



# Haalbaarheidsstudie alternatief voedsel als ondersteuning voor biologische bestrijding

Gerben Messelink, Renata van Holstein-Saj, Laxmi Kok & Juan Antonio Cortez







# Haalbaarheidsstudie alternatief voedsel als ondersteuning voor biologische bestrijding

Gerben Messelink, Renata van Holstein-Saj, Laxmi Kok & Juan Antonio Cortez

© 2009 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

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 Wageningen UR Glastuinbouw



PT projectnummer: 13319

Intern projectnummer: 3242045600

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	3
2 Literatuur alternatief voedsel	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Voedsel van planten: pollen en nectar	5
2.3 Alternatieve prooidieren	7
2.4 Schimmels	7
2.5 Kunstmatige diëten	8
3 Screening van toegevoegd voedsel	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Materiaal en methoden	11
3.2.1 Toegevoegde voedselbronnen	11
3.2.2 Eilegtesten in het laboratorium	11
3.2.3 Populatieontwikkelingen in de kas	12
3.3 Resultaten en discussie	13
3.3.1 Eilegtesten in het laboratorium	13
3.3.2 Populatieontwikkelingen in de kas	14
3.4 Discussie en conclusies	16
4 Alternatief voedsel en biologische bestrijding	17
4.1 Inleiding	17
4.2 Potentie	17
4.3 Risico's	18
4.4 Aanbevelingen	18
5 Conclusies	19
Referenties	21



# Samenvatting

Biologische bestrijding van plagen met natuurlijke vijanden komt in veel gewassen onvoldoende tot stand. De reden hiervoor is dat veel natuurlijke vijanden zich maar matig, of zelfs helemaal niet vestigen in een gewas in perioden met weinig voedsel. Dit rapport geeft de resultaten weer van een haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden om alternatief voedsel in te zetten voor ondersteuning van natuurlijke vijanden in de glastuinbouw. Daarbij hebben we ons beperkt tot generalistische roofmijten en roofwantsen.

Literatuur laat zien dat er goede mogelijkheden zijn om predatoren op alternatieve voedselbronnen te kweken. Deze studies waren hoofdzakelijk gericht op de ontwikkeling van massakweken. Het ondersteunen van roofmijten en roofwantsen op gewassen met alternatief voedsel is een nog weinig beproefde methode, maar krijgt wereldwijd steeds meer aandacht. In dit onderzoek hebben we 16 voedselbronnen getest die waren in te delen in de categorie (1) alternatieve prooidieren, (2) (bijen)pollen en (3) kunstmatige voedselbronnen op basis van eiwitten, koolhydraten, suikers en vitamines. De voedselbronnen zijn zowel in het laboratorium als in de kas beoordeeld.

De kasproeven lieten zien dat er mogelijkheden zijn om roofmijtpopulaties op gewassen te ondersteunen met goedkoop kunstmatig voedsel. De voedselbronnen waren in staat op chrysant dichtheden van 2 tot 4 roofmijten per blad in stand te houden. De tot nu toe onderzochte producten waren matig of niet geschikt voor reproductie.

Literatuur laat zien dat alternatief voedsel veel mogelijkheden biedt voor het verbeteren van de biologische bestrijding, maar dat er ook risico's aan verbonden kunnen zijn. Ook dat laatste moet worden onderzocht. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen substituut-voedsel, dat voedsel van een prooi volledig kan vervangen, en supplementair voedsel, dat voornamelijk de levensduur verlengt, maar niet geschikt is voor reproductie. Verder is er behoefte aan onderzoek om een alternatieve voedselbron verder te ontwikkelen tot een goedkoop, commercieel toepasbaar product. Mogelijkheden liggen er bij zowel kunstmatige voedselbronnen als bijenpollen.





# 1 Inleiding

Biologische bestrijding van plagen met natuurlijke vijanden komt in veel gewassen onvoldoende tot stand. De reden hiervoor is dat veel natuurlijke vijanden zich maar matig, of zelfs helemaal niet vestigen in een gewas in perioden met weinig voedsel. Uitzondering hierop zijn gewassen die zelf alternatief voedsel produceren, zoals paprika dat continue bloeit en stuifmeel produceert waar zowel roofmijten als roofwantsen zich mee kunnen voeden. In gewassen waar dit niet het geval is, kan het herhaaldelijk inzetten van natuurlijke vijanden een oplossing bieden, maar dit geeft lang niet altijd het gewenste resultaat en is zeer kostbaar. Natuurlijke vijanden die generalistisch zijn, dus van meerdere soorten voedsel kunnen leven, kunnen goed ondersteund worden met alternatief voedsel in perioden dat er weinig plaag aanwezig is in het gewas. Voorbeelden zijn bekend uit de citrusteelt waar onderbegroeiing met Rhodes grassen die veel pollen (stuifmeel) produceren leidt tot een sterk verbeterde vestiging van roofmijten (Smith & Papacek, 1991). Ook in de Nederlandse chrysantenteelt is herhaaldelijk geconstateerd dat generalistische roofmijten zich beter handhaven in een droog voorjaar wanneer bomen veel pollen afgeven. Pollen kunnen dus ondersteuning geven voor roofmijten in perioden met weinig voedsel, waardoor gewassen weerbaarder zijn tegen plagen. Ook grotere predatoren, zoals roofwantsen, kunnen ondersteund worden met alternatief voedsel (bijv. ephestia-eieren). Een praktische en goedkope toepassing van alternatief voedsel voor ondersteuning van natuurlijke vijanden is nog niet voor handen, maar zou in veel gewassen een enorme stimulans kunnen geven voor de verdere implementatie van biologische bestrijding, in het bijzonder in de sierteelt.

Dit rapport geeft de resultaten weer van een haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden om alternatief voedsel in te zetten voor ondersteuning van natuurlijke vijanden in de glastuinbouw. Onder alternatief voedsel verstaan we dan zowel substituut-voedsel, dat de voedingswaarde van een prooi volledig kan vervangen, als supplementair voedsel, dat voornamelijk de levensduur verlengt, maar niet geschikt is voor reproductie. We hebben ons bij dit onderzoek beperkt tot generalistische roofmijten en roofwantsen. In hoofdstuk 2 geven we een overzicht van mogelijkheden vanuit de literatuur. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van een screening van een reeks voedselbronnen in het laboratorium en op planten in kasproeven met als doel de mogelijkheden voor het ontwikkelen van een kunstmatig alternatief voedsel dat goedkoop en eenvoudig in het gewas is aan te brengen te verkennen. Tot slot bespreken we in hoofdstuk 4 de mogelijkheden en risico's voor biologische bestrijding en geven we aanbevelingen voor een mogelijk vervolgetraject.



## 2 Literatuur alternatief voedsel

### 2.1 Inleiding

De rol van alternatief voedsel in de biologische bestrijding krijgt wereldwijd steeds meer aandacht. Veel onderzoekers zien de enorme potentie van het aanbieden van alternatief voedsel, om daarmee de biologische bestrijding te verbeteren. De opkomst van twee recent verschenen boeken illustreert het belang van deze ontwikkelingen. In 2005 verscheen het boek 'Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: a protective mutualism and its applications' van Wäckers, *et al.*, en in 2009 verscheen het boek 'Relationships of Natural enemies and Non-prey Foods' van Lundgren (Figuur 1). Verder geven Wade, *et al.* (2008) in het tijdschrift '*Biological Control*' een overzicht van de effecten van 'Food sprays' op de biologische bestrijding. In dit hoofdstuk geven we op basis van literatuur weer welke alternatieve voedselbronnen potentie bieden om roofmijten en roofwantsen in kasgewassen te ondersteunen.



Figuur 1. Twee recent verschenen boeken (2005 en 2009), die het belang van alternatief voedsel voor de biologische bestrijding weergeven.

