

# Bloemrijke akkerranden voeden natuurlijke vijanden

Paul C.J. van Rijn  
Felix L. Wäckers

## TREFWOORDEN

functionele agrobiodiversiteit, ondersteuning biologische bestrijding, conservation biological control, biodiversiteit op maat, zweefvliegen, sluipwespen, stuifmeel, nectar

Entomologische Berichten 67 (6): 00-00

Veel natuurlijke vijanden van plaaginsecten hebben, vooral wanneer ze vleugels hebben, stuifmeel of nectar nodig. Bloemrijke akkerranden kunnen het gebrek hieraan in ons moderne agrarische landschap deels opheffen. Lang niet alle bloemen(mengsels) zijn echter geschikt als 'wegrestaurant'. Om door parasitoïden en predatoren benut te worden, moeten deze de nectar en het stuifmeel kunnen vinden, moeten ze er goed bij kunnen en moet met name de nectar van een geschikte samenstelling zijn, en niet eerst door andere insecten worden opgegeten. Wil het stimuleren van natuurlijke vijanden vervolgens ook leiden tot een betere plaagbestrijding op de akker, dan zal het mengsel op tijd moeten bloeien en niet ook de plaag moeten stimuleren. Dit betekent dat alleen met voldoende kennis over de ecologie van plaag en natuurlijke vijand akkerranden kunnen worden samengesteld, die optimaal de natuurlijke plaagbestrijding zullen aanjagen.

## Nectar en stuifmeel als voedsel voor natuurlijke vijanden

De landbouw is in de vorige eeuw in Nederland sterk gerationaliseerd. Dit betekent onder andere dat de perceelgrootte sterk is toegenomen, de variatie in gewassen en geteelde rassen is afgenomen en dat het aandeel onkruiden en andere niet-productieve vegetatie in het agrarische gebied sterk is teruggedrongen. Hiermee zijn onbedoeld de levensvoorwaarden voor veel insecten verslechterd, ook voor nuttige insecten, zoals bestuivers en natuurlijke vijanden van plagen. Veel natuurlijke vijanden hebben behalve prooi ook ander voedsel nodig. De meeste verpoppende insecten, zoals sluipwespen (onder andere Braconidae, Ichneumonidae, Aphelinidae, Eulophidae), galmuggen (Cecidomyiidae) en zweefvliegen (Syrphidae, figuur 1), zijn hooguit als larve carnivoor; eenmaal volwassen zijn ze voor hun energievoorziening aangewezen op suikerbronnen zoals nectar en honingdauw. Zonder deze energiebron gaan ze veel eerder dood en kunnen ze veel minder eitjes afzetten (zie ook Wäckers, dit nummer). Voor zweefvliegen gaat de afhankelijkheid nog verder: ze hebben ook stuifmeel nodig om eitjes te kunnen produceren (zie Van Rijn & Smit, dit nummer). Andere groepen, zoals roofwantsen (Anthocoridae), gaasvliegen (Chrysopidae) en lieveheersbeestjes (Coccinellidae), kunnen ook als ze volwassen zijn prooi eten, maar profiteren toch van nectar en stuifmeel als aanvulling op hun dieet of om prooiarme perioden te overleven. Deze groepen worden dan ook veelvuldig als bezoekers van bloemen en (extraflorale) nectariën waargenomen (Pemberton & Vandenberg 1993, Corey et al. 1998, Villenave et al. 2006).

## Bloemstroken en natuurlijke vijanden

Een aantal studies laat zien dat onder moderne landbouwomstandigheden nectar of stuifmeel inderdaad beperkend kan zijn voor verschillende natuurlijke vijanden. Zo blijkt de nabijheid

van nectarproducerende planten tot verhoogde suikerspiegels in sluipwespen te leiden, wat ze tot grotere activiteit in staat stelt (Steppuhn & Wäckers, 2004, Lee et al. 2006). Ook blijkt de parasitering van plaaginsecten vaak hoger in de buurt van bloemen (Baggen & Gurr 1998, Tylianakis et al. 2004). Voor roofwantsen, zweefvliegen, gaasvliegen en lieveheersbeestjes zijn er studies die laten zien dat ze in hogere aantallen in de gewassen worden aangetroffen wanneer er bloemen in de ondergroei of akkerranden staan (Bowie et al. 1999, Thies & Tschamtkke 1999, Berndt et al. 2006, Lee & Heimpel 2005).

