

Plaagonderdrukkende landschappen vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden

Hans Baveco
Felix Bianchi

TREFWOORDEN

plaagbeheersing, groenblauwe dooradering, koolmot, kooluil, GIS, kernel-schatting

Entomologische Berichten 67 (6): 213-217

De samenstelling en het beheer van het omringende landschap kunnen bijdragen aan de effectiviteit van natuurlijke vijanden in het reguleren van plagen in gewassen. Uit ons onderzoek blijkt een duidelijke relatie tussen groenblauwe dooradering van het landschap en de mate van plaagbeheersing in de akkers. Aanwezigheid tot op honderden meters van bepaalde elementen van groenblauwe dooradering gaat samen met een verhoogde plaagbeheersing. Zo blijkt bijvoorbeeld bos tot op vijfhonderd meter van invloed te zijn op de parasitering van koolmotrupsen. Door een nieuwe analysemethode kan plaagbeheersing als landschapsdienst nu ook ruimtelijk en kwantitatief in beeld worden gebracht.

Inleiding

Het inzicht in het belang van landschapsstructuur voor natuurlijke plaagregulatie in de akkerbouw is de laatste jaren sterk toegenomen. De samenstelling en het beheer van het omringende agrarisch landschap kunnen bijdragen aan de effectiviteit van natuurlijke vijanden in het reguleren van plaagpopulaties in gewassen (Pickett & Bugg 1998, Bianchi et al. 2006). De diverse habitattypen in het landschapsmozaïek kunnen een positief, negatief of neutraal effect hebben op populaties van natuurlijke vijanden (Tscharntke & Brandl 2004). De groenblauwe dooradering (GBDA), het netwerk van kleine landschapselementen als bosjes en lijnvormige houtwallen, singels, sloten, slootkanten en bermen, speelt een belangrijke rol voor veel soorten natuurlijke vijanden. GBDA kan fungeren als een bron van natuurlijke vijanden door het bieden van voedsel (prooi en alternatief voedsel) en schuil- en overwintergelegenheid (Landis et al. 2000, Tscharntke et al. 2005). Zo biedt GBDA permanent geschikt habitat tijdens de periode dat gewassen geoogst zijn of wanneer het voedselaanbod in gewassen laag is (Marino & Landis 2000).

In het kader van het LNV-onderzoeksprogramma 'Agrobiodiversiteit' is de afgelopen jaren een aantal experimenten in spruitkool uitgevoerd waarbij predatie en/of parasitering van plaaginsecten in het veld gemeten is en gerelateerd aan landschapskenmerken. In het voorgaande artikel (Den Belder et al.) wordt de relatie tussen dichtheden van plaagsoorten en het omliggende landschap beschreven. In dit artikel wordt de relatie tussen predatie- en parasiteringsdruk op deze plaagsoorten en het omliggende landschap beschreven. We bestuderen plaagregulatie vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden en ons doel is inzicht in de beïnvloeding van de effectiviteit van natuurlijke vijanden door de diverse habitattypen: welk ruimtelijk patroon van gunstige habitats kan leiden tot een optimale

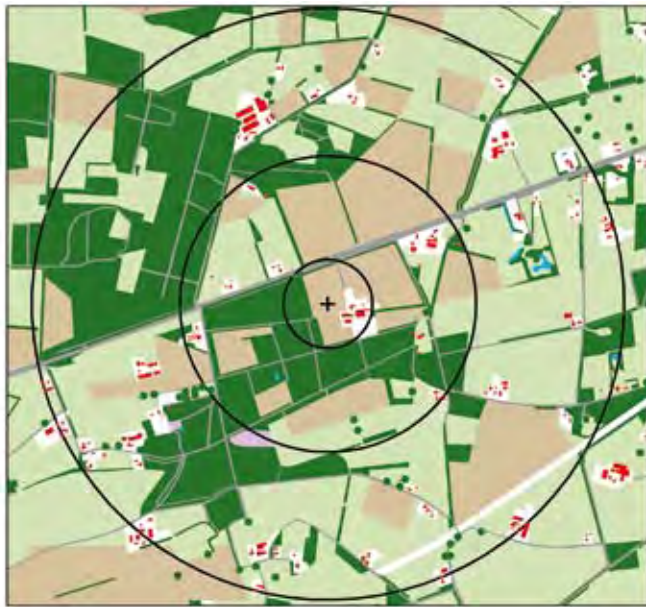
plaagonderdrukking? Hierbij is het van belang veel habitattypen (zowel verschillende gewassen als GBDA) in beschouwing te nemen, als ook de ruimtelijke schaal waarop natuurlijke vijanden plaagpopulaties kunnen reguleren.

