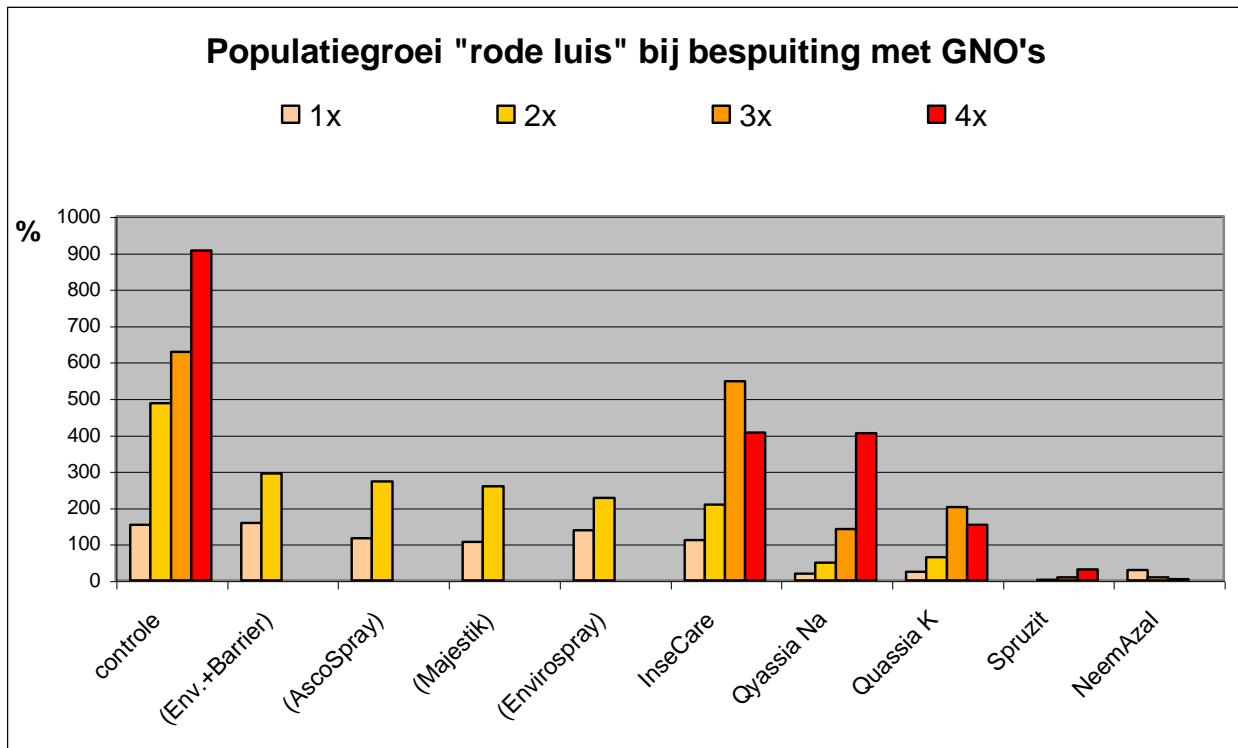
In het hier beschreven project werden in drie opeenvolgende jaren een aantal GNO's getest op bladluis in paprika. Tabel 4 geeft een overzicht van de getoetste middelen. Met uitzondering van Spruzit hebben de middelen geen toelating in Nederland, althans niet als insecticide. De middelen van Denka werden speciaal voor dit onderzoek geformuleerd en kostenloos aan PPO ter beschikking gesteld. Met nadruk wordt gesteld dat PPO alleen een oriënterend onderzoek heeft willen uitvoeren naar de *werkzaamheid* van middelen, maar geen uitspraak doet over het door de fabrikanten geclaimde werkings*mechanisme*. Dit geldt vooral voor de middelen die een fysische werking zouden hebben. De claim dat een spuitmiddel enerzijds schadelijke organismen inkapselt en verstikt, anderzijds geen effect heeft op de blad-ademhaling en zelfs de groei van de plant stimuleert, behoeft op zijn minst enige uitleg.

De middelen werden getest op "rode luis" (2000 en 2001) en op boterbloemluis (2002). In 2001 werden de proeven uitgevoerd op paprikaplanten op watertafels, in de beide andere jaren op kunstmatig aangebrachte kolonies in een paprikagewas. In de drie proefjaren werden respectievelijk 4, 9 en 7 middelen vergeleken, de proefopzet bestond uit 4, 3 en 6 ruimtelijke herhalingen, en de bespuitingen werden in de tijd 3, 4 en 4 keer herhaald. Het tijdsinterval tussen twee bespuitingen was 1 week. Vlak voor elke volgende bespuiting werd een telling uitgevoerd, met de eindbeoordeling 1 week na de laatste bespuiting.

Tabel 4. De in onderstaande proeven gebruikte Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong (GNO's) met samenstelling en aanbevolen dosering volgens opgave van de fabrikant.

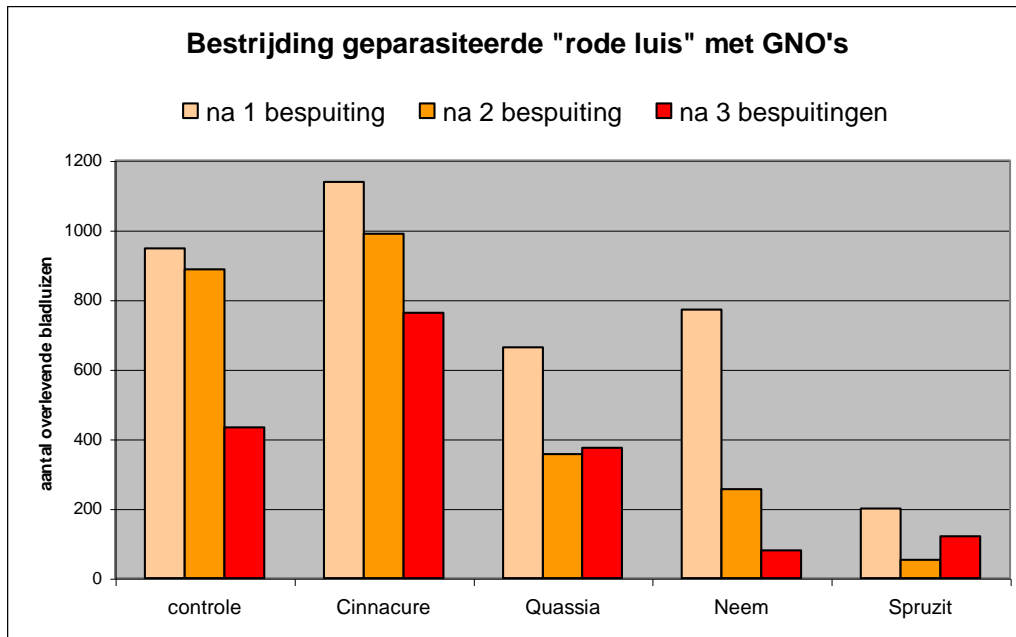
	code en/of werkzame stof	fabrikant	dosering
AscoSpray	zeewier	ASCO Nederland B.V.	50 %
Barrier	gelatine	Envirocare Products	0,3 %
Cinnacure	30 % cinnamaldehyde	Proguard INC.	0,3 %
Envirospray	'pink'; plantaardige oliën en zeewier-extract	Envirocare Products	0,2 %
InseCare	H; vetzuren van plantaardige oliën	EcoProtecta	0,75 %
Majestik	suikerpolymeer	Hortichem	2,5 %
Neem	CNKO	Denka International	2,5 %
Neem-Azal	4 % neemzaad-extract, 1% azadirachtine	Scotts Celafor GmbH	0,4 %
Quassia	CQKO	Denka International	2,5 %
Quassia-K	QK00C	Denka International	2,5 %
Quassia-Na	QNa00C	Denka International	2,5 %
Spruzit	40 g/l pyrethrinen + 160 g/l piperonylbutoxide	W. Neudorff GmbH KG	0,1 %
Telmion	koolzaad-olie	Hoechst	2 %

