

Plaagregulatie door groenblauwe dooradering

Perspectieven in het agrarische landschap

Landschapselementen vormen de groenblauwe dooradering van het landschap. Hoewel ze geen productiefunctie hebben, kunnen ze toch een positieve bijdrage leveren aan de landbouw. Veel natuurlijke vijanden, die plagen in landbouwgewassen kunnen reguleren, zijn namelijk afhankelijk van deze groenblauwe dooradering. De aanwezigheid van voldoende en de juiste soort groenblauwe dooradering kan dan ook tot een verhoogde plaagonderdrukking leiden en bijdragen aan een duurzame landbouw met een minimaal gebruik van bestrijdingsmiddelen.

Groenblauwe dooradering (GBDA) is de verzameling landschapselementen in het agrarisch landschap die niet voor productiedoeleinden gebruikt worden (Opdam *et al.*, 2000). GBDA kan bestaan uit lage begroeiing (ruigten, bermen, akkerranden), opgaande begroeiing (heggen, houtwallen, bomenrijen, bosjes) of uit waterelementen (greppels, sloten, poelen). Door de schaalvergroting van de landbouw is de hoeveelheid GBDA in Nederland de afgelopen decennia sterk afgenomen (RIVM, 1989). Momenteel bestaat nog slechts ca. 2% van het landelijke gebied uit GBDA elementen (De Snoo & Manhoudt, 2002). De overheid streeft naar een verhoging van hoeveelheid en kwaliteit van GBDA. In de nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Ministerie van LNV, 2000) stelt de overheid zich tot doel de kwaliteit van 400.000 ha landelijk gebied te verbeteren door te investeren in de aanleg, herstel en beheer van GBDA.

GBDA heeft een aantal uiteenlopende functies die van belang zijn voor natuur- en landschapskwaliteit, recreatie en waterbeheer. Daarnaast kan GBDA mogelijk een rol spelen in de regulatie van plagen in landbouwgewassen, zoals bijvoorbeeld luizen en rupsen. Momenteel wordt veel onderzoek verricht naar de plaagregulerende functie van GBDA, hetgeen blijkt uit de grote hoeveelheid recentelijk verschenen wetenschappelijke publicaties. Dit artikel geeft een overzicht van het huidige kennisniveau en zal ingaan op de volgende vragen:

- Is de aanwezigheid van GBDA een voorwaarde voor het voorkomen van natuurlijke vijanden van plagen?
- Bestaat er een verband tussen de oppervlakte en ruimtelijke samenhang van GBDA en plaagregulering?
- In welke landschappen kan een effectieve natuurlijke plaagregulatie verwacht worden?
- Zijn er ook negatieve aspecten van GBDA?

GBDA als voorwaarde voor natuurlijke vijanden

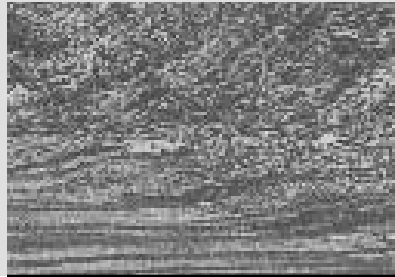
Landbouwpercelen vormen een moeilijke leefomgeving voor natuurlijke vijanden van plaagsoorten door de vele en intensieve verstoringen en het ontbreken van beschutting. Veel natuurlijke vijanden, zoals predator insecten, parasieten en vogels, zijn afhankelijk van GBDA omdat het kan voorzien in alternatieve voedselbronnen, overwinteringhabitat, een geschikt microklimaat, alternatieve prooi en gastheren en nestgelegenheid (Landis *et al.*, 2000). Het manipuleren van GBDA, zodat deze optimaal kan voorzien in de bovengenoemde ecologische randvoorwaarden, kan leiden tot hogere overleving, reproductie en activiteit van natuurlijke vijanden die plaagpopulaties kunnen onderdrukken. Hieronder zullen de belangrijkste randvoorwaarden van natuurlijke vijanden en de rol die GBDA hierin speelt, toegelicht worden.