Meer natuurlijke vijanden of hogere parasiteringsgraden leiden echter niet automatisch tot lagere plaagdichtheden. Zo moeten de natuurlijke vijanden een voldoende hoge dichtheid bereiken om een effect te kunnen hebben op een plaag. Om schade te voorkomen moet dit bovendien gebeuren wanneer de prooiopopulatie zich nog in de opbouwfase bevindt, ruim voordat de schadedrempel is bereikt. Ook moet de plaag zelf niet direct of indirect door de bloemstroken worden begunstigd. Het is daarom misschien niet verwonderlijk dat veel van de bovengenoemde veldstudies wel een effect van bloemen op de natuurlijke vijanden kunnen aantonen, maar niet op de plaag. Uitzonderingen hierop zijn onder andere Bowie et al. (1999), Thies & Tschamtkke (1999) en een recente studie in de Hoeksche Waard, Zuid-Holland. In de studie van FAB (Functionele Agro Biodiversiteit) Hoeksche Waard (zie kader 1) worden in de delen van aardappel- en tarwepercelen waar selectieve bloemstroken zijn aangelegd (figuur 2), meer eieren en larven van zweefvliegen en gaasvliegen gevonden dan in de delen zonder bloemstroken. Dit vertaalde zich in 2006 ook in lagere aantallen bladluizen in de delen met bloemstroken ([www.lto.nl/FAB](http://www.lto.nl/FAB)). Insecticidebespuitingen konden in het hele FAB-studiegebied in drie jaren achterwege blijven, dus ook in de delen zonder bloemstroken. Er zijn echter nog geen studies bekend die ook het effect op gewasopbrengsten in kaart hebben gebracht.



1. Bessenbandzwever *Syrphus ribesii* (Linnaeus) bezoekt koriander.  
Foto: Paul van Rijn  
*Syrphus ribesii* visits coriander (*Coriandrum sativum*).

## Effectieve bloemranden: maatwerk

Om bloemranden te laten bijdragen aan effectieve bestrijding van plagen moet dus aan flink wat voorwaarden voldaan zijn. Hieronder bespreken we enkele daarvan.

Alleen als voedselaanbod beperkend is

In landschappen waarin veel bloeiende wilde planten staan en in akkers met veel onkruiden kan de beschikbaarheid van nectar en stuifmeel al zodanig zijn dat het functioneren van belangrijke natuurlijke vijanden er niet door beperkt wordt (Heimpel & Jervis 2005). Ook de honingdauw die sommige luizensoorten uitscheiden biedt soms voor sluipwespen al voldoende suikers (Wäckers & Steppuhn 2003), hoewel honingdauw over het algemeen minder geschikt is dan nectar (Wäckers et al. 2007). Of insecten nectar-beperkt zijn kan bijvoorbeeld worden onderzocht door het suikergehalte van gevangen exemplaren te bepalen en te vergelijken met opgekweekte individuen (Steppuhn & Wäckers 2004, Lee et al. 2006). Overigens kunnen ook andere omstandigheden, zoals gebrek aan overwinteringshabitat of het gebruik van schadelijke gewasbeschermingsmiddelen, zodanig de natuurlijke vijanden beperken, dat een stimulerend effect van bloemrijke akkerranden op de natuurlijke plaagbestrijding onvoldoende gewicht in de schaal legt.