Een reeks GNO's werd getest op door "rode luis" gekoloniseerde paprikaplanten in potten. Met 4 behandelingen waren alleen Spruzit en Neem effectief, waarbij Spruzit de beste aanvangswerking (knock-down effect) liet zien. Met de andere middelen werd geen afname van de aantallen bladluis bereikt. Op zijn hoogst is er sprake van een - in vergelijking met de controle - geremde toename (Figuur 20).

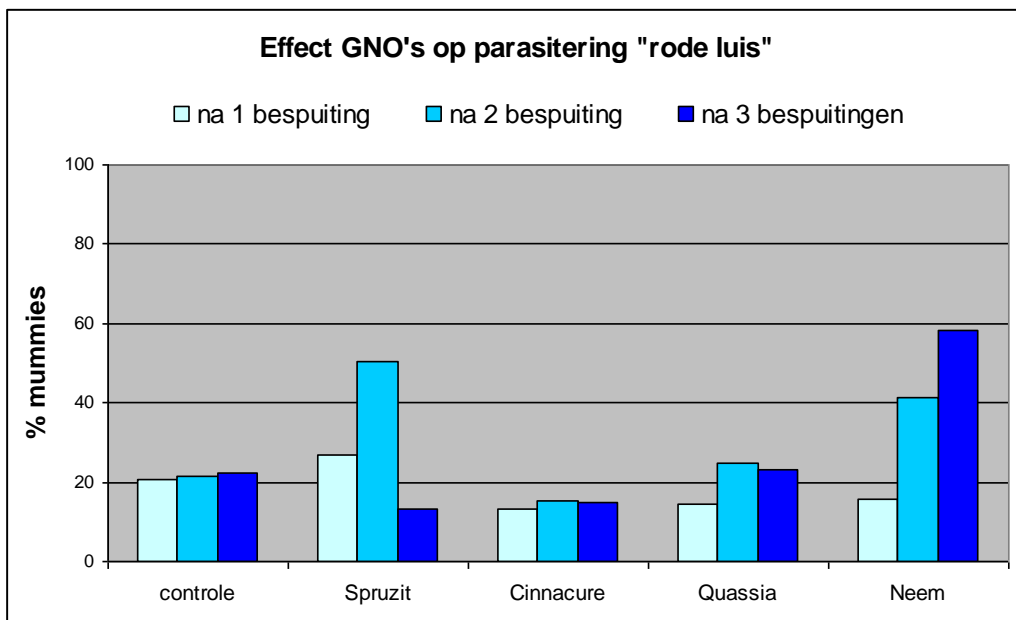


Figuur 20. Populatieontwikkeling van "rode luis" bij 4 wekelijkse behandeling met GNO's. Weergegeven is het aantal bladluizen ten opzichte van het aantal op de dag van de 1^{ste} bespuiting. Bij de middelen tussen () zijn de tellingen na 2x gestaakt wegens onvoldoende effect van het middel.

In een gewasproef werd gespoten op reeds door *Aphidius* geparasiteerde bladluiskolonies (hetgeen verklaart waarom in deze proef ook in de controle de bladluisaantallen afnemen). Daardoor kon ook iets worden gezegd over het effect van GNO's op sluipwespen. De in Figuur 21 gepresenteerde cijfers zijn dus een optelsom van het effect van een middel en de bestrijding (parasitering en verstoring) door een sluipwesp. Bij alle middelen bleef een deel van de sluipwesppopulatie in stand. Spruzit doodt bladluizen en sluipwespen in ongeveer gelijke mate. Bij Cinnacure zien we een averechts effect: Het effect op de bladluizen is gering, maar de sluipwespen hebben er blijkbaar meer last van. Het eindresultaat is daardoor zelfs slechter dan de controle. Alleen bij Neem lijkt het gewenste effect op te treden: afnemende aantallen bladluizen, en een oplopend parasiteringspercentage (Figuur 22). Verder onderzoek zou moeten aangeven of dit effect reproduceerbaar is, en wat de optimale dosering en timing is.

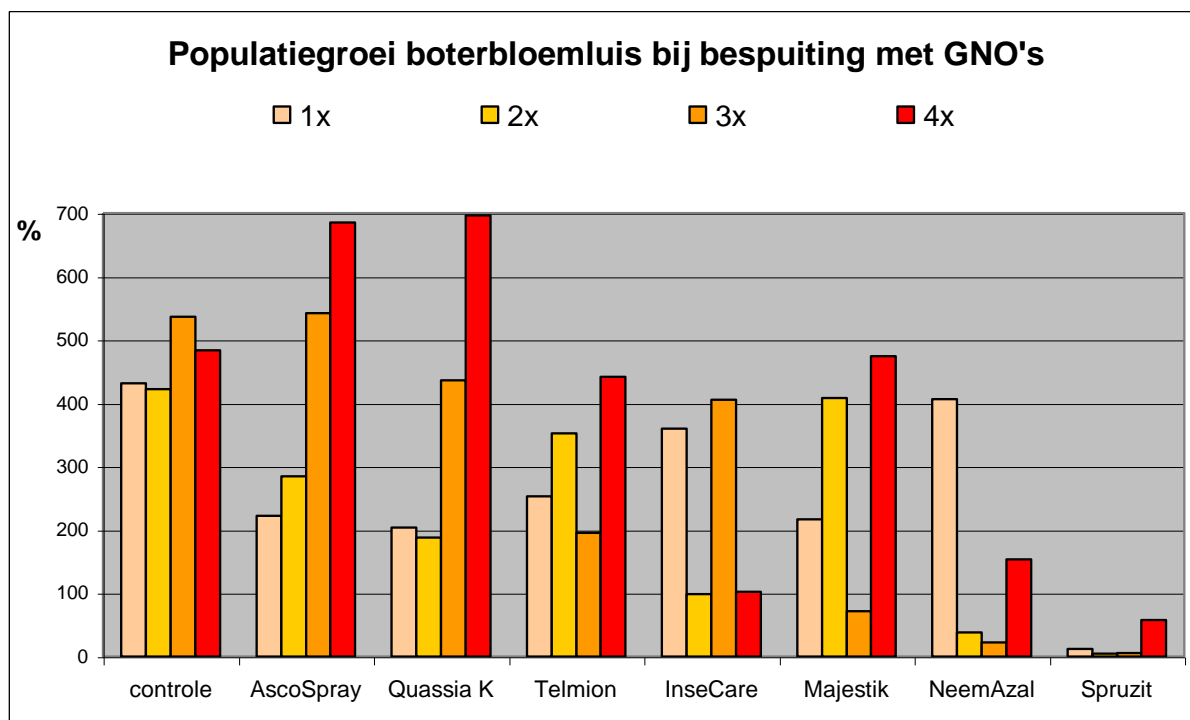


Figuur 21. *Ontwikkeling van geparasiteerde kolonies van "rode luis" bij 3 wekelijkse bespuitingen met GNO's.*