- *Alternatieve voedselbronnen:* veel natuurlijke vijanden zoals sluipwespen, zweefvliegen, roofwantsen, roofmijten en

REVIEW

FELIX BIANCHI

Dr. ir. F.J.J.A. Bianchi, Alterra,
Postbus 47,
6700 AA Wageningen,
felix.bianchi@wur.nl



gaasvliegen zijn afhankelijk van nectar of stuifmeel. Aangezien in veel landbouwgewassen nectar of stuifmeel niet of slechts tijdelijk aanwezig is, zijn deze natuurlijke vijanden hiervoor aangewezen op de GBDA. Aanwezigheid van nectarbronnen leidt tot een langere levensduur en een verhoogde reproductie van sluipwespen (Idris & Grafius, 1995), hetgeen de plaagonderdrukking kan intensiveren. Long et al. (1998) lieten door het bespuiten van bloemenranden met een merkstof zien dat lieveheersbeestjes, gaasvliegen, zweefvliegen en sluipwespen zich vanuit de bloemenrand naar naburige gewassen verspreidden. Percelen met bloemrijke akkerranden hebben doorgaans hogere dichtheden zweefvliegen en lagere dichtheden luizen (White et al., 1995; Hickman & Wratten, 1996) en hogere dichtheden sluipwespen en geparasiteerde larven (Zhao et al., 1992) dan controle percelen zonder akkerranden. Aanwezigheid van alternatieve voedselbronnen blijkt dus een belangrijke randvoorwaarde te zijn voor een grote groep natuurlijke vijanden. Het is echter belangrijk om te vermelden dat natuurlijke vijanden selectief gebruik maken van bloemen en dat ook plaagsoorten van bloemrijke akkerranden kunnen profiteren (Wäckers, 2001; Baggen et al., 1999; Cowgill et al., 1993). Dit kan een verklaring vormen waarom bloemrijke akkerranden niet in alle gevallen tot een onderdrukking van plagen leidt.

• *Overwintering:* voor de meeste natuurlijke vijanden zijn landbouwpercelen ongeschikt voor overwintering vanwege het ontbreken van vegetatie. Het merendeel van de natuurlijke vijanden zoals kevers, lieveheersbeestjes en oormormen overwinteren in GBDA (Sotherton, 1985; Honěk, 1989). Het ontbreken van geschikte overwinteringhabitats kan de dichtheden van deze predatoren negatief beïnvloeden met als gevolg een verminderde plaagregulatie (Coombes & Sotherton, 1986). Voorbeelden van geschikt overwinteringshabitats voor loopkevers en kortschildkevers zijn ruige grasranden. Thomas et al. (1991) vonden in per-

celen met ruige graslandstroken soms wel 1500 overwinterende predatoren/m². Andere soorten natuurlijke vijanden, zoals lieveheersbeestjes, maken gedurende de winter gebruik van ruigten en bosranden (Honěk, 1989).

• *Microklimaat:* het microklimaat in percelen kan nadelig zijn voor bepaalde soorten sluipwespen (Dyer & Landis, 1997), kevers en spinnen (Duelli et al., 1990). Laboratoriumstudies wijzen uit dat de levensduur van verschillende sluipwespen beduidend lager is bij temperaturen boven 24°C dan bij temperaturen tussen 15 en 20°C (Hailemichael & Smith, 1994; Rahim et al., 1991). GBDA kan voor natuurlijke vijanden gedurende hete perioden van de dag, als schuilplaats met een gematigd microklimaat fungeren. Dyer & Landis (1996) bevestigden het belang van een gunstig microklimaat door aan te tonen dat in het voorjaar in Michigan (Verenigde Staten) de levensduur van sluipwespen in bossen hoger was dan in maïspercelen.

• *Alternatieve prooien en gastheren:* aanwezigheid van alternatieve prooien en gastheren kan bijdragen aan hogere dichtheden natuurlijke vijanden in agrarische landschappen. Lieveheersbeestjes zijn in het voor- en najaar afhankelijk van luizen in ruigten en bomen als de luizendichtheden in teelten laag zijn (Maredia et al., 1992; Leather et al., 1999). Een lage dichtheid aan alternatieve prooien zal zich waarschijnlijk via een beperkte reproductie (Xia et al., 1999), en een toename in lange afstandsmigratie (Hodek et al., 1993), in een verlaging van de lokale lieveheersbeestjespopulatie vertalen. Wyss (1996) bestudeerde natuurlijke vijanden en alternatieve prooidichtheden in boomgaarden met en zonder kruidenstroken. De hogere dichtheden spinnen, lieveheersbeestjes en zweefvliegen in boomgaarden met kruidenstroken konden verklaard worden door de hogere dichtheden alternatieve prooien, maar mogelijk speelde ook de aanwezigheid van nectar en stuifmeel in de kruidenstroken mee (Wyss, 1995). Aanwezigheid van alternatieve gastheren in GBDA kan leiden tot verhoogde