Het is duidelijk dat de habitateisen en het dispersievermogen sterk bepaald worden door de biologie van een soort. Hier beperken we ons tot twee belangrijke plaagsoorten in spruitkool, de kooluil (*Mamestra brassicae* (Linnaeus)) en de koolmot (*Plutella xylostella* (Linnaeus)) en hun natuurlijke vijanden. We geven een korte beschrijving van uitgevoerde experimenten, de resultaten en hoe deze kunnen bijdragen tot het ontwikkelen van statistische modellen die gebruikt kunnen worden om een inschatting te maken van het plaagonderdrukkende vermogen van een landschap.

Mamestra brassicae – predatie en parasitering

In de zomers van 2002 tot 2006 is in biologische bedrijven verspreid over Nederland de effectiviteit van natuurlijke vijanden in spruitkool gemeten (zie ook de beschrijving in Den Belder et al., dit nummer). In de meeste jaren werden ongeveer 20 bedrijven bemonsterd. Hiertoe zijn in ieder veld op tien willekeurige planten filtreerpapierjes met eipakketten van de kooluil geprikt. Na twee dagen werden de filtreerpapierjes opgehaald. Predatie werd bepaald door foto's van voor en na het verblijf in het veld te vergelijken: lege, beschadigde of verdwenen eieren werden verondersteld het resultaat van predatie te zijn. Parasitering is bepaald door het tellen van de parasitoïden die na incubatie verschijnen (voornamelijk sluipwespjes van het geslacht *Trichogramma*).

Voor iedere veldlocatie (perceel) is in een GIS-analyse de oppervlakte of lengte van een twintigtal typen landschapselementen bepaald binnen een cirkel met een straal van 0,15, 0,5, 1 en 5



1. Het landschap rond een van de locaties waar koolmotrupsen ingebracht zijn, met daarin drie van de vier ringen van de landschapsanalyse geprojecteerd.

The landscape around one of the locations where diamondback moth larvae were brought into the field, with a projection of three of the four rings of the landscape analysis.

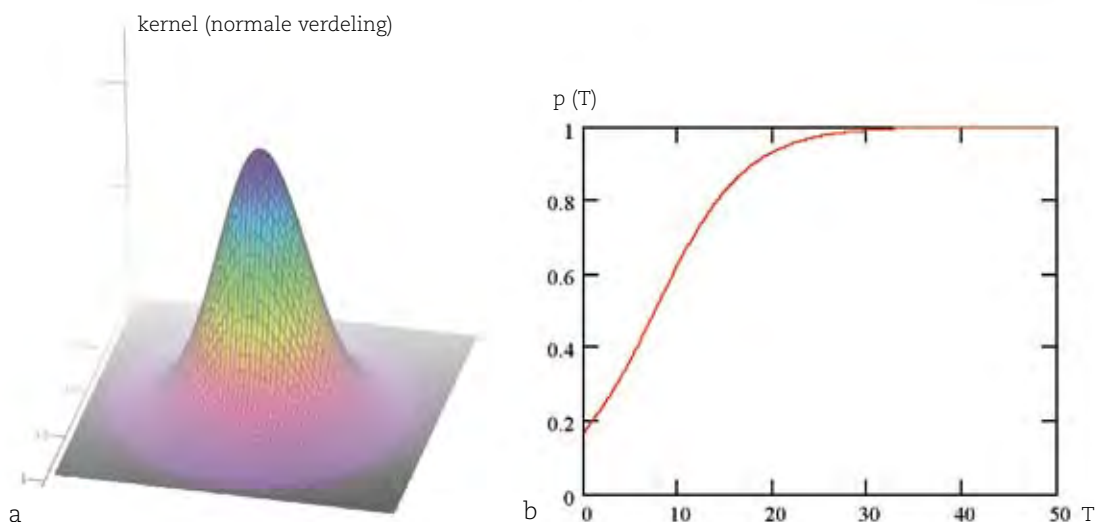
kilometer rond het perceel. Voor de jaren 2002 en 2003 zijn de resultaten gepubliceerd in Bianchi *et al.* (2005). Predatie en parasiteringspercentages in 2002 en 2003 bedroegen gemiddeld 7,2% ($\pm 1,5$, spreiding 0-39,4) en 12,4% ($\pm 2,5$, spreiding 0-66,2). Statistische analyse gaf aan dat predatie positief gecorreleerd was met bos tot op duizend meter afstand en met bomenrijen en natuurgebieden zonder bomen (bijvoorbeeld heidevelden) tot