Figuur 22. *Verloop parasiteringspercentage van "rode luis" bij 3 wekelijkse bespuitingen met GNO's.*

Eveneens in een gewasproef werden GNO's getest op kolonies van boterbloemluis. De resultaten van deze proef vertonen een soms wat grillig patroon, maar opnieuw blijkt Spruzit het beste aphicide (Figuur 23). Zelfs met dit middel zijn er echter na 4 bespuitingen nog steeds bladluizen aanwezig. Gezien de lage schadedrempel die bij boterbloemluis wordt gehanteerd, is er dus nog steeds sprake van onvoldoende effect.



Figuur 23. Populatieontwikkeling van boterbloemluis bij 4 wekelijkse behandeling met GNO's. Weergegeven is het aantal bladluizen ten opzichte van het aantal op de dag van de 1^{ste} bespuiting.

Verschillende producten bevatten plantaardige oliën, en daarbij moet rekening worden gehouden met fytotoxische effecten. Zichtbare fytotoxiciteit in de vorm van donkere vlekken, vooral op jong, onvolgroeid paprikabladd, trad in onze proeven op bij Quassia, Neem en Telmion. In de praktijk wordt ook fytotoxiciteit gemeld van Spruzit, maar dat is blijkbaar vermijdbaar. Bij fytotoxiciteit speelt met name de formulering een (positieve of negatieve) rol. Bij Quassia was de K-formulering minder fytotoxisch dan de Na-formulering. Bij Majestik was sprake van zichtbaar residu.

In vergelijking met synthetische aphiciden zijn de bestrijdingseffecten van GNO's kortstondig, zoals werd bevestigd door niet-gequantificeerde waarnemingen na afloop van de proeven en door praktijkwaarnemingen. Er is een reeks van behandelingen nodig voor een vaak matig effect. Als niet aansluitend de bestrijding wordt overgenomen door een natuurlijke vijand, zullen de bladluizen de verliezen in hun gelederen weer snel aanvullen. In de *geïntegreerde* bestrijding heeft Spruzit de afgelopen jaren een bescheiden rol vervuld. Momenteel neemt het gebruik van dit middel af door concurrentie met synthetische aphiciden. Het knelpunt ligt vooral bij de *ecoteelten*. Het middel Neem is in Nederland (nog?) niet toegelaten, en Spruzit bevat naast natuurlijk pyrethrum een synthetische synergist, wat wordt gedoogd bij gebrek aan een alternatief. Bovendien vinden ecotelers de frequente inzet van correctiemiddelen sowieso ongewenst, zelfs al zijn dat GNO's.

6 Geïntegreerde bestrijdingsstrategieën

In het ideale geval wordt bij biologische bestrijding een interactie tussen een plaag en haar natuurlijke vijand(en) op gang gebracht, die dan verder “onderhoudsvrij” verloopt tot het einde van de teelt. Bij bladluizen is dat althans met de huidige middelen niet mogelijk, en moet het systeem worden ondersteund en/of gecorrigeerd. In de hieronder beschreven strategieën wordt uitgegaan van kunstmatige introductie van *Aphidius matricariae* en *Aphidoletes aphidimyza*, beide uit eigen kweek van PPO, en kunnen daarnaast spontaan optredende natuurlijke vijanden een rol hebben gespeeld. De proeven werden uitgevoerd in proefkassen met 120 à 180 paprikaplanten, en op paprikabedrijven van 1 à 1,6 ha.

De kleine proefkassen werden bemonsterd door het gewas wekelijks te inspecteren. Wanneer een aanzienlijke toe- of afname van de bladluispopulatie werd vastgesteld, werd een bladmonster geplukt en onder een binoculair afgezocht op aanwezigheid van bladluizen, mummies en predatoren. De monstergrootte varieerde van 30 bladeren bij hoge bladluisdichtheid tot 200 bladeren bij lage dichtheid. In de loop van het project bleek dat de aantalsfluctuaties voldoende in beeld werden gebracht door slechts de incidentie (percentage bladeren met 1 of meer levende bladluizen) te bepalen, en werd bezuinigd op de tijdrovende tellingen.

De praktijkproeven werden beoordeeld via een veertiendaags bedrijfsbezoek. Bij die gelegenheid werden de recente gebeurtenissen met de tuinder doorgesproken aan de hand van diens gewasbeschermingsregistratie, en werden vangplaten, bladluishaarden en bankerplanten geïnspecteerd. De bevindingen werden in logboekvorm vastgelegd.