dichtheden sluipwespen (Corbett & Rosenheim, 1996). Maier (1981) vond bijvoorbeeld in de omgeving van bosbes en kornoelje hoge dichtheden sluipwespen doordat deze plantensoorten vaak populaties alternatieve gastheren herbergen.

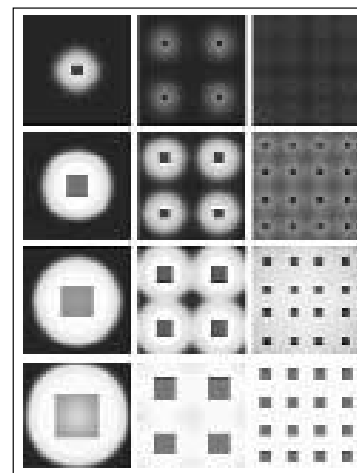
- *Nestgelegenheid*: vogels kunnen een belangrijke rol spelen in het onderdrukken van insectenplagen (Getz & Brighty, 1986). Veel vogelsoorten maken gebruik van opgaande GBDA structuren. Van Wingerden & Booij (1999) noemen bijvoorbeeld als voorwaarden voor insectivore zangvogels hakhoutbosjes, boomsingels, heggen en houtwallen. Johnson & Beck (1988) vonden in een literatuurstudie dat 29 vogelsoorten direct afhankelijk en 37 matig afhankelijk zijn van kleine bosjes in agrarische landschappen in de Verenigde Staten. Achtentwintig soorten gebruiken bosjes om in te nestelen.

Uit het bovenstaande overzicht blijkt dat veel groepen natuurlijke vijanden afhankelijk zijn van de aanwezigheid van GBDA in agrarische landschappen. Met name ruigten, akkerranden, greppels, heggen, houtwallen en bosjes blijven belangrijke functies te vervullen.

Benodigde oppervlakte en ruimtelijke samenhang van GBDA

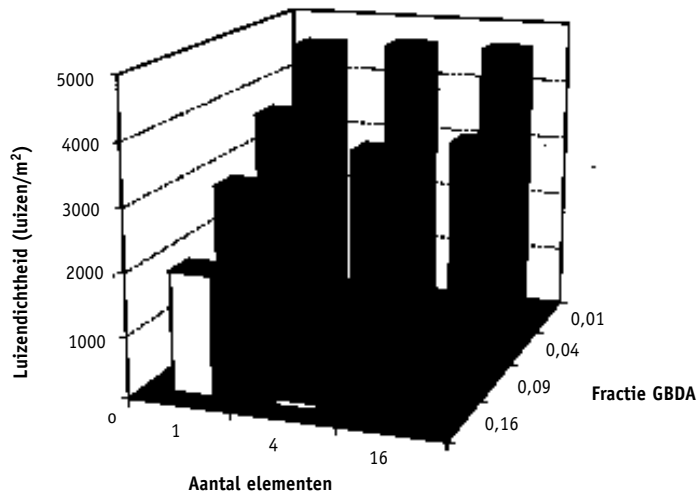
Na de vaststelling dat GBDA een belangrijke voorwaarde is voor natuurlijke vijanden in agrarische landschappen, is de logische volgende vraag hoeveel GBDA dan nodig is voor een verhoogde plaagregulering en wat de beste ruimtelijke samenhang tussen GBDA elementen is. Hier is echter nog maar weinig over bekend. In het kader van de goede landbouwpraktijk en bedrijfs-certificering wordt vaak een streefoppervlakte van 5% GBDA voor landbouwbedrijven genoemd (De Snoo & Manhoudt, 2002; Smeding & Joenje, 1999). Echter, aan dit percentage ligt geen ecologische onderbouwing ten grondslag. Bianchi & Van der Werf (in press) onderzochten de relatie tussen de opper-