op vijfhonderd meter (tabel 1). Lijnvormige elementen (houtwal, sloten, bermen) hadden geen aantoonbaar effect op predatie. Predatie was op alle afstanden negatief gecorreleerd met agrarisch grondgebruik. Parasitering was op alle afstanden positief gecorreleerd met weiland en negatief met tuinbouw. Parasiteringspercentages waren positief gecorreleerd met slootlengte op 150 en vijfhonderd meter.

Aangezien het positieve effect van GBDA in bovenstaand experiment alleen gebaseerd is op correlaties en niet op directe waarnemingen, is in 2004 op twaalf locaties de effectiviteit van natuurlijke vijanden bepaald in een spruitkoolveld, een aangrenzende greppel, een berm en een houtwal. Predatie in greppel, berm en houtwal was onderling nauwelijks verschillend (respectievelijk 58, 59 en 64%), maar was wel duidelijk hoger dan predatie in spruitkoolvelden (16%). Waarnemingen aan vijf taxonomische groepen predatoren (spinnen, loopkevers, kortschildkevers, lieveheersbeestjes en oorwormen) in greppel, berm en houtwal lieten zien dat alledrie de habitats aanzienlijke dichtheden predatoren herbergden en dat de verschillen in samenstelling tussen deze drie habitats relatief gering waren. Houtwallen hadden hogere dichtheden aan spinnen en oorwormen vergeleken met greppels en bermen. De verschillen in dichtheden loopkevers, kortschildkevers en lieveheersbeestjes waren niet significant tussen greppels, bermen en houtwallen. De conclusie is dat greppels, bermen en houtwallen een belangrijke potentiële bron van predatoren vormen.

Plutella xylostella – parasitering

In juli 2006 zijn bij 22 biologische spruitkool telers verspreid over Nederland parasiteringspercentages in koolmotlarven bepaald. In ieder veld werden acht spruitkoolplanten uitgezet, met op iedere plant tien larven in het tweede of derde stadium. Na twee dagen werden de planten opgehaald en is het percentage parasitering bepaald door middel van dissectie van de larven. In Nederland worden rupsen van de koolmot voornamelijk geparasiteerd door sluipwespen van het geslacht *Diadegma* (Bukovinszky *et al.* 2004). Vervolgens is een vergelijkbare GIS analyse als voor de kooluil uitgevoerd (zie boven), voor de afstanden van 0,15, 0,5, 1 en 5 km (zie figuur 1 voor een van de locaties). Deze

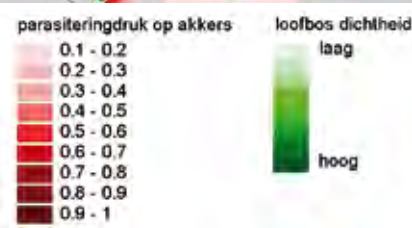


2. **a** Een mogelijke kernel die het effect van een oppervlakte-eenheid bos (1 ha in dit geval) op de parasiteringsdruk van koolmotrupsen definieert op een locatie in de omgeving. Gebaseerd op een bivariate normale verdeling. **b**. De logitlinkfunctie met coëfficiënten geschat uit de koolmotrupsen-data. T staat voor som van alle bijdragen vanuit alle bos uit de omgeving; de functie $p(T)$ vertaalt deze som in het uiteindelijke effect (in dit geval percentage parasitering). Details (functiebeschrijvingen en parameterwaardes) zijn opvraagbaar bij de auteurs.

a. Kernel defining the impact of a hectare of forest on the rate of parasitism of diamondback moth larvae. A bivariate normal distribution is assumed. **b**. The logit-link function with coefficients estimated from the diamondback moth data. T sums all contributions of all forest in the neighborhood; the function $p(T)$ translates this sum into the final effect (rate of parasitism). Details (functions used and coefficients) are available upon request from the authors.