### 2.2 Voedsel van planten: pollen en nectar

Zeer veel onderzoek heeft aangetoond dat voedsel dat wordt voorzien door planten in de vorm van pollen (stuifmeel) of nectar (floraal en extra-floraal) een alternatieve voedselbron kan zijn voor natuurlijke vijanden in afwezigheid van prooidieren (voor overzichten zie Wäckers, *et al.*, 2005; Lundgren, 2009). Dat verklaart ook waarom roofwantsen en roofmijten zich zo goed ontwikkelen in een continu-bloeiend paprikagewas. Specifieke voor roofmijten heeft van Rijn & Tanigoshi (1999a) laten zien dat zeer veel stuifmeelsoorten geschikt zijn als voedselbron voor generalistische roofmijten zoals *Amblyseius cucumeris* en *Iphiseius degenerans*. Van de 23 soorten pollen waren 17 soorten voor *I. degenerans* en 15 soorten voor *N. cucumeris* geschikt voor reproductie (>1 ei/dag). De reden waarom sommige soorten niet geschikt zijn als voedselbron is nog niet duidelijk. In de studie van van Rijn & Tanigoshi (199a) laten ze zien dat het niet is toe te wijden aan de grootte van de pollen. Mogelijk spelen wanddikte, textuur (uitsteeksel op de wand) en voedingswaarde een belangrijke rol. Pollen van naaldbomen bleek voor géén van de roofmijten geschikt.

De mate waarin pollensoorten geschikt als voedselbron blijkt ook sterk te variëren. Uit de kweekervaring van Wageningen UR Glastuinbouw blijkt dat pollen van Lisodde (*Typha latifolia* L.) en maïs (*Zea mays* spp.) zeer geschikt zijn als voedselbron voor allerlei roofmijtsoorten. Beide planten zijn windbestuivers en behoren tot de monocotyle

planten. Opnames met een elektronenmicroscop laten zien dat roofmijten de pollen niet als geheel opvreten, maar ze leegzuigen, nadat ze de pollen met hun klauwen (cheliceren) hebben opengetrokken (Flechtmann & McMurtry, 1992). Tabel 1 geeft op basis van literatuur uit Stanley & Linskens (1974) een overzicht van de chemische samenstelling van deze twee geschikte pollensoorten in vergelijking met een ongeschikte pollensoort van een naaldboom. Het watergehalte van maïs en andere grassoorten is gemiddelde meer dan 50%, terwijl dat van lisdodde ligt op 20%.

Naast pollen produceren planten nectar in de bloemen of extrafloraal. Dit blijkt voor roofmijten niet geschikt te zijn voor reproductie, maar kan de levensduur wel verlengen (McMurtry & Scriven, 1966; Van Rijn & Tanigoshi, 1999b).

Tabel 1. Globale chemische samenstelling<sup>1)</sup> van pollen als percentage van droge stof (Stanley & Linskens, 1974).

Pollensoort	Mineralen <sup>2)</sup>	Koolhydraten <sup>3)</sup>	Eiwitten <sup>4)</sup>	Lipiden <sup>5)</sup>	Vezels
<i>Zea mays</i> (maïs)	3.5	35.3	28.3	1.5	5.3
<i>Typha latifolia</i> (Lisdodde)	3.7	17.8	18.9	1.2	-
<i>Pinus sabiniana</i>	2.6	13.2	11.4	2.7	-

<sup>1)</sup> Naast deze groepen komen er ook spoorelementen, vitamines en pigmenten voor.

<sup>2)</sup> Waarvan K, Mg, P en S de belangrijkste elementen zijn.

<sup>3)</sup> Waarvan een deel afbreekt in simpele suikers als sucrose, fructose en glucose

<sup>4)</sup> Vertegenwoordigen vrijwel alle aminozuren. Proline is een van de veel voorkomende vrije aminozuren.

<sup>5)</sup> Waaronder terpenen en sterolen

Hoewel al lange tijd bekend is dat pollen zeer geschikt zijn als alternatieve voedselbron voor roofmijten, heeft dit nog niet tot praktijktoepassingen in kassen geleid. De reden hiervoor zal onder anderen samenhangen met de hoge kosten van het verzamelen van pollen. Het is goedkoper om pollen door bijen te laten verzamelen. Bijenpollen heeft echter een andere samenstelling, doordat de bijen er honing en lichaamssappen aan toevoegen. Dit resulteert in grotere korrels van aan elkaar klevende pollen. Bijenpollen is commercieel verkrijgbaar van verschillende plantengroepen (zie [www.pollen-online.com](http://www.pollen-online.com)). Met bespuitingen van bijenpollen in komkommer kon de roofmijt *I. degenerans* goed ondersteund worden (Ramakers, 1995). Bijenpollen blijkt echter minder geschikt voor reproductie van roofmijten dan zuivere pollen (Van Rijn & Tanigoshi, 1992a). De ontwikkeling van een praktische toepassing van alternatief voedsel voor roofmijten of roofwantsen op basis van bijenpollen vraagt duidelijk om meer onderzoek.

Een andere goedkope toepassing van pollen kan door gebruik te maken van de bankerplant *Ricinus communis* (Ramakers & Voet, 1995). Deze windebestuivende wonderboom bloeit lange tijd en produceert grote hoeveelheden pollen, waar roofmijten zich mee kunnen voeden (Figuur 2). Het gebruik van deze bankerplant kan een manier zijn om roofmijten vanaf deze planten in het gewas te verspreiden. De planten zijn onder andere geschikt voor de roofmijtsorten *Iphiseius degenerans*, *Amblyseius swirskii* en *Euseius ovalis* (Messelink, *et al.*, 2009).



Figuur 2. Wonderboom in paprikagewas (linksboven), bloeiwijze (rechtsboven), blad bedekt met pollen en roofmijten (linksonder) en ei-cluster van de roofmijt *E. ovalis* op de onderkant van een blad (rechtsonder).

## 2.3 Alternatieve prooidieren

In gewassen komen soms insecten of mijten voor die niet schadelijk zijn voor het gewas. Dit zijn bijvoorbeeld mijten die van schimmels of de bladeren leven. In één publicatie is gemeld dat roofmijten in boomgaarden zich volledig kunnen ontwikkelen op de mijt *Tydeus caudatus*, welke spontaan voorkomt in schimmelkolonies (Calis, *et al.*, 1988). Zeer veel roofmijten kunnen worden gekweekt op voorraadmijten uit de groep van de astigmata volgens de methode beschreven in Ramakers & van Lieburg, 1982. Het uitzetten de voorraadmijten *Acarus farris* en *Tyrophagus putrescentiae* in een rozengewas bleek echter niet succesvol (Pijnakker, unpublished data). Loslatingen van voorraadmijten in combinatie met een voedingsbron voor deze mijten lijkt wel perspectief te bieden (Hoogerbrugge, *et al.*, 2008).

## 2.4 Schimmels

Naast prooidieren en plantenvoedsel kunnen ook schimmels als voedsel dienen voor sommige roofmijten (Zemek & Prenerova, 1997). Recent onderzoek heeft laten zien dat de roofmijten *Amblyseius andersoni* en *Typhlodromus pyri* zich volledig kunnen ontwikkelen en zelfs reproduceren op meeldauw (Pozzebon & Duso, 2008). Wel was de eileg ongeveer de helft lager dan bij voeding op pollen. Van de roofmijt *Iphiseius degenerans* wordt verondersteld dat zij zich voedt met roestsporen. Mogelijk dat schimmelsporen of mycelium een belangrijk alternatief kunnen zijn bij afwezigheid van plagen.

## 2.5 Kunstmatige diëten

Onderzoek aan kunstmatige alternatieve voedselbronnen is in de literatuur vrijwel altijd gericht op de ontwikkeling van goedkope kweekmethoden. Tabel 2 en 3 geeft een overzicht van de geteste voedselbronnen en hun effecten op verschillende roofmijten en roofwantsen. De resultaten van deze studies kunnen een basis vormen voor het ontwikkelen van kunstmatig alternatief voedsel voor het ondersteunen van predatoren in kasgewassen. Van de genoemde voedselbronnen worden alleen de gesteriliseerde eieren van *Ephestia* in kassen toegepast. Dit wordt op kleine schaal gebruikt in tomaat als ondersteuning van de roofwants *Macrolophus caliginosus*.

Tabel 2. Gemelde effecten van kunstmatige voedselbronnen op roofmijten.