vlakte, versnippering en vorm van GBDA elementen en de bestrijding van luizen door lieveheersbeestjes met behulp van een ruimtelijk simulatie model. Hierbij werd aangenomen dat de overwintering van lieveheersbeestjes alleen in GBDA elementen plaatsvond en niet in akkers. Het model is gebaseerd op een uitgebreide beschrijving van de fenologie en populatiedynamica van lieveheersbeestjes en luizen en het predatie- en dispersiegedrag van lieveheersbeestjes. Uit deze theoretische studie bleek dat de plaagregulatie in eerste instantie afhankelijk is van de hoeveelheid GBDA in het landschap en wanneer de hoeveelheid GBDA hoger is dan een drempelwaarde (tussen 4 en 9% GBDA in de simulaties), de plaagregulatie in tweede instantie afhankelijk is van de ruimtelijke verdeling van GBDA in het landschap (figuur 1 en 2). Deze simulaties suggereren dat de benodigde oppervlakte GBDA in agrarische landschappen voor een effectieve plaagregulering eerder in de buurt van 10% zal liggen dan van de eerder genoemde 5%. Deze GBDA hoeft echter niet persé in het geheel op het bedrijf aanwezig te zijn, maar kan ook bestaan uit bosjes en ruigten tussen bedrijven. De simulaties geven



Figuur 1. Ruimtelijke verdeling van luizen in 12 landschappen met vierkante GBDA elementen die respectievelijk 1%, 4%, 9% en 16% van het totale oppervlak beslaan (van boven naar onder) en verdeeld zijn over 1, 4 en 16 elementen (van links naar rechts). In grijsstinten is de dichtheid van luizen weergegeven van 0 (wit) tot 5000 (zwart) luizen/m².

Figure 1. Spatial distribution of aphid density in 12 landscapes with square non-crop elements covering 1%, 4%, 9% and 16% of the landscape (from top to bottom) and divided into 1, 4 and 16 elements (left to right). White and black represent densities of 0 to 5000 aphids/m², respectively.



Figuur 2. Luizendichtheden in akkers van 12 landschappen met 1, 4, 9 en 16% GBDA verdeeld in 1, 4 of 16 vierkante elementen.

Figure 2. Density of aphids in crops in twelve landscapes with 1, 4, 9 and 16% of non-crop habitat divided into 1, 4 or 16 square elements.

verder aan dat de relatie tussen GBDA en plaagregulatie in het algemeen niet lineair is en dat de benodigde oppervlakte GBDA groter moet zijn dan een drempelwaarde om een behoorlijke plaagregulering te verkrijgen (figuur 2). Dit betekent dat bij GBDA oppervlakten ver beneden deze drempelwaarde een kleine verhoging van de oppervlakte GBDA weinig effect op de plaagregulering zal hebben, terwijl bij GBDA oppervlakten rond de drempelwaarde met een relatieve kleine verhoging van de oppervlakte GBDA de plaagonderdrukking aanzienlijk kan worden verbeterd. Tenslotte geeft de modelstudie aan dat, indien de hoeveelheid GBDA in het landschap groter is dan de drempelwaarde, de plaagregulering het best werkt als de GBDA elementen zo goed mogelijk over het landschap verspreid zijn, zodat de afstand tussen GBDA elementen en het centrum van percelen zo klein mogelijk is (figuur 1). In landschappen met relatief kleine percelen zal de GBDA structuur in het algemeen dus gunstiger zijn dan in landschappen met relatief grote percelen (figuur 3). De bepaling van de benodigde oppervlakte GBDA voor een effectieve plaagregulering is moeilijk. Echter, het verschil tussen het huidige percentage GBDA in agrarische landschappen (2%) en de bovengenoemde streefwaarden van 5 en 10% geven dat de huidige oppervlakte erg laag is. Op theoretische gronden lijkt een gelijkmatige verdeling van GBDA over het landschap, bijvoorbeeld in fijnmazige netwerken, zich het best te lenen voor plaagregulatie.