3. De voorspelde parasiteringsdruk rond boselementen in een willekeurig gekozen voorbeeldland-
schap (Zuid-Flevoland), geprojecteerd uitsluitend op (alle) akkers in de omgeving. Gebaseerd op de
kernel en linkfunctie afgebeeld in figuur 2.
Predicted rate of parasitism in the neighbourhood of forest lots in a randomly selected landscape
(Zuid-Flevoland), projected on (all) arable land exclusively. Based on the kernel and link function
shown in figure 2.



analyse is gebaseerd op oppervlakte of lengte van een habitat in (niet-overlappende) ringen, in plaats van oppervlakte of lengte habitat binnen de cirkels. De parasitering per veld bedroeg gemiddeld 27% (\pm 25,6% standaarddeviatie) en varieerde van 4,0 tot 94,1% (Bianchi *et al.*, in voorbereiding). De sterkste relatie in de analyse was die met oppervlakte aan bosrand binnen een afstand van vijfhonderd meter (tabel 1). Parasitering was minder sterk (maar wel statistisch significant) gecorreleerd met bosrandoppervlakte op duizend meter en met bos, bosrandlengte en wegbermen op vijfhonderd meter.

Toepassing

Er zijn dus duidelijke indicaties dat bepaalde habitattypen een positief of negatief effect kunnen hebben op de effectiviteit van

natuurlijke vijanden. Bovendien blijkt dat de bijdrage van habitats aan plaagregulatie afhankelijk is van de afstand tot een perceel. Een beperking van deze benadering op basis van regressie-analyse is echter dat we niet goed leren hoe de relatie tussen predatie/parasitatie en habitat afhangt van de afstand. Een tweede beperking is dat we de resultaten niet kunnen extrapoleren naar landschappen met een andere schakering van landschapselementen.

De veldgegevens bevatten het effect van een bepaalde configuratie van bijvoorbeeld bos op het parasiteringspercentage in één locatie (het spruitkoolveld) en zijn daarmee 'target-based', maar we zouden natuurlijk graag dit specifieke effect algemeen willen maken. Daartoe moeten we relaties afleiden die het effect definiëren van een willekeurige configuratie van bos op de akkers in de omgeving (zogenoeten 'source-based' relaties).

Tabel 1. Een overzicht van de gevonden significante correlaties tussen de predatie- of parasiteringsdruk in een perceel en het voorkomen van landschapselementen in de omgeving (aangegeven is de straal van de cirkel rond een betreffend perceel waarop de relatie significant is). In de (logistische regressie-)analyse betrokken elementen zijn: weiland, akkerbouw, groente, bebouwing, water, natuur anders, perceelsrandlengte, bollen, bomenrijlengte, dijk lengte, heglengte, slootlengte, fruit, kwekerij, bos, boscontour, bosrandoppervlak, wegen, berm lengte, solitaire bomen. (-) betekent een negatieve relatie (minder parasitering of predatie bij toenemend oppervlak). Alle afstanden zijn in kilometers.
Overview of all significant correlations found between predation or parasitism rate in cabbage fields and the presence of different landscape elements in the surroundings (with the radius of the circle around the field, for which the relation is significant). Elements considered in the (logistic regression) analysis are: pasture, arable land, vegetables, building, water, other nature, field boundary length, bulbs, tree row length, dike length, hedgerow length, ditch length, orchard, tree nursery, forest, forest contour, forest boundary area, road length, road verge, solitary tree. (-) means a negative relationship (lower rate of parasitism or predation with a larger area or length). All distances are in kilometres.

predatie/parasitering (%)	landschapselement								
	tuinbouw	weiland	akkerbouw	bosoppervlak	bosrandlengte	bosrandoppervlak	bomenrijen	wegbermlengte	slootlengte
koolmotrupsenparasitering	-	-	-	-	0,5; 1	0,5; 1	-	0,5	-
kooluil-eiparasitering	(-) 0,15-5	0,15-5	(-) 1	-	-	-	-	-	0,15; 0,5
kooluil-eipredatie	-	-	(-) 0,15-5	tot 1	-	-	0,5	-	-