Geschiktheid voor natuurlijke vijanden

Lang heeft het idee geleefd dat (bloemrijke) akkerranden stimulerend zijn voor natuurlijke vijanden ongeacht de plantensamenstelling. Dit blijkt echter niet altijd zo te zijn (Wäckers 2004, Olsen & Wäckers 2007). Willen bloemen een geschikte voedselbron vormen voor natuurlijke vijanden, dan moeten ze niet alleen op het goede moment beschikbaar zijn, maar ze moeten ook aantrekkelijk zijn, het voedsel moet bereikbaar zijn, van de juiste samenstelling en het voeden op bloemen mag niet te hoge (predatie)risico's met zich meebrengen (Wäckers 2005). Ook moet er voldoende voedsel overblijven, ondanks concurrentie met andere bloembezoekers zoals bijvoorbeeld bestuivers. Deze aspecten worden hieronder wat verder uitgewerkt.

Aantrekkelijkheid

De meeste bloemen zijn optimaal aangepast om insecten aan te trekken die kunnen bijdragen aan (kruis)bestuiving. Dit doen ze door een beloning te bieden (nectar en/of stuifmeel) en dit kenbaar te maken door middel van opvallende vormen, kleuren en/

of geuren. Ook soorten die onbelangrijk zijn voor de bestuiving van bloemen kunnen van deze signalen gebruikmaken. Zo worden *Cotesia*-sluipwespen die een suikergebrek hebben, aange trokken door gele vlakken en bloemgeurstoffen, maar verdwijnt deze kleur- en geurvoorkeur zodra het suiker-tekort is opgeheven (Wäckers 1994). Vervolgens leren sluipwespen en andere natuurlijke vijanden ook snel geuren en kleuren te associëren met bepaalde beloningen, waardoor ze beter gebruik kunnen maken van de voedselbronnen die hen ter beschikking staan (Lewis et al. 1998, Lunau 2000).

Bereikbaarheid

Lang niet alle bloemen die aantrekkelijk zijn voor natuurlijke vijanden zijn geschikt als nectar- of stuifmeelbron (Wäckers 2004). Bloemen beschermen hun nectar vaak met bepaalde structuren tegen uitdroging en regen, maar ook tegen misbruik door niet-bestuivende insecten. Veel sluipwespen en zweefvliegen (zeker de soorten die luizen aanvallen) hebben maar zeer korte monddelen, waarmee alleen nectariën in open bloemkronen of in korte kelkbuizen bereikt kunnen worden (Jervis et al. 1993, Gilbert 1985). Om deze reden zijn oppervlakkige nectariën van schermbloemigen (Apiaceae) vaak zeer geschikt voor deze insecten, evenals de open bloemen van bijvoorbeeld mosterd, boekweit en borage (Winkler et al. 2005a). Ook composieten (Asteraceae) worden vaak aangemerkt als aantrekkelijk voor deze insecten (Colley & Luna 2000, Tooker & Hanks 2000). Toch zijn bij veel composieten de kelkbuizen te lang en te nauw om met korte monddelen de nectar te kunnen bereiken (Jervis et al. 1993).

Voedselsamenstelling

Nectar bestaat hoofdzakelijk uit een variabel mengsel van monosacchariden (met name fructose en glucose) en disacchariden (met name sucrose). Fructose en glucose lijken geprefereerd te worden door bijen en vlinders; sucrose door (zweef)vliegen (Baker & Baker 1983, Wäckers 2005). Desalniettemin kunnen deze drie algemene suikers door bijna alle bloembezoekende insecten worden benut. Daarnaast kunnen ook kleinere hoeveelheden van andere suikers voorkomen, die de aantrekkelijkheid of bruikbaarheid van de nectar voor bepaalde groepen insecten kunnen doen afnemen (Wäckers 2001, Winkler et al. 2005b, Irvin et al. 2007). De sluipwesp *Cotesia glomerata* (Linnaeus) van het klein koolwitje (*Pieris rapae* (Linnaeus)) accepteert, en overleeft op, suikers die voor het koolwitje ongeschikt zijn (Wäckers 1999, Romeis & Wäckers 2000). Ook de aanwezigheid van kleine hoeveelheden aminozuren, eiwitten, lipiden en vitamines kan de nectar meer of minder aantrekkelijk of geschikt maken voor bepaalde natuurlijke vijanden (Baker & Baker 1975).