Landschappen met verhoogde plaagregulatie

Er bestaan enkele studies waarin melding wordt gemaakt van agrarische landschappen met een verhoogde plaagregulatie. In de Noordoostpolder vonden Van Alebeek *et al.* (2003) op een biologisch bedrijf met een oppervlakte van 21% aan permanente akkerranden dat de luizendichtheden in tarwe 2 maal en in aardappelen 3 maal lager waren opzichte van een vergelijkbaar biologisch bedrijf met 6% akkerranden. Galecka maakte reeds in 1966 melding van lagere luizendichtheden en hogere dichtheden natuurlijke vijanden in bosrijke landschappen in vergelijking met landschappen zonder bossen. Basedow (1990) vond duidelijke verschillen in kleinschalige landschappen met 7,5% GBDA en grootschalige landschappen met 1,7% GBDA in Duitsland. De kleinschalige landschappen met veel GBDA hadden gedurende twee jaar hogere dichtheden natuurlijke vijanden wat resulteerde in respectievelijk 14 en 18 maal lagere luizendichtheden in suikerbiet dan in de grootschalige landschappen met weinig GBDA. Schulze & Gerstberger (1993) beschrijven een landschap dat gekenmerkt wordt door houtwallen die in nectar, stuifmeel en hoge dichtheden alternatieve prooien voorzien. Als gevolg hiervan kunnen zich hoge dichtheden predatoren en sluipwespen handhaven en is dit gebied een van de weinige gebieden in Duitsland waar graanluizen niet bestreden hoeven te worden.

Verder bestaan er een aantal studies die landschappen beschrijven met verhoogde dichtheden/activiteit van natuurlijke vijanden, maar waarbij de plaagpopulaties buiten beschouwing zijn gelaten. Deze studies leveren dus geen direct bewijs voor verhoogde plaagregulering, maar maken dit wel aannemelijk. Marino & Landis (1996) vonden meer dan 5 maal hogere parasiteringspercentages in kleinschalige, gevarieerde landschappen dan in grootschalige, eenvormige landschappen in Michigan (Verenigde Staten).



Echter, in een vervolgonderzoek waarbij de parasitering in gevarieerde landschappen met veel GBDA en eenvormige landschappen met weinig GBDA in drie regio's vergeleken werd, werd alleen in één van drie regio's hogere parasitering in gevarieerde landschappen gevonden (Menalled et al., 1999). Ryszkowski et al. (1993) vonden 70% hogere biomassa aan predatoren en parasieten in kleinschalige landschappen met 12% GBDA dan in grootschalige landschappen zonder GBDA in Polen. Thies & Tschardt (1999) rapporteerden hogere parasiteringspercentages in Duitse agrarische landschappen naarmate er meer ruigten en akkerranden aanwezig waren.

De bovengenoemde landschappen met een verhoogde plaagregulering en verhoogde dichtheden/activiteit van natuurlijke vijanden worden in het algemeen gekenmerkt door relatief hoge dichtheden GBDA en kleinschaligheid. Deze bevinding is in overeenstemming met de onze eerdere constatering dat GBDA een belangrijke randvoorwaarde is voor natuurlijke vijanden en dat de ruimtelijke verdeling van GBDA in kleinschalige landschappen in het algemeen gunstiger zal zijn dan in grootschalige landschappen. Het blijft echter de vraag of de plaagonderdrukking door natuurlijke vijanden voldoende is om plaagniveau's onder schadedrempels te houden. In het geval van

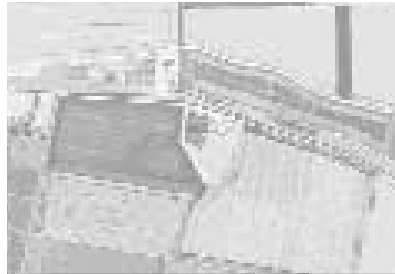
Schulze & Gerstberger (1993) was dit duidelijk het geval, maar in de andere gevallen was dit niet duidelijk.

Negatieve aspecten van GBDA

Bij de implementatie van GBDA in de bedrijfsvoering is het van belang om rekening te houden met mogelijke nadelen, onzekerheden en risico's die de aanleg van GBDA met zich mee kunnen brengen. Allereerst is de ruimte die ingenomen wordt door de GBDA niet beschikbaar voor productiedoelinden, hetgeen tot een productieverlaging zal leiden. Bovendien kan GBDA in sommige gevallen het manoeuvreren van grote machinerie bemoeilijken en de opbrengst in perceelsranden beperken door schaduwwerking. Verder kan GBDA een barrière vormen voor bepaalde soortengroepen. Houtwallen en ruige akkerranden kunnen de verspreiding van loopkevers, die mogelijk een rol spelen in het onderdrukken van plagen, bemoeilijken (Mauremooto et al., 1995; Frampton et al., 1995). Daar staat echter weer tegenover dat landschappen met bossen in het algemeen een lagere plaagdruk van trips hebben, mogelijk doordat de bossen een barrière voor de verspreiding vormen (Den Belder, 2002). Daarnaast bestaat het risico dat GBDA fungeert als een reservoir van plaagsoorten. De meeste plaaginsecten maken gebruik van plantensoor-