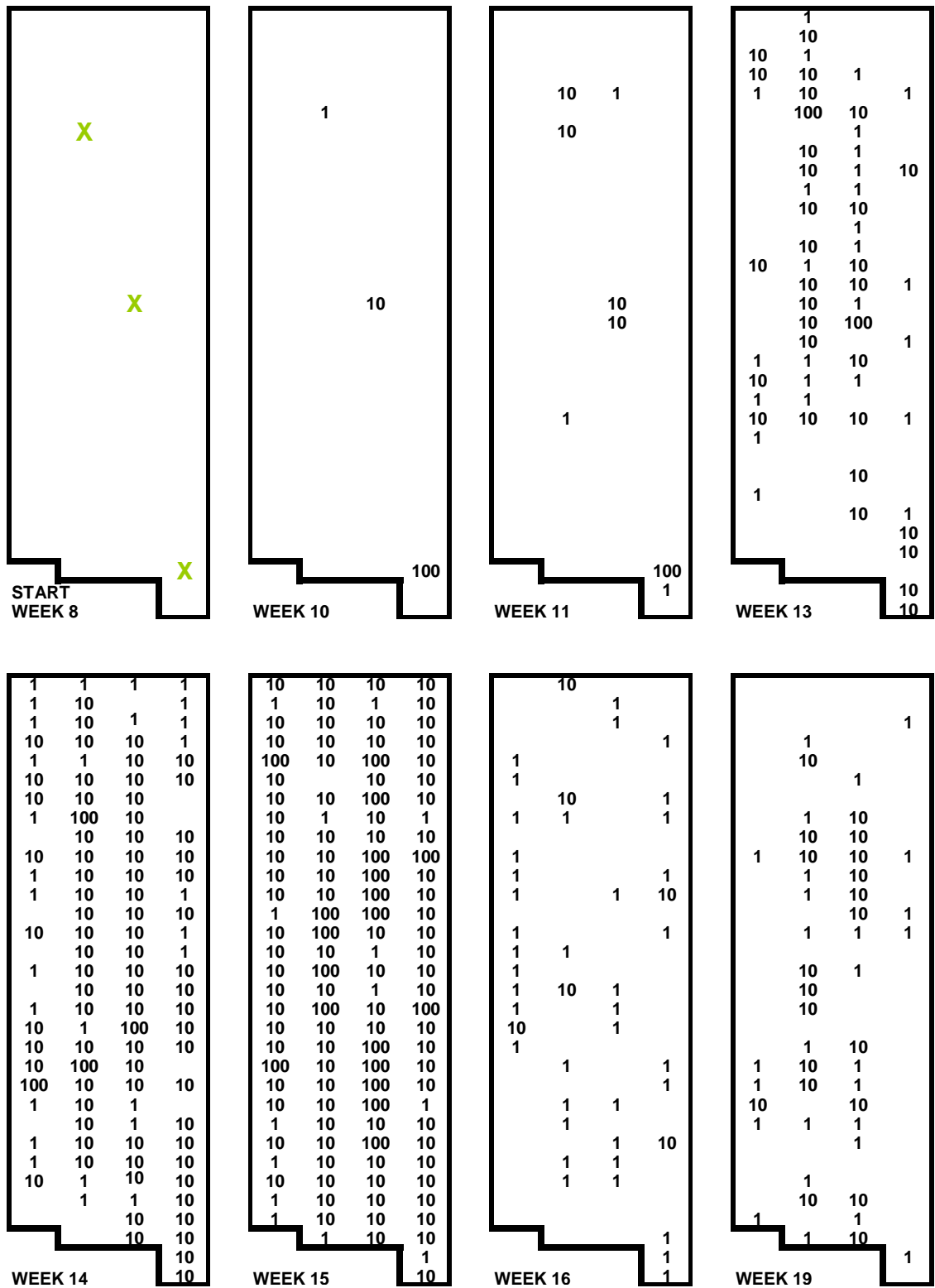
6.1 Vrije populatie-ontwikkeling

In dit experiment werd het spontane verloop van de interactie tussen bladluizen, *Aphidius* en *Aphidoletes* in beeld gebracht, zonder chemische ingreep. Om het geclusterd optreden van bladluizen na te bootsen, werd in een proefkas op 3 van de 121 planten een bladkolonie van *Myzus persicae* aangebracht. Op het moment dat die kolonies waren uitgegroeid tot ongeveer 100 individuen elk, werden in het midden van de kas 25 wespen losgelaten. Larven van *Aphidoletes* bleken toen al spontaan aanwezig bij elke kolonie (overwinterende kaspopulatie).

Van week 8 tot week 19 werd in de kas gescout om de ruimtelijke uitbreiding van de begin-aantasting in kaart te brengen. Van elke plant werden de kop, 5 volgroeide bladeren en 5 verouderende (vergelende) bladeren geïnspecteerd. Figuur 24 geeft de aantallen op de volgroeide bladeren, zijnde de grootste bladmassa en daarom de beste maatstaf voor de omvang van de populatie. Ondanks de vroegtijdige aanwezigheid van natuurlijke vijanden, breidden de kolonies zich uit naar alle planten. Afname van de aantasting werd pas na 8 weken (op de loslaatplanten eerder) waargenomen. Inmiddels had zich op 45% van de planten honingdauw gevormd.

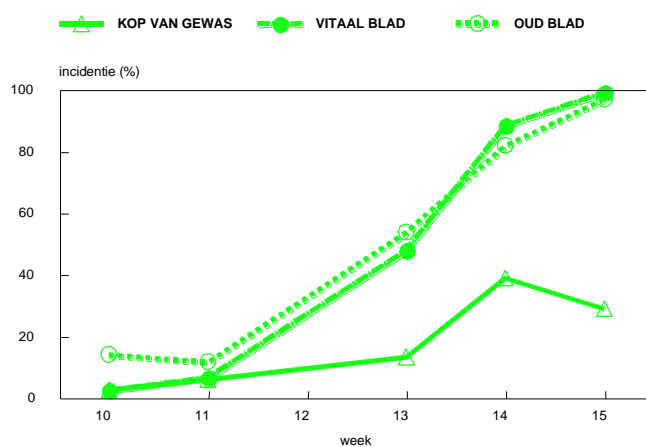
In de praktijk wordt vaak gescout in de kop van de plant, omdat dat het gemakkelijkste is. Aanwezigheid van bladluizen daar is echter ongewenst, en betekent dat de schadedrempel (althans plaatselijk) al is overschreden. Scouten op oud blad, dat door de bladluizen wordt geprefereerd, is een gevoeliger methode, zoals blijkt uit Figuur 25.

In de hier beschreven proef ontstonden na de aanvankelijke onderdrukking nog twee bladluispielen (zie Figuur 26). Deze kondigden zich weken van te voren aan doordat een toenemend percentage van het blad gekoloniseerd bleek (toenemende incidentie). Nadat het merendeel van de bladeren was gekoloniseerd, nam in korte tijd ook het aantal bladluizen per blad toe, en raakt het gewas opnieuw vervuild door honingdauw. Dit najen van de biologische bestrijders werd ook in de praktijk waargenomen. Het zou voor telers nog wel acceptabel zijn als de aansluitende onderdrukking van de bladluizen gedurende de rest van seizoen stand zou houden. Feitelijk ontstaan echter weer oplevingen van de plaag, veroorzaakt door hyperparasitering van de sluipwespen en de te lange generatieduur van de galmuggen.

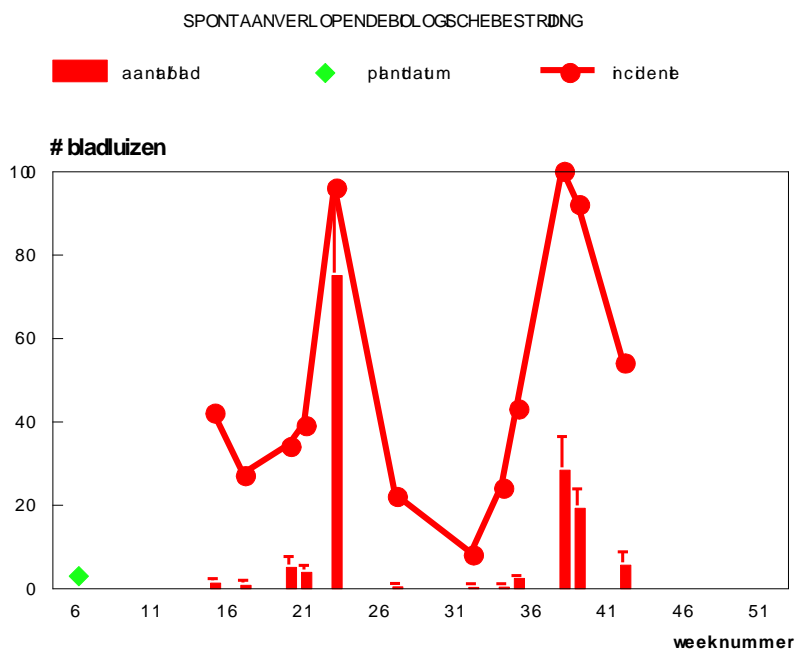


Figuur 24. *Uitbreiding en ineenstorting van een populatie van Myzus persicae op een paprikagewas, beginnend vanaf 3 bladeren in week 8. Getallen vertegenwoordigen afzonderlijke planten. 1 = tot 1, 10 = tot 10, 100 = tot 100 bladluizen per blad.*

SCOUTEN *Myzus persicae* OP PAPRIKA



Figuur 25. Voórkomen van perzikbladluis in de kop van het gewas, op vitaal blad uit de middenlaag en op oud, vergelend blad uit de onderkant van het gewas. Weergegeven is het percentage van de bladeren met 1 of meer levende bladluizen.