De voedingswaarde van stuifmeel wordt vooral bepaald door de aanwezigheid van eiwitten en vrije aminozuren (Roulston & Cane 2000). Daarnaast zijn in de pollenkorrel ook beperkte hoeveelheden steroïden, lipiden en koolhydraten te vinden. De invloed op het reproductieve succes van bijvoorbeeld hommels, roofmijten en gaasvliegen kan sterk variëren met de plantensoort waarvan van het stuifmeel afkomstig is (Van Rijn & Tanigoshi 1999, Genissel et al. 2002, Venzon et al. 2006). Dit kan bepaald worden door de inhoud van de pollenkorrel, maar ook door de korrelgrootte en door de structuur van de pollenwand.

Interacties met andere bloembezoekers

Onder veldcondities kan de geschiktheid van bloemen voor natuurlijke vijanden heel anders uitpakken dan metingen in het laboratorium suggereren. In akkerranden worden bloemen behalve door natuurlijke vijanden ook veelvuldig door andere insecten bezocht. Deze beïnvloeden de natuurlijke vijanden niet alleen indirect, door de hoeveelheid beschikbare nectar en stuifmeel te verminderen, maar ook direct, door ze van de bloemen

te verjagen (Ambrosino et al. 2006). Mogelijk verklaart de populariteit van *Borago officinale* bij hommels waarom op deze plant in het veld maar weinig zweefvliegen worden waargenomen, terwijl het in het lab een zeer geschikte voedselplant blijkt te zijn (P. van Rijn, persoonlijke waarneming).

#### Selectiviteit

Er zijn uit de literatuur verschillende voorbeelden bekend waarbij bloemplanten de plagen juist stimuleerden (bijvoorbeeld Zhao et al. 1992, Baggen & Gurr 1998). Dit is vooral te verwachten voor die plagen die als volwassen insect ook nectar of stuifmeel als voedsel kunnen gebruiken, zoals vlinders, vliegen en tripsen (Wäckers et al. 2007). Enkele studies hebben zich op de selectiviteit van bloemen als voedsel gericht. Van de twaalf bloemsoorten uit de studie van Winkler (2005) bleken zes soorten de levensduur van de koolmot (*Plutella xylostella* (Linnaeus)) te verlengen en tien soorten die van de sluipwesp *Diadegma semiclausum* (Hellen). Slechts drie soorten hiervan bleken wel geschikt voor de sluipwesp maar niet voor het plaaginsect. Baggen et al. (1999) concludeerden op basis van vergelijkbare proeven dat van de zes bloemsoorten die geschikt zijn als voedselbron voor de sluipwesp *Copidosoma koehleri* Blanchard, er vier tevens geschikt zijn voor zijn gastheer, de aardappelmot, *Phthorimaea operculella* Zeller en er dus twee soorten zijn die als selectief kunnen worden aangemerkt. Juist deze selectieve planten bieden de beste kans op een effectieve plaagbestrijding.

Doordat dergelijke studies nog slechts voor enkele sluipwesp-gastheersystemen zijn gedaan, is nog lang niet overal maatwerk te leveren. Het zoveel mogelijk vermijden van typische vlinderplanten is voorlopig het beste advies, ook omdat veel van deze bloemen diepe kroonbuizen hebben en daarom voor natuurlijke vijanden meestal niet geschikt zullen zijn. Koolplaaginsecten lijken vooral kruisbloemigen op te zoeken voor hun nectarbehoefte (Winkler et al. 2005a), terwijl hun natuurlijke vijanden deze voorkeur niet zo expliciet aan de dag leggen. Extraflorale nectariën, die bijvoorbeeld te vinden zijn op wikkesoorten als tuinboon en voederwikke, worden juist meer door natuurlijke vijanden dan door herbivoren bezocht (Bugg et al. 1989, P. van Rijn, persoonlijke waarneming).

Akkerrandplanten kunnen behalve als nectarplant ook als waardplant voor ziekten en plagen dienen. Als dergelijke waardplanten er ook staan wanneer er geen gewas meer op het veld staat, kan dit de cyclus van deze ziekten of plagen in stand houden; een tweede reden om nabij koolgewassen geen kruisbloemigen in akkerranden op te nemen.