Roofmijtsoort *	Voedselbron	Gemelde effecten	Referentie
<i>E. hibisci</i> <i>T. limonicus</i>	Yeast hydrolysate + Molasses or sucrose	Toename levensduur, eileg ca. 30% t.o.v. pollen dieet	McMurtry & Scriven 1966
<i>E. hibisci</i> <i>I. degenerans</i> <i>T. limonicus</i>	Mix van honing, gist, suiker, eigeel en casein hydrolysate	Eileg 6-51% van eileg op natuurlijk prooidieet	Kennett & Hamai 1980
<i>A. swirskii</i>	Mix van gist, melkpoeder, aminozuren, vitamines, suikers en antibiotica	Toename levensduur, eileg ca. 50% t.o.v. pollen dieet	Abou-Awad, <i>et al.</i> 1992
<i>E. ovalis</i>	Paraffin-diet-chips, op basis van het dieet van Kenneth and Hamai (1980)	Lage eileg, hoge sterfte onder jonge stadia, kortere levensduur t.o.v. prooivoer	Shih, <i>et al.</i> 1993
<i>N. cucumeris</i>	Eiwitpoeders op basis van casein, soya of Deccan grass	Lage eileg	Matsuo, 2003
<i>I. degenerans</i>	Gesteriliseerde eieren van de mot <i>Ephestia kuehniella</i>	Ontwikkelingssnelheid iets hoger dan op een dieet van pollen	Vantornhout, <i>et al.</i> 2004
<i>I. degenerans</i>	Gedecapsuleerde cysten van het pekelkreeftje <i>Artemia franciscana</i>	Ontwikkelingssnelheid gelijk aan die op een dieet van pollen	Vantornhout, <i>et al.</i> 2004
<i>N. californicus</i>	Honing, sucrose, tryptone, gist extract en eigeel	Lage eileg, uitstekende overleving (tot 90 dagen)	Ogawa & Osakabe 2008

\* Namen van genera: *A.* = *Amblyseius*, *E.* = *Euseius*, *I.* = *Iphiseius*, *N.* = *Neoseiulus*, *T.* = *Typhlodromalus*.

Tabel 3. Gemelde effecten van kunstmatige voedselbronnen op roofwantsen.

Roofwantssoort	Voedselbron	Gemelde effecten	Referentie
<i>Orius tristicolor</i>	Molasse, honing en Feed-Wheat® (gist-product van kaas)	Veldtoepassing gaf géén verhoogde dichtheid in aardappel	Ben Saad & Bishop, 1976
<i>Orius laevigatus</i> en <i>Orius albidipennis</i>	Gesteriliseerde eieren van de mot <i>Ephestia kuehniella</i> Bijenpollen	Levensduur en eileg bij beide wantsensoorten hoger bij <i>Ephestia</i> dan bij pollen.	Cocuzza, <i>et al.</i> , 1997
<i>Podisus maculiventris</i>	Poppen van meelwormen, larven van de meelmot en een kunstmatig dieet op basis van rundvlees en -lever, verpakt in parafilm	Volledige ontwikkeling op kunstmatige dieet, maar lagere eileg en kleinere adulten	De Clercq, <i>et al.</i> , 1998
<i>Orius laevigatus</i>	Gesteriliseerde eieren van de mot <i>E. kuehniella</i> Gedecapsuleerde cysten van het pekelkreeftje <i>Artemia franciscana</i>	Ontwikkeling en reproductie op <i>Artemia</i> vergelijkbaar met <i>Ephestia</i> , op lange termijn vertraging in groei	Arijs & De Clerque, 2001, De Clerque, <i>et al.</i> , 2005
<i>Orius laevigatus</i>	Dieet op basis van lever	Ontwikkeling iets trager en sterftes hoger ten opzichte van dieet op <i>Ephestia</i>	Arijs & De Clerque, 2004
<i>Macrolophus caliginosus</i>	Gesteriliseerde eieren van de mot <i>E. kuehniella</i> Gedecapsuleerde cysten van <i>Artemia nauplii</i> en <i>Artemia</i> sp.	Overleving nimfen en eileg bij <i>Artemia</i> sp. (AF-strain) vergelijkbaar met <i>Ephestia</i> -eieren	Castane, <i>et al.</i> , 2006; Vandekerkhove, <i>et al.</i> , 2006
<i>Orius laevigatus</i>	4 kunstmatige diëten verpakt in 35µl parafilm capsules in vergelijking met eieren van <i>E. kuehniella</i> en cysten van <i>A. franciscana</i>	Levensduur en overleving nymfen van 2 diëten vergelijkbaar met <i>Ephestia</i> -eieren. Reproductie op diëten lag lager.	Bonte & De Clerque, 2008
<i>Macrolophus caliginosus</i>	Dode larven van de Mediterrane fruitvlieg <i>Ceratitis capitata</i>	Volledige ontwikkeling, maar levensduur en eileg 50% lager dan bij <i>Ephestia</i> -eieren	Nannini, <i>et al.</i> , 2008
<i>Macrolophus pygmaeus</i>	Gesteriliseerde eieren van de mot <i>E. kuehniella</i> Gedecapsuleerde cysten van <i>A. franciscana</i>	Overleving nimfen 10% lager en eileg 20% lager bij <i>Artemia</i> -cysten dan bij <i>Ephestia</i> -eieren	Vandekerkhove <i>et al.</i> , 2009





## 3 Screening van toegevoegd voedsel

### 3.1 Inleiding

Zoals gemeld zijn veel pollensoorten zeer geschikt als voedselbron voor roofmijten en roofwantsen. Het massaal toedienen van pollen in kasgewassen is waarschijnlijk lastig te realiseren, omdat het tot nu toe zeer kostbaar is grote hoeveelheden stuifmeel te oogsten. In dit onderzoek hebben we een aantal goedkope voedselbronnen getest op hun vermogen om roofmijten op planten te ondersteunen. De voedselbronnen zijn zowel in het laboratorium als in de kas beoordeeld.

### 3.2 Materiaal en methoden

In een drietal kasproeven is op chrysantenplanten telkens voor 5 (andere) voedselbronnen bepaald wat het effect is op de populatieontwikkeling van de roofmijt *A. swirskii* ten opzichte van een controlebehandeling zonder voedselbron. In iedere proef werd bovendien pollen van lisdodde meegenomen als positieve controle. Verder is in het laboratorium bepaald wat de eileg van *A. swirskii* is op een menu van deze voedselbronnen.

#### 3.2.1 Toegevoegde voedselbronnen

De 16 voedselbronnen die we hebben onderzocht zijn weergegeven in Tabel 4. Deze zijn op te delen in pollen en bijenpollen, een voorraadmijt en verschillende kunstmatige producten.

#### 3.2.2 Eilegtesten in het laboratorium

De geschiktheid van de aangeboden voedselbronnen voor reproductie van de roofmijt *A. swirskii* is in het laboratorium bepaald volgens de methode van Rijn & Tanigoshi (1999a). Jonge vrouwtjes van *A. swirskii* werden geplaatst op zwarte plastic arena's waar het voedsel in overmaat werd aangeboden. De eileg van de roofmijten op deze voedselbronnen werd gescoord van dag 4 tot en met dag 7. De eerste dagen werden niet meegeteld, omdat dan het effect van de voedselbron waarop ze gekweekt waren (Lisdoddepollen) nog een rol speelt. De eieren verwijderden we ieder dag om kannibalisme op de larven te voorkomen. Een herhaling bestond uit 12 vrouwtjes op een arena en ieder voedselbron werd 4x herhaald, tenzij de eileg nul was. De experimenten werden uitgevoerd in een klimaatkamer bij 22 °C en een 16/8 uur dag/nachtritme. Voor een statistische analyse zijn de gegevens  $\log(x+1)$  getransformeerd, waarna een 'repeated measures ANOVA' met tijd als random factor is uitgevoerd. Verschillen werden getest bij een 5% significantieniveau met de Fisher LSD (Least Significant Difference) test. Voor maispollen is de eileg niet bepaald, omdat deze gelijk is aan die voor lisdoddepollen (Pijnakker, *et al.*, 2009).

Tabel 4. Voedselbronnen die zijn getest op hun effect op *A. swirskii*, verdeeld over 3 experimenten.