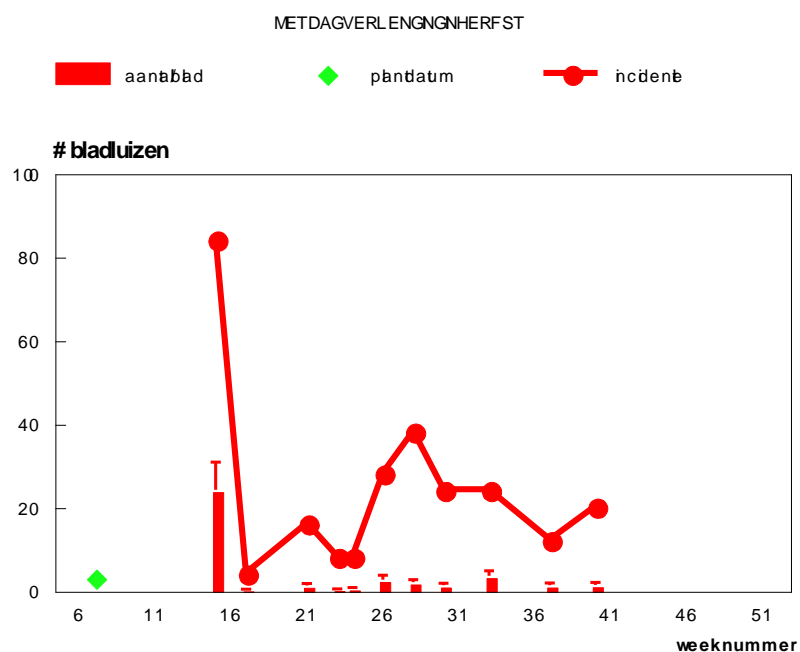
Figuur 26. Populatieverloop van *Myzus persicae* bij aanwezigheid van sluipwespen en galmuggen, zonder corrigerende ingrepen. Lijn: percentage gekoloniseerde bladeren (incidentie). Staaf: aantal levende bladluizen per blad (gemiddelde & standaardfout).

6.2 Ondersteuning door dagverlenging

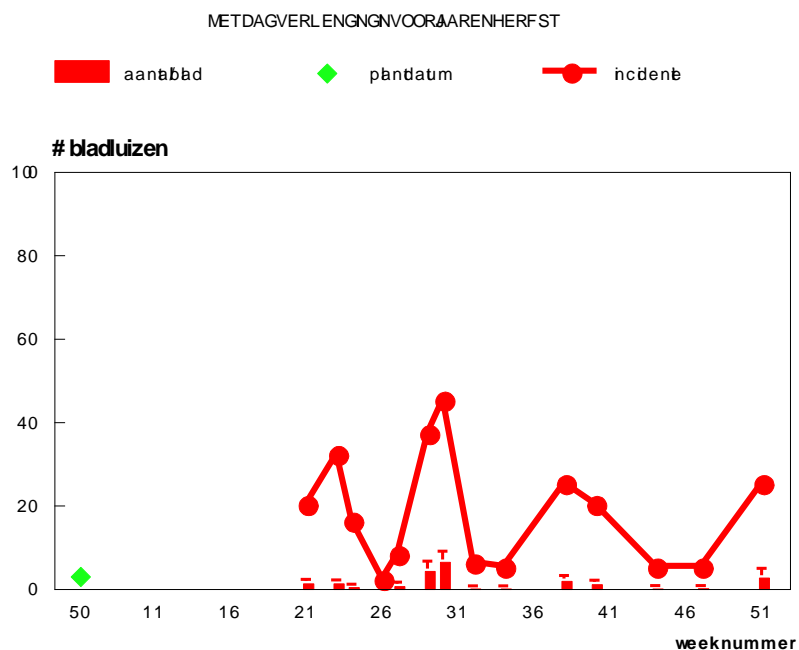
In twee opeenvolgende seizoenen werd dagverlenging toegepast met de bedoeling galmugpopulaties langer, eventueel jaarrond, actief te houden. De natuurlijke fotoperiode werd verlengd tot 14 uur. In het eerste seizoen gebeurde dat alleen in de herfst vanaf half september, in het tweede seizoen zowel in het voorjaar als in de herfst.

De kwaliteit van de bestrijding varieerde van redelijk tot goed (Figuur 27 en 28). In juli waren de dichtheden toch nog te hoog en trad vervuiling op door honingdauw, oplopend tot 36% van de geoogste vruchten.

De meerwaarde van kunstmatige dagverlenging is voor een traditionele teelt (planting in december) beperkt. Vervroegd inzetten van galmuggen in de winter is niet echt nodig, omdat juist in die periode de sluipwespen goed functioneren. Verlenging van hun activiteit vanaf oktober levert in de praktijk ook niet veel op, omdat het einde van de teelt nadert, en men vaak al eerder is overgeschakeld op breedwerkende insecticiden tegen andere plagen. Mogelijk komen de kaarten anders te liggen bij verdere opmars van belichte teelten.



Figuur 27. Populatieverloop van *Myzus persicae* bij aanwezigheid van sluipwespen en galmuggen in het eerste seizoen, met dagverlenging in herfst. Lijn: percentage gekoloniseerde bladeren (incidentie). Staaf: aantal levende bladluizen per blad (gemiddelde & standaardfout).



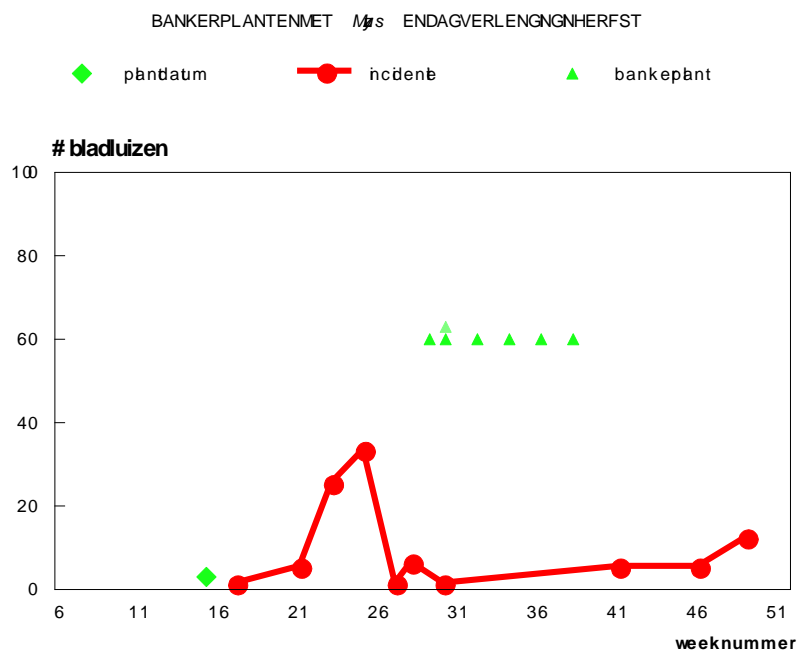
Figuur 28. *Populatieverloop van Myzus persicae bij aanwezigheid van sluipwespen en galmuggen in het volgende seizoen, met dagverlenging in voorjaar en herfst.*
Lijn: percentage gekoloniseerde bladeren (incidentie). **Staf:** aantal levende bladluizen per blad (gemiddelde & standaardfout).