In het onderzoeksprogramma is een methode ontwikkeld om dergelijke algemene relaties af te leiden uit specifieke gegevens (Van der Werf *et al.*, in voorbereiding). Door middel van een statistische schattingsprocedure worden uit de data tegelijkertijd een zogenaamde kernel en een linkfunctie afgeleid. De kernel geeft aan wat het effect is van een eenheid van (bijvoorbeeld) bos op de omgeving. De linkfunctie vertaalt dit effect van alle als bron fungerende boselementen naar de gemeten variabele (in ons voorbeeld parasiteringspercentage) voor ieder punt in het landschap. Deze methode is toegepast op het gegevensbestand van parasitering in koolmotlarven Bij gebruik van een beperkt aantal (vier) ringen blijkt het niet goed mogelijk om te kiezen tussen verschillende vormen van kernels en linkfuncties. Diverse combinaties blijken evengoed te voldoen. De methode van kernel-schatting levert een vergelijkbare fit op als de logistische regressie, maar heeft als voordeel dat nu een voorspelling van het parasiteringspercentage voor ieder punt in het landschap gemaakt kan worden. Een voorbeeld staat in figuur 2. Projectie op de kaart geeft een ruimtelijk beeld van de verwachte waarde voor parasitering van koolmotrupsen op alle akkers in het landschap (dus niet alleen de spuitkoolvelden).

Discussie

De kernel-schatting maakt het mogelijk om van metingen van de effectiviteit van plaagregulatie op bepaalde locaties in het landschap een voorspelling te maken voor het hele landschap. Dit is een belangrijke stap voor de opschaling van de landschapsdienst van plaagregulatie naar grotere ruimtelijke schalen. Een beperking is echter nog de korte periode waarin de data verzameld zijn (enkele weken in de zomer). De plaagregulatiekaart laat dus een momentopname zien. Het is te verwachten dat de relatie tussen plaagbeheersing en landschap door het jaar heen complex is, onder andere door de aantalsfluctuaties van plagen en natuurlijke vijanden gedurende het groeiseizoen, de fenologie van gewassen en GBDA, en dispersie van plagen en natuurlijke vijanden van het ene naar het andere habitat. Door tijdseries van plaagdichtheden in de landschapsanalyse te gebruiken, kunnen we dit probleem vermijden (zie ook Den Belder *et al.*, dit nummer).

De kaart in figuur 3 geeft een indruk van de potentie van een landschapsdienst, namelijk plaagbeheersing. Doordat deze kaart gebaseerd is op één enkel gegevensbestand, representeert deze strikt genomen niet meer dan de geschatte parasiteringsdruk op koolmotrupsen in (biologische) spuitkoolpercelen in begin juli 2006. Door combinatie met kaarten gebaseerd op andere bestanden, voor andere jaren, andere plaagsoorten en mogelijk ook met plaagdichtheden, verwachten we een meer alge-

meen ruimtelijk beeld te kunnen schetsen van plaagbeheersing op landschapschaal.

De statistische benadering levert verbanden op tussen landschap en het niveau van plaagregulatie. Voor een interpretatie van deze verbanden is kennis van de biologie van de soorten onontbeerlijk, evenals een conceptueel model van de ruimtelijke dynamiek van hun populaties (Thomas & Kunin 1999). We hebben hier te maken met zogenaamde tri-trofische systemen (bestaande uit plant, planteneter en planteneter-eter) waarvan maar weinig bekend is over het functioneren op landschapschaal (Cronin & Reeve 2005, Schellhorn *et al.* in druk). Modellen als beschreven door Van der Werf & Bianchi (dit nummer) zijn onmisbare instrumenten om de dynamiek in de ruimte van deze inter-acterende populaties te leren begrijpen en om een eerste toets van hypothesen met betrekking tot werkingsmechanismen uit te voeren.