Type alternatief voedsel	Formulering en dosering	Toelichting
Lisdodde pollen ( <i>Typha latifolia</i> L.)	Gedroogd en opgeslagen in vriezer, 50 mg/plant	Verzameld van bermen in 2008
Leliepollen ( <i>Lilium</i> L.)	Gedroogd, 40 mg/plant	Verzameld van kasgewas
Maïspollen ( <i>Zea mays</i> L.)	Gedroogd en opgeslagen in vriezer, 40 mg/plant	Verzameld bij boer in 2008
Bijenpollen Cistus	Gedroogd en gemalen, 40 mg/plant	Commercieel product
Bijenpollen Heide	Gedroogd en gemalen, 40 mg/plant	Commercieel product
Bijenpollen Kastanje	Gedroogd en gemalen, 40 mg/plant	Commercieel product
Mix van gist, glucose + soyapoeder	Poeders, 40 mg/plant	Gist van Tefco
Suikermijten, <i>Carpoglyphus lactis</i> Linnaeus	Uitstrooien, 500/plant	Voedingsmijt waarop <i>A. swirskii</i> wordt gekweekt
Suikermijten + glucose en gist	Uitstrooien, 500/plant + 40 mg poeders/plant	
Aminofeed®	Vloeistof, verspoten in 3% oplossing	Commercieel product op basis van eiwitten en suikers
Predfeed®	Poeder, 40 mg/plant	Commercieel product op basis van eiwitten, koolhydraten, suikers, vetten, vezels en mineralen
KMR®	Poeder, 40 mg/plant	Commercieel product voor melkvervanging van kittens. Bevat eiwitten, vetten, mineralen en vitamines
Feedbee®	Poeder, 40 mg/plant	Commercieel product als pollenvervanger voor bijen. Product bevat 36.4% eiwitten, 3.9% vet, 41.8% koolhydraten, 10.0% suikers, 3.1% mineralen.
Artemia-ervanger	Fijn granulaat: 200-300 µm, 40 mg/plant	Commercieel visvoerproduct op basis van ruw eiwit 45%, ruw Vet 10,4%, voedingsvezel 1,3%, as 7,3% en vitamines
Artemia-ervanger + glucose	Fijn granulaat: 200-300 µm, 40 mg/plant	
Algolith®	Gemalen en gezeefd over 160 µm, 40 mg/plant	Commercieel diervoerproduct op basis van natuurlijk zeealgenmeel, bevat relatief hoog percentage sporenelementen en vitamines

### 3.2.3 Populatieontwikkelingen in de kas

De effecten van de geselecteerde voedselbronnen op de populatieontwikkeling van *A. swirskii* hebben we beoordeeld op chrysant in 3 kasproeven. De omstandigheden van deze proeven zijn weergegeven in Tabel 5. De proeven werden opgezet als een blokkenproef met 3 herhalingen. Ieder blok stond op een aparte teelttafel met daarop 7 veldjes met per veldje 12 chrysantenplanten. Besmetting tussen de veldjes werd voorkomen door om ieder veldje een barrière van vangplaten op de bodem te plakken (Figuur 3). Bloemknoppen werden zonodig verwijderd. Het voedsel werd op de planten gestrooid of gespoten en dit werd na 3 weken herhaald. Roofmijten van gemengde leeftijd en geslacht werden kort na het toedienen van de eerste voedselbehandeling op de planten uitgezet in een

dichtheid van 20/plant. De roofmijtpopulaties werden gedurende 6 weken wekelijks gemonitord door per veldje 12 bladeren te plukken (van ieder plant 1 blad) en in het laboratorium onder een binoculair de aantallen roofmijten te bepalen. Voor een statistische analyse is de data  $\log(x+1)$  getransformeerd, waarna een 'repeated measures ANOVA' met tijd als random factor is uitgevoerd. Verschillen werden getest bij een 5% significantieniveau met de Fisher LSD test.

Tabel 5. *Cultivars, periode en klimaatomstandigheden van de 3 kasproeven.*

Kasproef	Periode (weeknummers)	Cultivar	Gemiddelde temperatuur (°C)	Gemiddelde luchtvochtigheid (%)
1	26 t/m 32	Omega Time Pink	23.5	73
2	40 t/m 46	Euro	20.9	73
3	11 t/m 17	Questa	21.5	85.3

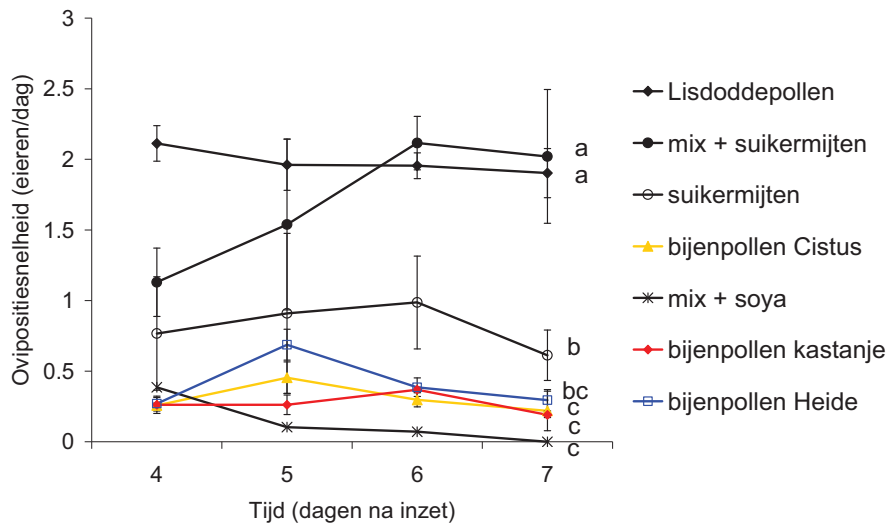


Figuur 3. *Kasproef met chrysant waarop de effecten van alternatief voedsel op *A. swirskii* zijn getest.*

### 3.3 Resultaten en discussie

#### 3.3.1 Eilegtesten in het laboratorium

Van de geteste voedselbronnen geeft alleen de mix van glucose en gist in combinatie met suikermijten eenzelfde eileg als bij lisdoddepollen (Figuur 4). Op een dieet van alleen suikermijten neemt de eileg langzaam af, maar wanneer gist en suiker worden toegevoegd, neemt de eileg juist toe (Figuur 4). Een verklaring is dat de suiker en gist er voor zorgen dat de suikermijten zich kunnen ontwikkelen, waardoor er meer jonge stadia ontstaan, die geschikt zijn voor predatie. Deze reproductie van de suikermijten werd ook waargenomen. De eileg op bijenpollen van Cistus, Heide en Kastanje verschilden onderling niet significant en was met gemiddeld 0.5 ei/dag laag (Figuur 4). De eileg op de alle andere geteste producten was nul of zeer laag.

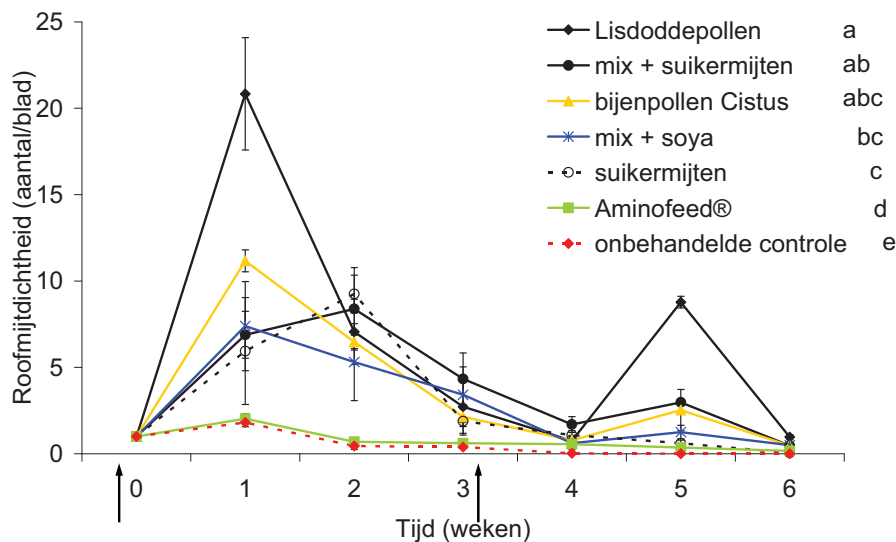


*Figuur 4. Effecten van voedselbronnen op de gemiddelde eileg ( $\pm se$ ) van *A. swirskii* in het laboratorium. De roofmijten waren afkomstig van een kweek op Lisdoddepollen. De mix staat voor glucose + gist. Lijnen gevolgd door een andere letter zijn statistisch significant verschillend ( $P < 0.05$ ).*