6.3 Toevoeging bladluizen, en dagverlenging in herfst

Het gebruik van bankerplanten is gebaseerd op de veronderstelling dat het functioneren van galmuggen wordt belemmerd door tijdelijk tekort aan prooi. In een proefkas met 173 paprikaplanten werden daarom bladluizen toegevoegd op het moment dat er voor de natuurlijke vijanden een tekort aan prooi dreigde. Als bankerplanten werden 30 cm grote paprikaplantjes gebruikt, die enkele weken in een kweek van *Myzus persicae* hadden gestaan, en vele honderden (ongeparasiteerde) bladluizen bevatten.

Dit bleek op de *Aphidoletes*-populatie een stimulerend effect te hebben. Niet alleen waren bladluiskolonies tijdig van galmuglarven voorzien, maar ook werden grote aantallen muggen gedurende de hele teelt waargenomen, vooral in spinnewebben bij de kasvoeten.

Het bleek mogelijk met behulp van deze “bankerplanten” de bladluizen op een zeer laag aantalsniveau te houden, en de in de zomer gebruikelijke piek te voorkomen (Figuur 29). De hoogste gemeten dichtheid was $0,36 \pm 0,18$ bladluizen per blad. Dankzij de dagverlenging kon de bestrijding tot diep in de herfst worden volgehouden zonder chemisch ingrijpen.



Figuur 29. Populatieverloop van *Myzus persicae* bij aanwezigheid van sluipwespen en galmuggen, met ondersteuning door bankerplanten en dagverlenging in de herfst). Percentage gekoloniseerde bladeren (incidentie).

6.4 Pest-in-first (praktijkproef)

Bij plagen die sterk geclusterd optreden, is het tijdig opmerken van de aantasting een groot probleem. Pest-in-first is een vorm van biologische bestrijding die hieraan tegemoet komt door eerst de plaag en later de natuurlijke vijanden zelf te introduceren op gemarkeerde planten. Deze methode wordt door een beperkt aantal telers toegepast met spint, maar met bladluis wordt ze als te riskant beschouwd.

Op een paprikabedrijf van 1,2 ha werden in april 3 haarden van perzikbladluis aangebracht op zo groot mogelijke afstand van elkaar. Bij elke haard werd de sluipwesp *Aphidius matricariae* geïntroduceerd. De galmug *Aphidoletes aphidimyza* werd slechts bij één haard geïntroduceerd om haar zoekvermogen te testen.

Binnen een week werden bij alle haarden galmuglarven aangetroffen. De larven bij het loslaatpunt waren het grootste (oudste), de larven bij het verst verwijderde punt het kleinste. Dit ondersteunt de veronderstelling dat het directe nakomelingen betref van de losgelaten muggen, en dat deze dus in staat zijn bladluiskolonies op aanzienlijke afstanden op te sporen.

Het verloop van de bladluis-aantasting vertoonde sterke overeenkomst met het in Figuur 26 gepresenteerde beeld, ondanks het enorme schaalverschil tussen beide experimenten. In de weken volgend op de introductie trad enige honingdauw op rond de drie loslaatpunten. Omdat het een relatief klein aantal planten betrof, werd dit door de tuinder getolereerd. Hoewel de populaties van de natuurlijke vijanden het gehele seizoen intact bleven en werden aangevuld met spontaan optredende sluipwespen en predatoren, trad een zwaardere bladluisaantasting op in juni. Dit werd gecorrigeerd via een eenmalige ingreep (bespuiting) met pirimicarb. Bij een derde piek in september werd niet meer ingegrepen met het oog op het naderend einde van de teelt.

6.5 Nultolerantie voor haarden (praktijkproef)

Als de eerste bladluishaarden zijn opgemerkt, doet zich de vraag voor hoe nu het beste kan worden gereageerd. Sommigen hebben de neiging deze haarden vroeg aan te pakken. Immers, in kolonies van *Myzus* en vooral *Aphis* ontstaan al heel snel gevleugelde exemplaren, die zorgen voor een verdere verspreiding door de hele kas. Daarentegen wordt in het kader van de geïntegreerde bestrijding vaak geadviseerd deze haarden zo lang mogelijk ongemoeid te laten, als “broedplaatsen” voor natuurlijke vijanden.

Verschillende van de door ons bezochte paprikabedrijven experimenteerden met deze laatste methode. Zij besteedden veel tijd aan het in kaart brengen van de haarden met behulp van CropIT of een zelf-ontworpen monitoringsysteem, het globaal bemonsteren van parasitering en predatie, zo nodig plaatselijke her-introductie van natuurlijke vijanden etc. In de eerste maanden van de teelt, wanneer het gewas nog overzichtelijk is en de drukte op het bedrijf nog niet zo groot, is dit wel vol te houden. Meestal ontstaan op de duur te veel haarden en te veel vette plekken. Uiteindelijk volgt dan toch een of meerdere malen een forse chemische ingreep.

Op een paprikabedrijf van 1,4 ha werd het gebruik van bankerplanten gecombineerd met een nultolerantie-strategie in het gewas. Uitgangspunt was dat een bladluishaard te beschouwen is als een lokale onbalans van het biologische systeem, en meteen met een insecticide dient te worden behandeld. De natuurlijke vijanden konden zich dus alleen handhaven op de bankerplanten, en op verspreid voorkomende bladluizen. 19 graanluisbankers met *Rhopalosiphum padi* werden verdeeld over de kas, en intensief geïnspecteerd op aanwezigheid van graanluizen, mummies, hyperparasieten en galmugeieren en -larven. Zo nodig (gemiddeld om de 2 weken) werden graanluizen toegevoegd of werd de gehele banker vervangen.

Natuurlijke vijanden werden alleen bij de bankers losgelaten, wat een forse kostenbesparing oplevert. Omgerekend werd per m² geïntroduceerd: 0,04 *Aphidius*, 0,02 *Aphelinus* en 0,14 *Aphidoletes*. (Standaarddoseringen zijn 0,5 à 1,0 van elk, meestal enige malen herhaald). In de zomer voegde de tuinder hier op eigen initiatief nog 0,5 *Aphidius* aan toe, volgens de onderzoekers onnodig.