Figuur 3. Voorbeeld van een grootschalig landschap met weinig groenblauwe dooradering in Zeeland (links) en een kleinschalig landschap met veel groenblauwe dooradering in de Achterhoek (rechts) (Copyright DKLN: Eurosense B.V., Breda 2000).

Figure 3. Example of a large-scale landscape with little green blue veining in the southwestern part of The Netherlands (left) and a small-scale landscape with much green blue veining in the eastern part of The Netherlands (right).



ten in de GBDA die verwant zijn aan de landbouwgewassen waar ze een plaag vormen (Van Emden, 1965). Zo zullen bijvoorbeeld plagen van granen in het algemeen vooral te vinden zijn op verwante grassoorten en niet op houtige gewassen. Dit geldt echter niet voor polyfage luizensoorten, zoals bijvoorbeeld de zwarte bonenluis (*Aphis fabae*) en de vogelkersluis (*Rhopalosiphum padi*), die gedurende het groeiseizoen een plaag kunnen vormen in teelten en overwinteren op respectievelijk kardinaalsmuts en vogelkers. Hierbij dient wel vermeld te worden dat slechts 5 van de 850 luizensoorten in centraal Europa een plaagstatus hebben (Nentwig et al., 1998). De meeste luizensoorten in GBDA vormen dus geen gevaar voor teelten en kunnen juist als alternatieve prooien voor natuurlijke vijanden dienen. Tenslotte kunnen planten in GBDA ook pathogenen verspreiden, zoals bijvoorbeeld bitterzoet langs slootkanten. Bitterzoet is vaak geïnfecteerd met de bruinrotbacterie die schade kan aanrichten in aardappelen (Ridder & van der Weide, 1999). In het geval van kruidenstroken kan het risico van verspreiding van pathogenen vanuit deze stroken naar het gewas beperkt worden door een zorgvuldige selectie van zaadmengsels (Nentwig et al., 1998).

Het risico dat GBDA als een haard van plagen of pathogenen fungeert is dus afhankelijk van de soortensamenstelling van de teelt en de GBDA. Voor plantensoorten die een serieuze bedreiging vormen voor landbouwgewassen, zoals bitterzoet, kan gekozen worden voor selectieve bestrijding. Bij de aanleg van kruidenstroken kan rekening gehouden worden met de nectarbeschikbaarheid van plantensoorten voor plaagsoorten en natuurlijke vijanden. Een zorgvuldige selectie van plantensoorten kan dus het risico van het stimuleren van plagen en pathogenen beperken (Baggen et al, 1999; Cowgill et al, 1993; Nentwig et al., 1998).

Synthese en richtlijnen voor implementatie

De relatie tussen GBDA en plaagregulatie door natuurlijke vijanden is extreem complex. Er zijn veel specifieke interacties tussen gewassen, GBDA, plagen en natuurlijke vijanden waardoor effecten van GBDA op plaagregulering kunnen variëren. Desondanks kunnen op basis van de voorgaande analyse enkele vuistregels voor de implementatie van GBDA in het landelijk gebied opgesteld worden:

1. Het stimuleren van plaagonderdrukking door natuurlijke vijanden vereist een kritische oppervlakte GBDA en een gelijkmatige verdeling van GBDA over het agrarisch landschap. De benodigde oppervlakte GBDA is moeilijk te bepalen, maar ter indicatie werd in een kleinschalig landschap met 7,5% GBDA al een goede plaagregulering aangetoond (Basedow, 1990). Hierbij moet er rekening mee gehouden worden dat het effect van een kleine verhoging van de oppervlakte GBDA in landschappen met weinig GBDA beperkt zal zijn, gezien de verwachte drempelwaarde voor een verbeterde plaagregulering.