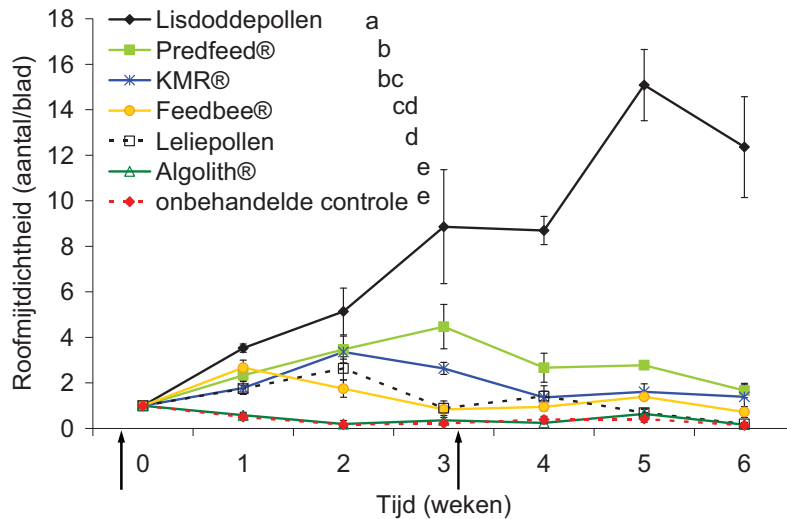
### 3.3.2 Populatieontwikkelingen in de kas

In de drie kasexperimenten geven alle voedselbronnen, met uitzondering van Algolith®, een significante verhoging van de roofmijtdichtheid ten opzichte van onbehandeld. De meeste voedselbronnen geven een gemiddelde dichtheid van 2 tot 4 roofmijten per blad (Figuur 6, 7 en 8). Lisdoddepollen is in alle proeven veruit de beste voedselbron. maar in de eerste en derde kasproef is het effect kortstondig (Figuur 6 en 8). In de tweede kasproef, die in de winterperiode plaatsvond, blijven de dichtheden gestaag toenemen (Figuur 7). De gemiddelde roofmijtdichtheid van *A. swirskii* bij de voedselbronnen ten opzichte van Lisdodde over de totale proefduur is weergegeven in Figuur 9.

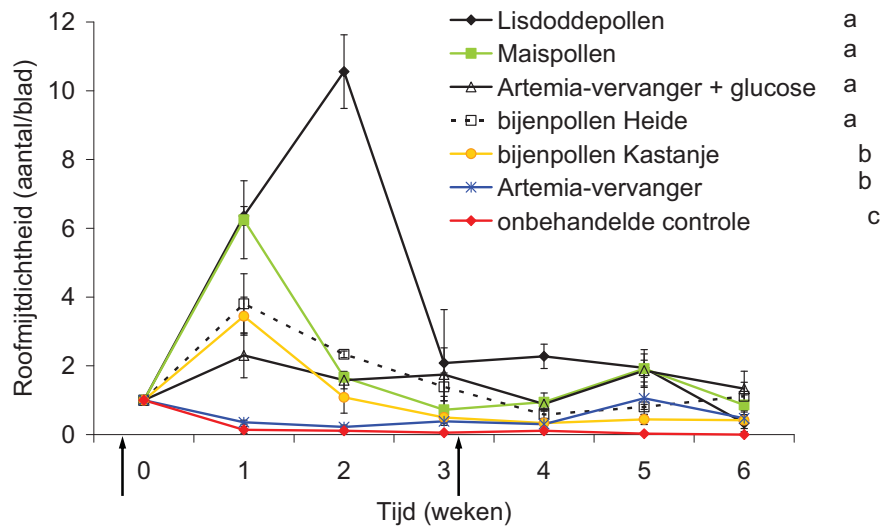
In kasproef 3 is waargenomen dat de bijenpollen van kastanje en heide beschimmelden.



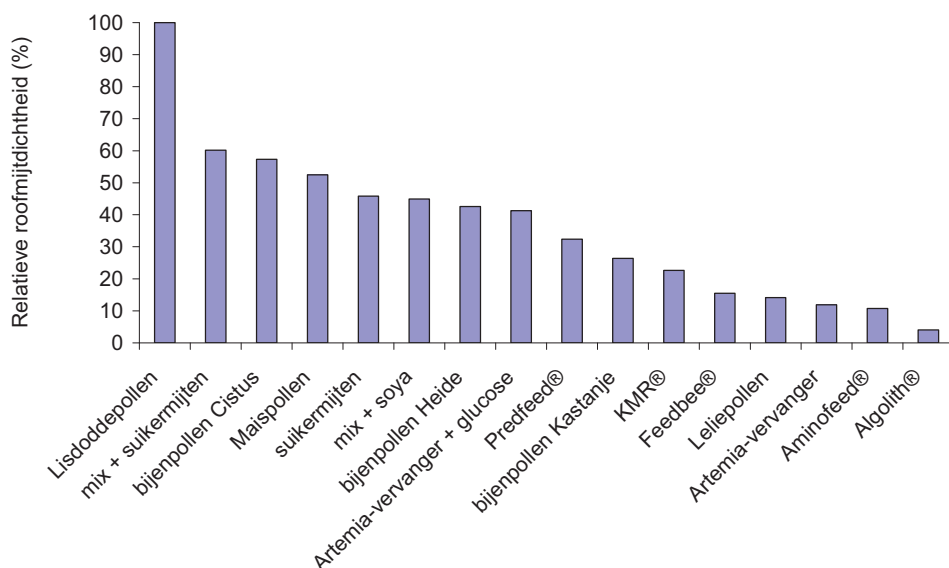
*Figuur 6. Effecten van voedselbronnen op de populatieontwikkeling van de roofmijt *A. swirskii* in een niet-bloeiend chrysantengewas. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm se$ ) aantallen roofmijten per blad. De pijlen geven de twee momenten van toediening van de voedselbronnen aan. De mix staat voor glucose en gist. Verschillende letters tussen de voedselbronnen geven statistisch significante verschillen aan over de tijd gemeten ( $P < 0.05$ ).*



*Figuur 7. Effecten van voedselbronnen op de populatieontwikkeling van de roofmijt *A. swirskii* in een niet-bloeiend chrysantengewas. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ se) aantallen roofmijten per blad. De pijlen geven de twee momenten van toediening van de voedselbronnen aan. Verschillende letters tussen de voedselbronnen geven statistisch significante verschillen aan over de tijd gemeten ( $P < 0.05$ ).*



*Figuur 8. Effecten van voedselbronnen op de populatieontwikkeling van de roofmijt *A. swirskii* in een niet-bloeiend chrysantengewas. Weergegeven zijn de gemiddelde ( $\pm$ se) aantallen roofmijten per blad. De pijlen geven de twee momenten van toediening van de voedselbronnen aan. Verschillende letters tussen de voedselbronnen geven statistisch significante verschillen aan over de tijd gemeten ( $P < 0.05$ ).*



*Figuur 9. Geschiktheid van voedselbronnen voor ondersteuning van *A. swirskii* ten opzichte van Lisdoddepollen. Per voedselbron is de relatieve roofterijheid, uitgedrukt als het percentage van de gemiddelde roofterijheid bij Lisdodde, weergegeven. De data zijn gebaseerd op drie kasproeven op chrysant gedurende een periode van 6 weken*

### 3.4 Discussie en conclusies

Roofterijpopulaties op kasgewassen kunnen worden ondersteund met relatief goedkope kunstmatige voedselbronnen. De voedselbronnen waren in staat dichtheden van 2 tot 4 roofterijen per blad in stand te houden. Voor chrysant zijn dit extreem hoge dichtheden die zelfs bij aanwezigheid van prooien vaak niet gehaald worden (Beerling, *et al.*, 2008). De meeste voedselbronnen gaven weinig of geen populatieopbouw. Dit komt overeen met de laboratoriumproeven waar een zeer lage of geen eileg werd gemeten. Suikermijten en pollen zijn geschikt als substituut-voedsel. De overige geteste producten functioneren eerder als supplementair voedsel.

Opmerkingen:

- Het effect van alternatieve prooidieren, zoals suikermijten, kan worden versterkt door voedsel voor deze prooidieren mee te geven.
- Producten op basis van bijenpollen geven een eileg van gemiddeld 0.5 ei per roofterijvrouwje per dag. Dit is laag (ca 25%) t.o.v. zuiver pollen. Bij de bijenpollen was Cistus beter dan heide, en heide beter dan kastanje.
- Bij een hoge RV kan bijenpollen beschimmelen.
- Kunstmatige voedselbronnen op basis van eiwitten, koolhydraten, suikers en vitamines verlengen de levensduur van roofterijpopulaties, maar bleken in de geteste samenstellingen niet geschikt voor reproductie

## 4 Alternatief voedsel en biologische bestrijding

### 4.1 Inleiding

Voor een verdere ontwikkeling van de biologische bestrijding is het noodzakelijk goede methoden te ontwikkelen die het toepassen van biologische bestrijders betrouwbaar en effectief maken. Een belangrijke manier om gewassen weerbaarder te maken tegen plagen is door er voor te zorgen dat de bestrijders snel een goed populatieniveau bereiken, ook in periode dat de plagen in lage aantallen of zelfs helemaal niet aanwezig zijn. Dit kan bereikt worden door populaties op te bouwen of in stand te houden met alternatief voedsel. Een belangrijke vraag is dan of dit aanbieden van voedsel ook daadwerkelijk tot een betere bestrijding leidt. In dit hoofdstuk schetsen we kort de mogelijkheden en risico's en geven we aanbevelingen voor verder onderzoek.