Voor de chemische ingrepen gold het volgend protocol:

1. Intensieve scouting en markering van de gevonden bladluishaarden. Als een haard werd beschouwd: Elke plant of groep van planten met één of meer vettige bladeren, of bladluizen in de kop van de plant.
2. Onmiddellijke (nog in dezelfde werkweek) behandeling van de haard met een selectief aphicide (imidacloprid of pirimicarb).
3. Pirimicarb werd gespoten, omdat met een ruimtebehandeling (voorkeur van de tuinder) de actieradius niet in de hand kan worden gehouden.
4. Imidacloprid werd in pilvorm toegediend aan afzonderlijke steenwolmatten.
5. De dosering van imidacloprid werd geminimaliseerd. Dit gebeurde via trial-and-error: Er werd gestart met een lage dosering. Als die binnen 3 dagen geen effect sorteerde, werden pillen toegevoegd. Omdat het middel redelijk persistent is, treedt dan een additief effect op van de soort 1+1 = 1,8. Meestal kon worden volstaan met een kwart van de aanbevolen dosering.

Het verloop van de geïntegreerde bestrijding was verder perfect. De tuinder zette spintroofmijten in via pest-in-first. Voor de bestrijding van trips leverde PPO bankerplanten (*Ricinus communis*) met *Amblyseius degenerans*. Verder introduceerde de tuinder *Orius laevigatus*, maar (anders dan zijn collega's) géén *Amblyseius cucumeris*. Het gebruik van breedwerkende middelen werd gestopt in februari, en pas in oktober weer hervat, toen overigens niet tegen bladluis bedoeld, maar voor de bestrijding van mineervlieg en rupsen.

Om een indruk te krijgen van de besparing aan bestrijdingsmiddelen werd inzage gevraagd in de gewasbeschermingsboekhouding van een drietal tuinders uit dezelfde telersvereniging. Op deze - in veel opzichten vergelijkbare - bedrijven werd geïntegreerde bestrijding uitgevoerd conform de adviezen van hun toeleveringsbedrijven. Het middelengebruik is weergegeven in tabel 5. Opvallend is de extreem lage inzet van insecticiden (aphiciden) op het proefbedrijf in de productieve periode van het gewas.

Bij de reproduceerbaarheid van dit eenmalige experiment vallen enkele kanttekeningen te plaatsen. De op het proefbedrijf gebruikelijke zeer intensieve interne scouting is mogelijk niet voor iedereen weggelegd. De tuinder hoefde geen rekening te houden met de kosten van de ondersteuning door de assistentonderzoekers van PPO. Tenslotte valt op dat dit bedrijf méér breedwerkende middelen gebruikte bij de teeltwisseling, wat mogelijk een rol heeft gespeeld bij de start van het experiment (“schoon

beginnen”). Toch lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat ook binnen het geïntegreerde “kamp” grote verschillen in bestrijdingsmiddelengebruik voorkomen. Mogelijk is het verschil tussen “optimaal geïntegreerd” en “gemiddeld geïntegreerd” zelfs groter dan tussen “gemiddeld geïntegreerd” en “gemiddeld chemisch”.

Tabel 5. Praktijkproef bladluisbestrijding paprika gebaseerd op vroege interventie en gebruik van graanluisbankers. Bestrijdingsmiddelengebruik van december tot en met september op proefbedrijf en drie andere bedrijven met gangbare geïntegreerde bestrijding. Eenheid: hoeveelheid middel voor 1 behandeling van het betreffende oppervlak bij aanhouding van de adviesdosering.

	<i>bedrijf A</i>	<i>bedrijf B</i>	<i>bedrijf C</i>	<i>PROEFBEDRIJF</i>
bij teeltwisseling:				
dichloorvos	3,8	3,3	3,4	3,2
andere middelen			1,3	3,8
TOTAAL	3,8	3,3	4,7	7,0
bladluisbestrijding:				
pirimicarb	0,7	4,1	2,9	0,005
imidacloprid	1,0	0,8		0,008
andere middelen			1,0	
TOTAAL	1,7	4,9	3,9	0,013

7 Literatuur

Bay, T., M. Hommes & H.-P. Plate - 1993
Die Florfliege *Chrysoperla carnea* (Stephens).
Mitt. BBA Heft 288, 175 pp.

Brun, J. – 1993
Lutte biologique en verger: *Harmonia axyridis* Pallas, nouveau prédateur exotique pour lutte contre les pullulations aphidiennes.
Infos-Ctifl no. 94: 41-42

Gilkeson, L.A. & S.B. Hill – 1986
Diapause prevention in *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) by low-intensity light.
Environ. Entomol. **15** (5): 1067-1069

Hämäläinen, M. – 1977
Control of aphids on sweet peppers, chrysanthemums and roses in small greenhouses using the ladybeetles *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata* (Col., Coccinellidae).
Ann. Agric. Fenn. **16**: 117-131.

Hart, A.J., J.S. Bale & J.S. Fenlon – 1997
Developmental threshold, day-degree requirements and voltinism of the aphid predator *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae)
Ann. appl. Biol. **130**: 427-437

Kulp, D., M. Fortmann, M. Hommes & H.-P. Plate - 1989
Die räuberische Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae).
Mitt. BBA Heft 250, 126 pp.

Kuo-Sell, H.-L. – 1989
Getreideblattläuse als Grundlage zur biologischen Bekämpfung der Pfirsichblattlaus, *Myzus persicae* (Sulz.), mit *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Dipt., Cecidomyiidae) in Gewächshäusern.
J. Appl. Ent. **107**: 58-64

Ramakers, P.M.J. – 1989
Biological Control in Greenhouses.
In: A.K. Minks & P. Harrewijn (eds.), World Crop pests, 2C. Aphids: Their biology, natural enemies and control, Elsevier, Amsterdam, p. 199-208.

Ramakers, P.M.J. & J.-M. Rabasse – 1995
IPM in protected cultivation.
In: R. Reuveni (ed.), Novel approaches to integrated pest management, Lewish Publishers, Boca Raton, p. 199-229.

Scopes, N.E.A. – 1970
Control of *Myzus persicae* on year-round chrysanthemums by introducing aphids parasitized by *Aphidius matricariae* into boxes of rooted cuttings.
Ann. Appl. Biol. **14**: 799-802

Staaï, M. van der, R. Hamelink, R. van Holstein, M. van Slooten en K. Vellekoop - 2003
Het effect van chemische gewasbeschermingsmiddelen op biologische bestrijders.

Projectverslag 431624 van PPO Glastuinbouw

Steenis, M. van – 1995

Evaluation and application of parasitoids for biological control of *Aphis gossypii* in glasshouse cucumber crops.