#### Timing

Om een plaag effectief te bestrijden moeten natuurlijke vijanden in voldoende aantallen in het gewas aanwezig zijn ruim voordat de economische schadedrempel wordt bereikt. Dit betekent dat zodra er voor de natuurlijke vijanden voldoende prooi in het gewas aanwezig is om met een opbouw te beginnen, er



2. Voor natuurlijke vijanden ontworpen eenjarige akkerrand langs zomertarweperceel in de Hoeksche Waard, met korenbloem, boekweit, koriander, ganzebloem, venkel en voederwikke. Foto: Paul van Rijn  
Annual flower strip in margin of spring wheat field in the Hoeksche Waard, Zuid-Holland, designed to feed natural enemies, with cornflower, buckwheat, coriander, corn marigold, fennel, borage and common vetch.

ook direct voldoende nectar en stuifmeel aanwezig zal moeten zijn om deze groei mogelijk te maken. In aardappel begint de opbouw van bladluispopulaties gewoonlijk rond begin juni. Om op dat moment voldoende bloemen in de eenjarige randen te hebben, zullen deze al begin april ingezaaid moeten worden, en zullen er enkele snelle bloeiers in moeten zitten, zoals boekweit en koriander. In wintertarwe begint de opbouw al een paar weken eerder en kan men denken aan twee- of meerjarige randen met voorjaarsbloeiers.

### Ligging

Voor veel sluipwespen is het belangrijk voor hun overleving dat ze dagelijks suiker kunnen opnemen. Dit beperkt voor deze groep de maximale afstand tussen bloemen en gewas. Hoewel sluipwespen in 24 uur zich best honderd meter of meer door een gewas kunnen verplaatsen (Wäckers, dit nummer), zullen ze dat niet vaak doen, zodat de effecten op parasitering gewoonlijk maar over enkele tientallen meters vanaf de bloemenrand merkbaar zijn (Tylianakis *et al.* 2004). Zweefvliegen kunnen mogelijk langer zonder voedsel uit bloemen dan sluipwespen. Als een vrouwtje van de snorzweefvlieg (*Episyrphus balteatus* (De Geer)) de eerste week pollen en nectar heeft kunnen eten, heeft de afwezigheid van pollen gedurende de tweede week geen negatieve invloed op haar eileg (kooiproeven met koolluis; Van Rijn *et al.* 2006). Toch lijkt de foerageerafstand ook bij zweefvliegen maar beperkt. Kohler *et al.* (dit nummer) vonden dat zweefvliegen talrijker waren tot op 150 meter vanaf een brongebied. Afhankelijk van het type natuurlijke vijand dat van belang is, lijken bloemstroken dus bij voorkeur tussen 50-300 meter uit elkaar te moeten liggen, maar meer onderzoek is hier hard nodig.

### Epiloog

Om akkerranden effectief de natuurlijke bestrijding van alle belangrijke plagen te laten stimuleren is een rationele aanpak onontbeerlijk ('Biodiversiteit op maat'). Eén soortenmengsel en één type beheer zullen zeker niet in alle gevallen voldoen – afstemming op gebied, grondsoort, gewas (met bijbehorende plagen en natuurlijke vijanden) en bedrijfsvoering is noodzakelijk. Op een bedrijf met koolgewassen bijvoorbeeld dienen beter geen kruisbloemigen te worden gebruikt en naast wintertarwe zullen extra-vroege bloeiers moeten komen te staan. Op bepaalde bedrijven zijn meerjarige akkerranden mogelijk beter in te passen dan eenjarige, waarvoor multifunctionele randen ontwikkeld zouden kunnen worden, die zowel een (winter-)habitat voor onder andere loopkevers vormen (zie Van Alebeek *et al.*, dit nummer), als bloemen bieden voor vliegende natuurlijke vijanden.