2. Plaagregulatie manifesteert zich op landschapsschaal. Aangezien plagen en natuurlijke vijanden zich verplaatsen binnen landschappen, moet er ook op de schaal van het landschap aan de randvoorwaarden van natuurlijke vijanden voldaan worden. Dit betekent dat voor een effectieve implementatie van GBDA in agrarische landschappen samenwerking tussen boeren vereist is (Opdam & Geertsma, 2002).

3. Nieuwe GBDA kan het best als een fijnmazig netwerk aangelegd worden omdat plaagregulatie zich vaak beperkt tot de nabijheid van GBDA. Kleinschalige landschappen lenen zich hier beter voor dan grootschalige landschappen. In grootschalige landschappen zal de grote afstand van de GBDA tot het centrum van het perceel vaak een probleem vormen. De aanleg van GBDA binnen het perceel zou dit kunnen verhelpen. Daarnaast moet er rekening



mee worden gehouden dat de plaagregulerende functie van nieuw aangelegde GBDA zich zal ontwikkelen naarmate het door meerdere soorten wordt gekoloniseerd. Het verkrijgen van een goed functionerend GBDA netwerk heeft dus tijd nodig.

4. Bij de aanleg van GBDA moet rekening worden gehouden met de soortensamenstelling van de vegetatie omdat specifieke plantensoorten een positief, neutraal of zelfs negatief effect op de plaagregulatie kunnen hebben. Het is van belang om een vegetatiesamenstelling te verkrijgen die in de ecologische randvoorwaarden van natuurlijke vijanden gedurende de gehele levenscyclus kan voorzien, zonder daarbij plaagsoorten al te veel te stimuleren. Een zorgvuldige selectie van plantensoorten is dus essentieel.

5. Plaagregulatie houdt in dat plaagsoorten niet volledig worden bestreden, maar slechts worden onderdrukt. Zonder de aanwezigheid van plaagsoorten kunnen hoge dichtheden natuurlijke vijanden niet in stand gehouden worden. De onderdrukking van plaagsoorten door natuurlijke vijanden houdt het risico in dat plaagniveau's schadedrempels van gewassen overschrijden. Plaagregulatie door middel van GBDA moet daarom niet gezien worden als een

alleenstaande methode, maar dient te worden gecombineerd met andere methoden.

We kunnen concluderen dat plaagregulering door middel van GBDA perspectief heeft, maar dat er tevens nog een hoop onzekerheden zijn. Er is bijvoorbeeld weinig bekend over welke planten een gunstig effect hebben op de plaagregulering onder de Nederlandse omstandigheden. Verder is weinig bekend over Nederlandse landschappen met een goede plaagregulering. De identificatie van zulke landschappen is van groot belang omdat hier belangrijke aanwijzingen verkregen kunnen worden over de benodigde samenstelling en structuur van GBDA ter verkrijging van landschappen met een verbeterde plaagregulering. Deze zaken zullen de komende jaren in praktijk en onderzoek nader beschouwd moeten worden.

Dankwoord

Ik wil Paul Opdam en de "postdoc overleggroep" bedanken voor het waardevolle commentaar op eerdere versies van dit artikel. Dit onderzoek is gefinancierd door het NWO stimuleringsprogramma biodiversiteit en het DWK Programma Agrobiodiversiteit.

Summary

The perspective of pest regulation by greenveining in agricultural landscapes Felix Bianchi

Biological control, natural enemies, non-crop elements, spatial configuration, sustainability
Landschap 20 (2003)

Green veining is defined as the network of non-crop elements in agricultural landscapes. Although green veining does not contribute to agricultural production in a direct way, it may still stimulate agriculture in an indirect way. Many natural enemies that are able to regulate insect pests depend on green veining. Presence of the right green veining may result in enhanced pest regulation and a reduction of the use of agro-chemicals.