Thesis Landbouwniversiteit Wageningen

8 Conclusies

1. Voor de bestrijding van bladluizen beschikt de sector Glastuinbouw over een behoorlijk aantal effectieve chemische middelen, alsmede een reeks kunstmatig gekweekte en spontaan optredende natuurlijke vijanden.
2. Omdat bladluispopulaties in kassen klonen zijn, is de kans op resistentie-ontwikkeling relatief laag, maar wordt eenmaal opgetreden resistentie gemakkelijk gefixeerd.
3. Voor de subsector Vruchtgroenten als geheel is bladluisbestrijding op uitsluitend biologische wijze met de momenteel beschikbare middelen onmogelijk. Een individueel bedrijf slaagt er - afhankelijk van omgevingsfactoren - wel eens in een seizoen lang bladluis onder controle te houden zonder enige chemische ingreep. De kans hierop is bij tomaat redelijk, bij paprika en aubergine klein, en bij komkommer vrijwel uitgesloten.
4. Sluipwespen van de familie Braconiden en het geslacht *Aphidius* zijn de meest effectieve biologische bestrijders. In insectendichte proefkassen kan met deze wespen een perfecte biologische bestrijding van *Myzus*-soorten worden gerealiseerd, mits gestart werd met vergelijkbare aantallen bladluizen en sluipwespen.
5. In de praktijk wordt de onder 4. bedoelde bestrijding verstoord door hyperparasitering, en door vermenging met andere bladluissoorten.
6. Hyperparasieten werden aangetroffen in alle bemonsterde bladluispopulaties. Hyperparasitering veroorzaakte belangrijke verliezen onder de sluipwespen vanaf het vroege voorjaar tot in de late herfst.
7. Alle door PPO Glas onderzochte *Aphidius*-, *Praon*- en *Aphelinus*-soorten bleken gevoelig voor hyperparasitering.
8. Een klein percentage van de mummies komt vertraagd uit. Hiermee kunnen zowel parasieten als hyperparasieten periodes (in de orde van een maand) zonder bladluizen overbruggen.
9. De meerwaarde van een gecombineerde inzet van Braconiden ("brandweer") en Apheliniden (duurzaam bestrijding) kon niet worden aangetoond. Het biologische evenwicht werd niet stabiel, en bij het ontstaan van nieuwe bladluishaarden waren niet de Apheliniden, maar juist de Braconiden het eerst ter plaatse.
10. Ook met larven van de galmug *Aphidoletes aphidimyza* konden bladluizen in proefkassen op een voldoende laag niveau worden gehouden. Daarbij was het evenwel nodig de predatorpopulatie te ondersteunen door regelmatige toevoeging van bladluizen.
11. Op praktijkbedrijven worden met galmuggen in het algemeen maar matige resultaten geboekt, ondanks het gebruik van bankerplanten. De in proefkassen gerealiseerde dichtheden van met name de volwassen muggen werden daar nooit waargenomen, evenmin als de bijna totale uitroeiing van de bladluispopulaties. Verklaringen hiervoor zijn er vele (dus geen?).
12. Bij natuurlijke daglengte zijn galmuggen in verwarmde kassen actief van maart tot oktober. Met dagverlenging zijn ze jaarrond inzetbaar. Verlichte teelten verruimen dus de toepassingsmogelijkheid.
13. Nu het "opscheppen" van lieveheersbeestjes in de vrije natuur is stopgezet, zal men moeten overschakelen op gekweekt materiaal. Inzet van gekweekte Aziatische lieveheersbeestjes wordt als niet opportuun beschouwd in het licht van de nieuwe Flora- en Faunawet. Overschakelen op een inheemse, althans Europese soort ligt dan voor de hand. Hoe dan ook zal de kostprijs van lieveheersbeestjes stijgen en zullen ze dus minder worden toegepast.
14. Bij gaasvliegen is kannibalisme het belangrijkste probleem. Deze predatoren worden al geruime tijd door telkens andere producenten op de markt gebracht. Er is een ruime praktische ervaring, maar weinig gedocumenteerde informatie over de feitelijke rol in de geïntegreerde bestrijding.
15. Er is beperkte praktijkervaring met de inzet van zweefvliegen in kassen. Op enkele paprikabedrijven zijn bemoedigende resultaten geboekt. Mogelijk kan hun functioneren worden verbeterd door het aanbieden van additioneel voedsel. Zweefvliegen zouden op de duur galmuggen kunnen vervangen.
16. Haardbestrijding door massale inzet (inundatieve introductie) van de onder 13., 14. en 15. bedoelde

- predatoren zal in de toekomst minder plaatsvinden door concurrentie met nieuwe aphiciden. De aandacht zal verschuiven naar inoculatieve introductie en naar natuurlijke bestrijding (zie 17.).
17. Natuurlijke bestrijding (= plaag-onderdrukking door spontaan optredende natuurlijke vijanden) is een onderbelicht fenomeen, omdat niemand daar direct commercieel belang bij heeft.
 18. Bankerplanten worden nu algemeen toegepast in tomaat, paprika en aubergine (niet in komkommer), echter niet voor ondersteuning van *Aphidoletes*, maar voor gespreide introductie van *Aphidius*. Ze worden in de praktijk beschouwd als een duidelijke verbetering van de biologische bestrijding, maar niet als afdoende oplossing.
 19. Van de geteste GNO's bleek alleen het reeds alom gebruikte Spruzit een goed aphicide. Alle GNO's inclusief Spruzit moeten het echter afleggen tegen moderne synthetische aphiciden op de essentiële criteria: effectiviteit, selectiviteit en milieuvriendelijkheid. Dit is niet zo zeer een knelpunt voor de geïntegreerde teelt, maar wel voor de ecoteelt.
 20. Met de nieuwe synthetische middelen wordt de geïntegreerde bestrijding van bladluizen gemakkelijker. Dit kan leiden tot een verminderde inzet van natuurlijke vijanden (lagere aantallen per hectare) in vergelijking met wat nu gebruikelijk is.
 21. De valkuil in 20. is dat biologische bestrijding zou kunnen worden gereduceerd tot een "cosmetisch" fenomeen. De uitdaging is het uitgangpunt van de geïntegreerde bestrijding in stand te houden: een zo hoog mogelijke "biologische druk" op de plaag, en een lage selectiedruk met chemische middelen. Deze vorm van resistentiemanagement moet leiden tot een langdurig behoud van de beschikbare insecticiden, en dus tot een duurzame gewasbescherming op *sectorniveau*.
 22. Het zwakke punt in de onder 21. bedoelde strategie is het feit dat glasgroenteteelt niet op een eiland wordt bedreven. Glastuinbouw vindt in clusters plaats, vruchtgroenten worden geteeld in de onmiddellijke nabijheid van bloemisterijbedrijven, en deze sector importeert op haar beurt weer uitgangsmateriaal (en dus plaag-organismen) uit het buitenland. Recente voorbeelden vormen rode luis en carbamaatresistente katoenluis. Belangrijker dan méér biologische bestrijding in de groenteteelt is dus verbreding van de geïntegreerde bestrijding naar de hele sector glastuinbouw.
 23. Voor een optimale inzet van met name de systemische aphiciden zou een fine-tuning gewenst zijn van de dosering, aangepast aan de te bestrijden bladluissoort, de plantensoort, de plantgrootte en de groeikracht van het gewas, met het oogmerk de geïntroduceerde biologische bestrijders, de spontaan optredende natuurlijke vijanden en niet te vergeten hommels en bijen te ontzien.
 24. Op *bedrijfsniveau* omvat de beste strategie het gebruik van bankerplanten, en het zo vroeg mogelijk elimineren van bladluishaarden met selectieve chemische middelen. Het laatste vereist een goed scouting-systeem.
 25. De beste geïntegreerde telers bleken *niet* degenen die de grootste aantallen of de meeste soorten natuurlijk vijanden uitzetten. De beste geïntegreerde bedrijven worden gekenmerkt door systematische en nauwkeurige scouting met goed geïnstrueerd eigen personeel, en door een zuinige inzet van zowel biologische als chemische bestrijdingsmiddelen.