### 4.2 Potentie

Toevoeging van voedsel biedt veel potentie om het functioneren van predatoren te ondersteunen, omdat het de overleving, levensduur, ontwikkeling en reproductie kan verbeteren. Zoals eerder gemeld kunnen we alternatief voedsel onderscheiden in substituut-voedsel dat de prooi kan vervangen en geschikt is voor reproductie, en supplementair voedsel, dat het prooidieet aanvult of de levensduur verlengt, maar niet geschikt is voor reproductie.

Een goed voorbeeld van substituut-voedsel is pollen. De reproductie van roofmijten op pollen is soms zelfs beter dan op de plagen waarvoor ze worden ingezet (van Rijn & Tanigoshi, 1992a; Vantornhout et al, 2004). Het aanbieden van substituut-voedsel in gewassen leidt dus tot een toename van de populatiedichtheden. Dit kan gunstig zijn voor de biologische bestrijding.

Supplementair voedsel kan op verschillende manieren gunstig zijn voor de biologische bestrijding. In de eerste plaats kan de levensduur van predatoren sterk verlengen. Ogawa & Osakabe (2008) lieten zien dat hun kunstmatige dieet op basis van gist, koolhydraten en eiwitten niet geschikt was voor reproductie van de roofmijt *N. californicus*, maar dat de levensduur sterk verlengd kon worden; zonder voedsel met allen water bleven de roofmijten maximaal 2 weken in leven, terwijl met het dieet de roofmijten wel 3 maanden in leven bleven. Wanneer na 2 maanden de roofmijten weer omschakelden naar hun oude prooi van spint, werd binnen 5 dagen het eilegniveau weer bijna gelijk aan dat van de roofmijten die continue op spint werden gekweekt. Dit betekent dat supplement voedsel goede mogelijkheden biedt om roofmijtpopulaties in afwezigheid van plagen in stand te houden. Zodra plagen dan de kas binnenkomen kunnen deze roofmijten zich alsnog reproduceren.

In de tweede plaats kan supplementair voedsel geschikt voor de ontwikkeling van het onvolwassen naar het volwassen stadium.

In de derde plaats kan supplement voedsel het dieet van een plaag aanvullen, waardoor de ontwikkelingssnelheid van de populatie toeneemt. Recent is gevonden dat de roofmijt *A. swirskii* zich beter ontwikkelt op een gemixt dieet van trips en witte vlieg dan op een dieet van een enkele prooi (Messelink, *et al.*, 2008). De reden hiervoor is waarschijnlijk dat de voedingswaarde van de twee prooien elkaar aanvullen. Het is bekend dat sommige predatoren, zoals spinnen en kevers, specifiek bepaalde prooien zoeken om hun dieet in balans te houden (Mayntz, *et al.*, 2005). Dit kan betekenen dat supplementair voedsel tijdelijk zelfs de voorkeur heeft van predatoren.

## 4.3 Risico's

Alternatief voedsel kan populaties van natuurlijke vijanden in stand houden of zelfs doen toenemen, maar het is niet direct vanzelfsprekend dat dit altijd tot een verbetering van de biologische bestrijding leidt. We geven een aantal mogelijkheden van een negatief effect:

- a) *Predator switching*. Het is mogelijk dat de predator omschakelt naar de alternatieve voedselbron, waardoor de prooi ontsnapt aan predatie en er dus minder bestrijding is. Bij zowel de roofwants *O. laevigatus* als de roofmijt *N. cucumeris* is gevonden dat de predatie van trips met ongeveer de helft gereduceerd werd wanneer pollen als alternatief voedsel werd toegevoegd (Skirvin, *et al.*, 2007). De roofmijten *Euseius scutalis* en *Iphiseius degenerans* schakelden zelfs volledig over op pollen wanneer een mix van prooi en pollen werd aangeboden (Palevsky, *et al.*, 2003; Nomikou, *et al.*, 2004)
- b) *Predator satiation*. Bij een overmaat aan voedsel raken predatoren verzadigd. Dit kan betekenen dat de prooien ontsnappen aan predatie, doordat er simpelweg te weinig predatoren zijn ten opzichte van de hoeveelheid voedsel. Op deze manier kan een overmaat aan alternatief voedsel de biologische bestrijding kan verstoren. Onderzoek met loopkevers heeft dit aangetoond: de biologische bestrijding was minder in aanwezigheid van alternatief voedsel door voedselverzadiging (Koss & Snyder, 2004; Symondson, *et al.*, 2006). Deze verstoring van voedselverzadiging is echter altijd tijdelijk. Uiteindelijk zal de numerieke respons van de predator door het extra voedsel gunstig zijn voor de bestrijding (Sabelis & van Rijn, 2005). De periode dat voedselverzadiging negatief uitpakt voor biologische bestrijding zal afhangen van de ontwikkelingssnelheid van de predator. Bij roofwantsen, die een relatief lange generatieduur kennen, zal dit langer zijn dan bij roofmijten, die een relatief korte generatieduur kennen.
- c) *Versterking intraguild predation*. Biologische bestrijding is vaak een onderdeel van een complexer geheel met meerdere natuurlijke vijanden die elkaar kunnen beïnvloeden. Wanneer twee bestrijders zich beiden voeden met een bepaalde prooi, maar ook elkaar aanvallen en doden, noemen we dat 'intraguild predation'. Het is mogelijk dat alternatief voedsel door meerder predatorsoorten benut kan worden. Wanneer dit gunstiger is voor een bepaalde predator die een andere predator verstoort, kan dit nadelig zijn voor de biologische bestrijding (Holt & Huxel, 2007).
- d) *Plaagstimulering*. Niet alleen natuurlijke vijanden, maar ook plagen kunnen voordeel hebben van alternatief voedsel (Wäckers, *et al.*, 2007). Vooral voor trips lijkt er een risico te zijn, omdat deze plaag zich kan voeden met allerlei soorten pollen (Hulshof, *et al.*, 2003). Experimenten op komkommer met roofmijten, pollen en trips lieten echter zien dat alternatief voedsel uiteindelijk gunstig is voor de biologische bestrijding, zelfs als deze voedselbron ook gunstig is voor de plaag (van Rijn, *et al.*, 2002). Het is echter niet uit te sluiten dat in bepaalde gevallen alternatief voedsel plaagstimulerend kan werken.

Bovengenoemde risico's zijn alleen relevant in situaties waar zowel de bestrijder en plaag aanwezig zijn. Wanneer alternatief voedsel als doel heeft predatoren te laten vestigen in een beperkte periode zonder plagen, zijn de genoemde potentiële nadelen minder belangrijk.

## 4.4 Aanbevelingen

Literatuur laat zien dat alternatief voedsel veel mogelijkheden biedt voor het verbeteren van de biologische bestrijding, maar dat er ook risico's aan verbonden zijn. Het is daarom noodzakelijk de effecten van alternatief voedsel op biologische bestrijding van plagen te testen onder verschillende omstandigheden. Het is daarbij zinvol te kijken wat de effecten zijn van zowel substituu- als supplementair voedsel.

Verder is er behoefte aan onderzoek om een goedkope alternatieve voedselbron te ontwikkelen tot een toepasbaar product. Mogelijkheden liggen er bij zowel kunstmatige voedselbronnen als (bijen)pollen. Daarbij is het nodig te werken aan een goede formulering zodat er ook toepassingsmogelijkheden zijn in gewassen waar berekend wordt (bijv. chrysant) en er geen risico's zijn van allergie.



## 5 Conclusies

Voor zowel roofmijten als roofwantsen zijn verschillende diëten ontwikkeld met als doel om goedkope massakweken te ontwikkelen. Toepassing van deze kunstmatige voedselbronnen in kasgewassen wordt nog niet gedaan. In dit onderzoek zijn 16 voedselbronnen getest in het laboratorium en op chrysanthe, die anders dan zuivere pollen, goedkoop en massaal beschikbaar zijn. Deze screening laat zien dat er in principe mogelijkheden zijn om een goedkope alternatieve voedselbron te ontwikkelen voor ondersteuning van roofmijten en roofwantsen in het gewas.