'Akkerranden op maat' vragen echter veel (nieuwe) kennis van de plagen en hun voornaamste natuurlijke vijanden. Zo is meer onderzoek nodig naar het belang van plantaardig voedsel voor de diverse soorten natuurlijke vijanden en naar de geschiktheid en selectiviteit van diverse bloemen. Ook veel meer kennis is nodig van de effectieve dispersie-afstanden van natuurlijke vijanden en de afstanden waarop bloemstroken nog effect sorteren.

Onze verwachting is dat in combinatie met andere landschaps- en bedrijfsgerichte maatregelen slim ontworpen akkerranden het gebruik van pesticiden steeds vaker overbodig kunnen maken.

### Literatuur

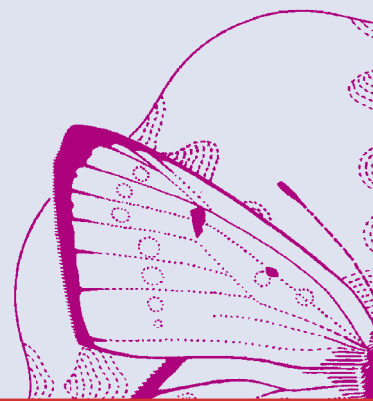
- Ambrosino MD, Luna JM, Jepson PC & Wratten SD 2006. Relative frequencies of visits to selected insectary plants by predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae), other beneficial insects, and herbivores. *Environmental Entomology* 35: 394-400.
- Baggen LR & Gurr GM 1998. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biological Control* 11: 9-17.
- Baggen LR, Gurr GM & Meats A 1999. Flowers in tri-trophic systems: mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 155-61.
- Berndt LA, Wratten SD & Scarratt SL 2006. The influence of floral resource subsidies on parasitism rates of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) in New Zealand vineyards. *Biological Control* 37: 50-55.
- Bowie MH, Gurr GM, Hossain Z, Baggen LR & Frampton CM 1999. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and observations on trap design and placement. *International Journal of Pest Management* 45: 69-73.
- Bugg RL, Ellis RT & Carlson RW 1989. Ichneumonidae (Hymenoptera) using extrafloral nectar of faba bean (*Vicia faba* L., Fabaceae) in Massachusetts. *Biological Agriculture & Horticulture* 6: 107-114.
- Colley MR & Luna JM 2000. Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology* 29: 1054-1059.
- Corey D, Kambhampati S & Wilde G 1998. Electrophoretic analysis of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthrenidae) feeding habits in field corn. *Journal of the Kansas Entomological Society* 71: 11-17.
- Genissel A, Aupinel P, Bressac C, Tasei JN & Chevriat C 2002. Influence of pollen origin on performance of *Bombus terrestris* micro-colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104: 329-336.
- Gilbert FS. 1985. Ecomorphological relationships in hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences* 224: 91-105.
- Heimpel GE & Jervis MA 2005. Does floral nectar improve biological control by parasitoids? In: Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications (Wäckers FL, Rijn PCJ van & Bruin J eds): 267-304. Cambridge University Press.
- Irvin NA, Hoddle MS & Castle SJ 2007. The effect of resource provisioning and sugar composition of foods on longevity of three *Gonatocerus* spp., egg parasitoids of *Homalodisca vitripennis*. *Biological Control* 40: 69-79.
- Jervis MA, Kidd NAC, Fitton MG, Huddleston T & Dawah HA 1993. Flower-visiting by Hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History* 27: 67-105.
- Lee JC & Heimpel GE 2005. Impact of flowering buckwheat on Lepidopteran cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales. *Biological Control* 34: 290-301.
- Lee JC, Andow DA & Heimpel GE 2006. Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. *Ecological Entomology* 31: 470-480.
- Lewis W, Stapel J, Cortesero A & Takasu K 1998. Understanding how parasitoids balance food and host needs: Importance to biological control. *Biological Control* 11: 175-183.
- Lunau K 2000. The ecology and evolution of visual pollen signals. *Plant Systematics and Evolution* 222: 89-111.
- Pemberton RW & Vandenberg NJ 1993. Extrafloral nectar feeding by ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 95: 139-151.
- Romeis J & Wäckers FL 2000. Feeding responses by female *Pieris brassicae* butterflies to carbohydrates and amino acids. *Physiological Entomology* 25: 247-253.
- Roulston TH & Cane JH 2000. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematics and Evolution* 222: 187-209.
- Rijn PCJ van & Tanigoshi LK 1999. 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.
- Steppuhn A & Wäckers FL 2004. HPLC sugar analysis reveals the nutritional state and the feeding history of parasitoids. *Functional Ecology* 18: 812-819.
- Thies C & Tscharntke T 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.
- Tooker JF & Hanks LM 2000. Flowering plant hosts of adult Hymenopteran parasitoids of central Illinois. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 580-588.
- Tylianakis JM, Didham RK & Wratten SD 2004. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. *Ecology* 85: 658-666.
- Venzon M, Rosado MC, Euzebio DE, Souza B & Schoereder JH 2006. Suitability of leguminous cover crop pollens as food source for the green lacewing *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology* 35: 371-376.
- Villenave J, Deutsch B, Lode T & Rat-Morris E