De sterke verbanden met de aanwezigheid van bos zouden er op kunnen wijzen dat vooral de wat grotere elementen met permanente opgaande begroeiing belangrijk zijn voor parasitering van de koolmot (tabel 1). Voor de sluipwesp van koolmotrupsen, *Diadegma* sp., zou een mogelijke verklaring kunnen zijn dat vooral deze elementen mogelijkheden voor overwintering bieden en relatief ongestoord zijn. Kolonisatie van het agrarische landschap zou dan vanuit dergelijke elementen plaatsvinden, waarbij andere lijnvormige elementen van GBDA vooral een rol spelen in het vergemakkelijken van de dispersie en het verhogen van de overleving. Mocht deze hypothese kloppen, dan zou in theorie een verbetering van de plaagregulatiefunctie mogelijk zijn door middel van een gunstige inrichting en goed beheer van lijnvormige elementen die een snelle kolonisatie vanuit overwinteringshabitat (bos) naar gewassen mogelijk maken. Naar verwachting zijn er voor specifieke soorten of soortengroepen verschillende beperkende factoren te identificeren (Olson & Wäckers 2007) die aanknopingspunten bieden voor op natuurlijke vijanden gericht beheer van de GBDA.

Dankwoord

Aan het onderzoek is in de periode 2003-2007 een belangrijke bijdrage geleverd door Walter van Wingerden (coördinatie), Gerard Jagers op Akkerhuis, Arjen Griffioen, Marja van der Veen, Ruud van Kats, Wim Dimmers (veldwerk), Henk Meeuwsen en Harold Kuipers (GIS) en Paul Goedhart (statistiek). Wopke van der Werf leverde een onmisbare bijdrage aan de ontwikkeling van de kernel-benadering.

Literatuur

- Bianchi FJJA, Wingerden WKRE van, Griffioen AJ, Veen M van der, Straten MJJ van der, Wegman RMA & Meeuwsen HAM 2005. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 145-150.
- Bianchi FJJA, Booi CJH & Tschamtké T 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273: 1715-1727.
- Bianchi FJJA, Kats RJM van, Griffioen AJ, Dimmers WJ, Veen M van der, Müller F, Meeuwsen HAM, Wingerden WKRE van & Baveco JM (in voorbereiding). Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands.
- Bukovinszky T, Trefas H, Lenteren JC van, Vet LEM & Fremont J 2004. Plant competition in pest-suppressive intercropping systems complicates evaluation of herbivore responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 185-196.
- Cronin JT & Reeve JD 2005. Host-parasitoid spatial ecology: a plea for a landscape-level synthesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272: 2225-2235.
- Landis DA, Wratten SD & Gurr GM 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.
- Marino PC & Landis DA 2000. Parasitoid community structure: implications for biological control in agricultural landscapes. In: *Interchanges of insects between agricultural and surrounding landscapes* (Ekbohm B, Irwin ME & Robert Y, eds): 183-193. Kluwer Academic Publishers.
- Olson DM & Wäckers FL 2007. Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology* 44: 13-21.
- Pickett CH & Bugg RL (eds) 1998. Enhancing biological control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests. University of California Press.
- Schellhorn NA, Maratos L & Bellati J. Spatial pattern of *Diadegma semiclausum* (Hellen) (Hymenoptera: Ichneumonidae) at the scale of the crop and landscape. *Ecological Applications*. In druk.
- Thomas CD & Kunin WE 1999. The spatial structure of populations. *Journal of Animal Ecology* 68: 647-657.
- Tschamtké T & Brandl R 2004. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. *Annu-*

al Review of Entomology 49: 405-430.
Tscharntke T, Rand TA & Bianchi FJJA 2005. The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici* 42: 421-432.

Werf W van der, Goedhart PW, Bianchi FJJA & Baveco JM (in voorbereiding). Spatial extent of biocontrol services from biodiverse non-crop habitats in agricultural landscapes; a kernel approach.

Summary

Pest-suppressive landscapes from a natural enemy perspective

Analysis of sentinel data acquired in many different landscapes showed significant relationships between the green-veining of the landscape (non-crop areas) and the level of biocontrol observed in the crops. For instance, the presence of forest within 500 m appears to be associated with a high rate of parasitism of diamondback moth larvae in cabbage fields. Applying a new analysis method, a kernel approach, we are able to derive maps showing the intensity and spatial extent of biocontrol services provided by the landscape.



J.M. Baveco
Alterra
Postbus 47
6700 AA Wageningen
Hans.Baveco@wur.nl

F.J.J.A. Bianchi
CSIRO Entomology
Meiers Road 120
Indooroopilly
QLD 4068, Australia