Daarbij kan aan 4 mogelijkheden gedacht worden:

1. alternatieve prooidieren
2. alternatieve prooidieren in combinatie met voedsel voor deze prooidieren
3. bijenpollen
4. kunstmatige voedselbronnen op basis van eiwitten, koolhydraten, suikers en vitamines

De ontwikkeling van een goedkope alternatieve voedselbron vraagt echter meer onderzoek om dit verder te optimaliseren en te ontwikkelen tot een toepasbaar product. Literatuur geeft aan dat toediening van alternatief voedsel niet automatisch een verbetering van de biologische bestrijding betekent. Het voedsel kan bijvoorbeeld tijdelijk de predator van de prooi afhouden of ook de plaag zelf stimuleren. Het is daarom noodzakelijk de effecten van alternatief voedsel op biologische bestrijding verder te onderzoeken.



## Referenties

- Abou Awad, B.A., A. S. Reda & S.A. Elsayi, 1992.  
Effects of artificial and natural diets on the development and reproduction of two phytoseiid mites *Amblyseius gossipi* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Insect Science and Its Application* 13:441-445.
- Abou-Awad, B.A., A.A. El-Sherif, M. F. Hassan & M. M. Abou-Elleila, 1998.  
Studies on development, longevity, fecundity and predation of *Amblyseius olivi* Nasr & Abou-Awad (Acari: Phytoseiidae) on various kinds of prey and diets. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 105:538-544.
- Allawi, T.F., 1991.  
Biological and ecological studies on indigenous and introduced phytoseiid mites: 1. Mass rearing and study of the effect of different pollen and other plant derivatives on the fecundity and longevity of *Euseius scutalis* (A.-H.). *Dirasat Series B, Pure and Applied Sciences* 18:57-67.
- Arijs, Y. & P. De Clercq, 2001.  
Rearing *Orius laevigatus* on cysts of the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Biological Control* 21:79-83.
- Arijs, Y. & P. De Clercq, 2004.  
Liver-based artificial diets for the production of *Orius laevigatus*. *BioControl* 49:505-516.
- Beerling, E., R. van Holstein, A. van der Linden, J. Stolk, M. Zijderwijk en C. van der Hoek.  
Geïntegreerde tripsbestrijding in chrysant 2006 en 2007. *Nota 559 Wageningen UR Glastuinbouw*.
- Bensaad, A.A. & G.W. Bishop, 1976.  
Effect of artificial honeydews on insect communities in potato fields. *Environmental Entomology* 5:453-457.
- Bonte, M. & P. De Clercq, 2008.  
Developmental and reproductive fitness of *Orius laevigatus* (Hemiptera : Anthocoridae) reared on factitious and artificial diets. *Journal of Economic Entomology* 101:1127-1133.
- Bouras, S.L. & G.T. Papadoulis, 2005.  
Influence of selected fruit tree pollen on life history of *Euseius stipulatus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 36:1-14.
- Butler, G.D., Jr. & Ritchie, 1971.  
Feed Wheat and the abundance and fecundity of *Chrysopa carnea*. *Journal of Economic Entomology* 64: 933-934.
- Calis, J.N.M., W.P.J. Overmeer & L.P.S. v.-d. Geest, 1988.  
Tydeids as alternative prey for phytoseiid mites in apple orchards. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 53:793-798.
- Calvert, D.J. & C.B. Huffaker, 1974.  
Predator (*Metaseiulus occidentalis*) - prey (*Pronematus* spp.) interactions under sulfur and cattail pollen applications in a noncommercial vineyard. *Entomophaga* 19:361-369.
- Castane, C., R. Quero & J. Riudavets, 2006.  
The brine shrimp *Artemia* sp as alternative prey for rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus*. *Biological Control* 38:405-412.
- Cocuzza, G.E., P. DeClercq, M. VandeVeire, A. DeCock, D. Degheele & V. Vacante, 1997.  
Reproduction of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 82:101-104.
- De Clercq, P., F. Merlevede & L. Tirry, 1998.  
Unnatural prey and artificial diets for rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera : Pentatomidae). *Biological Control* 12: 137-142.
- De Clercq, P., Y. Arijs, T. Van Meir, G. Van Stappen, P. Sorgeloos, K. Dewettinck, M. Rey, S. Grenier & G. Febvay, 2005.  
Nutritional value of brine shrimp cysts as a factitious food for *Orius laevigatus* (Heteroptera : Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology* 15:467-479.

- Dicke, M., M. d. Jong, M.P.T. Alers, F.C.T. Stelder, R. Wunderink & J. Post, 1989.  
Quality control of mass-reared arthropods: Nutritional effects on performance of predatory mites. *Journal of applied entomology* 108:462-475.
- Ferla, N.J. & G.J. de Moraes, 2003.  
Oviposition of the predators *Agistemus floridanus* Gonzalez, *Euseius concordis* (Chant) and *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) (Acari) in response the different kinds of food. *Revista Brasileira de Zoologia* 20:153-155.
- Flechtmann, C.H.W. and J.A. McMurtry, 1992.  
Studies on how phytoseiid mites feed on spider mites and pollen. *International Journal of Acarology* 18: 157–162.
- Gnanvossou, D. & Hanna, 2005.  
Comparative life history traits of three neotropical phytoseiid mites maintained on plant-based diets. *Biological Control* 35:32-39.
- Holt, R.D. & G.R. Huxel, 2007.  
Alternative prey and the dynamics of intraguild predation: Theoretical perspectives. *Ecology* 88:2706-2712.
- Hoogerbrugge, H., Y. v. Houten, E. v. Baal & K. Bolckmans, 2008.  
Alternative food sources to enable establishment of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) on chrysanthemum without pest presence. *IOBC/wprs Bulletin* 32:79-82.
- Hulshof, J., E. Ketoja & I. Vanninen, 2003.  
Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 108:19-32.
- Kennett, C.E. & J. Hamai, 1980.  
Oviposition and development in predaceous mites fed with artificial and natural diets (Acari: Phytoseiidae). *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 28:116-122.
- Koss, A.M. & W.E. Snyder, 2005.  
Alternative prey disrupt biocontrol by a guild of generalist predators. *Biological Control* 32:243-251.
- Li-HongDu, L.-D. H.-Y., 2006.  
Biology and life table of the predatory mite *Euseius aizawai* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and applied acarology* 11:159-165.
- Lundgren, J.G., 2009.  
*Relationships of Natural Enemies and Non-prey Foods*. Springer.
- Manjunatha, M., S.G. Hanchinal & S.V. Kulkarni, 2001.  
Life history of *Amblyseius ovalis* (Phytoseiidae: Acari) and impact of different diets and arena on multiplication of the predator. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 14:326-331.
- Matsuo, T., M. Mochizuki, K. Yara, T. Mitsunaga & A. Mochizuki, 2003.  
Suitability of pollen as an alternative diet for *Amblyseius cucumeris* (Oudemans). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 47:153-158.
- Mayntz, D., D. Raubenheimer, M. Salomon, S. Toft & S.J. Simpson, 2005.  
Nutrient-specific foraging in invertebrate predators. *Science* 307:111-113.
- McMurtry, J.A. & G.T. Scriven, 1964.  
Studies on the feeding, reproduction, and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. *Ann-ent-Soc-Amer* 57:649-655.
- McMurtry, J.A. & G.T. Scriven, 1966.  
Effects of artificial foods on reproduction and development of four species of Phytoseiid mites. *Annals of the Entomological Society of America* 59:267-269.
- McMurtry, J.A. & G.T. Sorveit, 1962.  
The use of agar media in transporting and rearing Phytoseiid mites. *Journal of Economic Entomology* 55: 412-414.
- McMurtry, J.A.J.A., 1992.  
Dynamics and potential impact of 'generalist' phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. *Experimental & applied acarology* 14:371-382.