2006. Pollen preference of the *Chrysoperla* species (Neuroptera: Chrysopidae) occurring in the crop environment in western France. *European Journal of Entomology* 103: 771-777.
- Wäckers FL 1994. The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula*. *Journal of Insect Physiology* 40: 641-649.
- Wäckers FL 1999. Gustatory response by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata* to a range of nectar and honeydew sugars. *Journal of Chemical Ecology* 25: 2863-2877.
- Wäckers FL 2001. A comparison of nectar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. *Journal of Insect Physiology* 47: 1077-1084.
- Wäckers FL 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29: 307-314.
- Wäckers FL 2005. Suitability of (extra-) floral nectar, pollen, and honeydew as insect food sources. In: *Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications* (Wäckers FL, Rijn PCJ van & Bruin J eds): 17-74. Cambridge University Press.
- Wäckers FL, Romeis J & Rijn PCJ van 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for tri-trophic interactions. *Annual Review of Entomology* 52: 301-323.
- Winkler K 2005. Assessing the risks and benefits of flowering field edges. Strategic use of nectar sources to boost biological control: Thesis Wageningen University.
- Winkler K, Pinto D & Wäckers FL 2005a. Herbivores and their parasitoids show differences in abundance on eight different nectar producing plants. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting* 16: 125-130.
- Winkler K, Wäckers FL, Stingli A & Lenteren JC van 2005b. *Plutella xylostella* (diamond-back moth) and its parasitoid *Diadegma semiclausum* show different gustatory and longevity responses to a range of nectar and honeydew sugars. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 115: 187-192.
- Zhao JZ, Ayers GS, Grafius EJ & Stehr FW 1992. Effects of neighboring nectar-producing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomology* 25: 253-258.

## Summary

### Flowering field margins feeding natural enemies

Many natural enemies of pest insects need nectar or pollen to feed on, especially in the adult phase. Unfortunately, in the modern agricultural landscape flowers can be scarce – but field margins can provide in this need. In contrast to common belief, only a limited range of plant species can offer this food source to predators and parasitoids. These plants should have some characteristics: the flowers should be available in the right period, they should also be attractive, flower morphology should match the size of the mouthpart so that nectar or pollen can be ingested, and the quality of the nectar and pollen should match the nutritional requirements. Moreover, the food provision should be relatively selective: natural enemies should benefit more than potential pest insect that may also use these plants as food or host plants. It is concluded that to be effective in sustaining biological control, field margins should be well designed to match the specific conditions of soil type, crops, pests, natural enemies and surrounding landscape. However, our knowledge of specific interactions between (food)-plants, pests and natural enemies is still insufficient to do this in a rational manner.



Paul C.J. van Rijn  
Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW)  
Centrum voor Terrestrische Ecologie  
Boterhoeksestraat 48  
6666 ZG Heteren  
p.vanrijn@nioo.knaw.nl

Felix L. Wäckers  
Centre for Sustainable Agriculture  
Lancaster University  
Lancaster  
LA1 4QY United Kingdom