- Messelink, G.J., R. van Maanen, S.E.F. van Steenpaal & A. Janssen, 2008.  
Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biological Control* 44:372-379.
- Messelink, G.J., P.M.J. Ramakers, J.A. Cortez & A. Janssen, 2009.  
How to enhance pest control by generalist predatory mites in greenhouse crops. Pages 309-318 in 3rd International Symposium on Biological Control of Arthropods, Christchurch, New Zealand.
- Momen, F.M., 2004.  
Suitability of the pollen grains, *Ricinus communis* and *Helianthus annuus* as food for six species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 39:415-422.
- Nannini, M., L. Ruiu & I. Floris, 2008.  
*Ceratitis capitata* larvae as an alternative food source for *Macrolophus caliginosus*. *IOBC/wprs Bulletin* 32:147-150.
- Nomikou, M., A. Janssen, R. Schraag & M.W. Sabelis, 2002.  
Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. *Experimental and Applied Acarology* 27:57-68.
- Nomikou, M., A. Janssen, R. Schraag & M.W. Sabelis, 2004.  
Vulnerability of *Bemisia tabaci* immatures to phytoseiid predators: Consequences for oviposition and influence of alternative food. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 110:95-102.
- Ochieng, R.S., G.W. Oloo & E.O. Amboga, 1987.  
An artificial diet for rearing the phytoseiid mite, *Amblyseius teke* Pritchard and Baker *Experimental & applied acarology* 3:169-173.
- Ogawa, Y. & M. Osakabe, 2008.  
Development, long-term survival, and the maintenance of fertility in *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on an artificial diet. *Experimental and Applied Acarology* 45:123-136.
- Onzo, A., R. Hanna, K. Negloh, M. Toko & M.W. Sabelis, 2005.  
Biological control of cassava green mite with exotic and indigenous phytoseiid predators - effects of intraguild predation and supplementary food. *Biological Control* 33:143-152.
- Ouyang, Y., E.E. Grafton-Cardwell & R.L. Bugg, 1992.  
Effects of various pollens on development, survivorship, and reproduction of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology* 21:1371-1376.
- Palevsky, E., Y. Argov, T.B. David & U. Gerson, 2003.  
Identification and evaluation of potential predators of the citrus rust mite, *Phyllocoptruta oleivora*, in Israel. *Systematic and applied acarology* 8:39-48.
- Pijnakker, J., A. Leman, L. Kok and J. Quéméner, 2009.  
Geïntegreerde bestrijding in roos. Intern rapport Wageningen UR Glastuinbouw. In press.
- Pozzebon, A. & C. Duso, 2008.  
Grape downy mildew *Plasmopara viticola*, an alternative food for generalist predatory mites occurring in vineyards. *Biological Control* 45:441-449.
- Ramakers, P.M.J. & M.J. van Lieburg, 1982.  
Start of commercial production and introduction of *Amblyseius mckenziei* Sch. & Pr. (Acarina: Phytoseiidae) for the control of *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in glasshouses. . *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 47:541-545.
- Ramakers, P.M.J, 1990.  
Manipulation of phytoseiid thrips predators in absence of thrips. *IOBC/wprs Bulletin* 13:169-172.
- Ramakers, P.M.J, 1995.  
Biological control using oligophagous predators. In: *Thrips biology and management: proceedings of the 1993 International Conference on Thysanoptera*. Plenum Press, New York.
- Ramakers, P.M.J. & S.J.P. Voet, 1995.  
Use of castor bean, *Ricinus communis*, for the introduction of the thrips predator *Amblyseius degenerans* on glasshouse-grown sweet peppers. *Mededelingen - Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent*. 1995. 60: 3a, 885-891.

- Remund, U. & E. Boller, 1992.  
Flourishing vineyards in eastern Switzerland. 3. Supplementary pollen-feeding studies with predatory mites. *Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau* 128:237-239.
- Roulston, T.H., J.H. Cane & S.L. Buchmann, 2000.  
What governs protein content of pollen: Pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? *Ecological Monographs* 70:617-643.
- Roulston, T.H. & J.H. Cane, 2000.  
Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution* 222:187-209.
- Sabelis, M.W. & P.C.J. v. Rijn, 2005.  
When does alternative food promote biological pest control? In: Hoddle, M.S. (Ed.), *Proceedings of Second International Symposium on Biological Control of Arthropods II*:428-437.
- Shih, C.I.T., H.Y. Chang, P.H. Hsu & Y.F. Hwang, 1993.  
Responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) to natural food resources and two artificial diets. *Experimental & applied acarology* 17:503-519.
- Skirvin, D.J., L. Kravar-Garde, K. Reynolds, J. Jones, A. Mead & J. Fenlon, 2007.  
Supplemental food affects thrips predation and movement of *Orius laevigatus* (Hemiptera : Anthocoridae) and *Neoseiulus cucumeris* (Acari : Phytoseiidae). *Bulletin of Entomological Research* 97:309-315.
- Smith, D. & D. F. Papacek, 1991.  
Studies of the predatory mite *Amblyseius victoriensis* (Acarina: Phytoseiidae) in citrus orchards in south-east Queensland: control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), effect of pesticides, alternative host plants and augmentative release. *Experimental & applied acarology* 12:195-217.
- Srinivasu, P.D.N., B. Prasad & M. Venkatesulu, 2007.  
Biological control through provision of additional food to predators: A theoretical study. *Theoretical Population Biology* 72:111-120.
- Stanley, R.G. & H.F. Linskens, 1974.  
*Pollen : biology, biochemistry, management* Springer, New York.
- Symondson, W.O.C., S. Cesarini, P.W. Dodd, G.L. Harper, M.W. Bruford, D.M. Glen, C.W. Wiltshire & J.D. Harwood, 2006.  
Biodiversity vs. biocontrol: positive and negative effects of alternative prey on control of slugs by carabid beetles. *Bulletin of Entomological Research* 96:637-645.
- van Baalen, M., V. Krivan, P.C.J. van Rijn & M.W. Sabelis, 2001.  
Alternative food, switching predators, and the persistence of predator-prey systems. *American Naturalist* 157:512-524.
- Vandekerkhove, B., E. Van Baal, K. Bolckmans & P. De Clercq, 2006.  
Effect of diet and mating status on ovarian development and oviposition in the polyphagous predator *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera : Miridae). *Biological Control* 39:532-538.
- Vandekerkhove, B., L. Parmentier, G. Van Stappen, S. Grenier, G. Febvay, M. Rey & P. De Clercq, 2009.  
Artemia cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *Journal of applied entomology* 133:133-142.
- Van Rijn, P.C.J. & L.K. Tanigoshi, 1999a.  
Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Experimental and Applied Acarology* 23:785-802.
- Van Rijn, P.C.J. & L.K. Tanigoshi, 1999b.  
The contribution of extrafloral nectar to survival and reproduction of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis*. *Experimental and Applied Acarology* 23:281-296.
- Van Rijn, P.C.J., Y.M. Van Houten & M.W. Sabelis, 2002.  
How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. *Ecology* 83:2664-2679.
- Vantornhout, I., H.L. Minnaert, L. Tirry & P. d. Clercq, 2004.  
Effect of pollen, natural prey and factitious prey on the development of *Iphiseius degenerans*. *BioControl* 49:627-644.

- Vantornhout, I., H.L. Minnaert, L. Tirry & P. d. Clercq, 2005.  
Influence of diet on life table parameters of *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 35:183-195.
- Wäckers, F.L., P.C.J. van Rijn & J. Bruin, 2005.  
Plant-provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and its Applications. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wäckers, F.L., J. Romeis & P. van Rijn, 2007.  
Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology* 52:301-323.
- Wäckers, F.L., 2008.  
Food for thought: how to cater to the nutritional needs of biological control agents? *IOBC/wprs Bulletin* 32: 253-260.
- Wäckers, F.L., P.C.J. van Rijn & G.E. Heimpel, 2008.  
Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal? *Biological Control* 45:176-184.
- Wade, M.R., M.P. Zalucki, S.D. Wratten & K.A. Robinson, 2008.  
Conservation biological control of arthropods using artificial food sprays: Current status and future challenges. *Biological Control* 45:185-199.
- Yue, B., C.C. Childers & A.H. Fouly, 1994.  
A comparison of selected plant pollens for rearing *Euseius mesembrinus* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology* 20:103-108.
- Yue, B. & J.H. Tsai, 1996.  
Development, survivorship, and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on selected plant pollens and temperatures. *Environmental Entomology* 25:488-494.
- Zemek, R. & E. Prenerova, 1997.  
Powdery mildew (Ascomycotina: Erysiphales) - an alternative food for the predatory mite *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 21:405-414.
- Zhimo, Z. & J.A. McMurtry, 1990.  
Development and reproduction of three *Euseius* (Acari: Phytoseiidae) species in the presence and absence of supplementary foods. *Experimental and Applied Acarology* 8:233-242.