Literatuur

- Alebeek, F.A.N. van, J.H. Kamstra, B. Venhorst, & A.J. Visser, 2003.** Manipulating biodiversity in arable farming for better pest suppression: which species at what scale? Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society, 14, 109-113.
- Baggen, L.R., G.M. Gurr & A. Meats, 1999.** Flowers in tri-trophic systems: Mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 155-161.
- Basedow, Th., 1990.** On the impact of boundary strips and of hedges on aphid predators, aphid attack and the necessity of insecticide applications in sugar beets. *Gezunde Pflanzen* 42, 241-245.
- Bianchi, F.J.J.A. & W. van der Werf, in press.** The effect of the area and configuration of hibernation sites on the control of aphids by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural landscapes: A simulation study. *Environmental Entomology*.
- Coombes, D.S. & N.W. Sotherton, 1986.** The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. *Annals of Applied Biology* 108: 461-474.
- Corbett, A. & J.A. Rosenheim, 1996.** Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology* 21: 155-164.
- Cowgill, S.E., S.D. Wratten & N.W. Sotherton, 1993.** The selective use of floral resources by the hoverfly *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) on farmland. *Annals of Applied Biology* 122: 223-231.
- Den Belder, E., J. Elderson, W.J. van den Brink & G. Schelling, 2002.** Effect of woodlots on thrips density in leek fields: a landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 139-145.
- De Snoo, G.R. & A.G.E. Manhoudt, 2002.** Boerenlandschap: landschapselementen op akkerbouwbedrijven in Nederland. *Landschap* 19/4: 246-249.
- Duelli, P., M. Studer, I. Marchand & S. Jacob, 1990.** Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* 54: 193-207.
- Dyer, L.E. & D.A. Landis, 1996.** Effects of habitat, temperature, and sugar availability on longevity of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology* 25: 1192-1201.
- Dyer, L.E. & D.A. Landis, 1997.** Influence of noncrop habitats on the distribution of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cornfields. *Environmental Entomology* 26: 924-932.
- Frampton, G.K., T. Cilgi, G.L.A. Fry & S.D. Wratten, 1995.** Effects of grassy banks on the dispersal of some carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) on Farmland. *Biological Conservation* 71: 347-355.
- Galecka, B. 1966.** The role of predators in the reduction of two species of aphids, *Aphis nasturtii* Kalt. and *A. frangulae* Kalt. *Ekologia Polska, Seria A*, 16: 1-30.
- Getz, L.L. & E. Brighty, 1986.** Potential effects of small mammals in high-intensity agricultural systems in east-central Illinois. *USA Agriculture, Ecosystems and Environment* 15: 39-50.
- Hailemicheal, Y. & J.W. Smith, Jr. 1994.** Development and longevity of *Xanthopimpla stemmator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) at constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 87: 874-878.
- Hickman, J.M. & S.D. Wratten, 1996.** Use of *Phacelia tanacetifolia* strips to enhance biological control of aphids by hoverfly larvae in cereal fields. *Journal of Economic Entomology* 89: 832-840.
- Hodek, I., G. Ipertí & M. Hodkova, 1993.** Long-distance flights in *Coccinellidae* (Coleoptera). *European Journal of Entomology*, 90: 403-414.
- Honěk, A., 1989.** Overwintering and annual changes of abundance of *Coccinella septempunctata* in Czechoslovakia (Coleoptera, Coccinellidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 86: 179-192.
- Idris, A.B. & E. Grafius, 1995.** Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Environmental Entomology* 24: 1726-1735.
- Johnson R.J. & M.M. Beck, 1988.** Influences of shelterbelts on wildlife management and biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22/23: 301-335.
- Landis, D.A., S.D. Wratten & G.M. Gurr, 2000.** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175-201.
- Leather, S.R., R.C.A. Cooke, M.D.E. Fellowes & R. Rombe-Romana, 1999.** Distribution and abundance of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in non-crop habitats. *European Journal of Entomology*, 96: 23-27.
- Long, R.F., A. Corbett, C. Lamb, C. RebergHorton, J. Chandler & M. Stimmann, 1998.** Beneficial insects move from flowering plants to nearby crops. *California Agriculture* 52: 23-26.

- Maier, C.T., 1981.** Parasitoids emerging from puparia of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) infesting hawthorn and apple in Connecticut. *Canadian Entomologist* 113: 867-870.
- Maredia, K.M., S.H. Gage, D.A. Landis & J.M. Scriber, 1992.** Habitat use patterns by the seven-spotted lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in a diverse agricultural landscape. *Biological Control* 2: 159-165.
- Marino, P.C. & D.A. Landis, 1996.** Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications* 6: 276-284.
- Mauremooto, J.R., S.D. Wratten, S.P. Worner & G.L.A. Fry, 1995.** Permeability of hedgerows to predatory carabid beetles. *Agriculture Ecosystems and Environment* 52, 141-148.
- Menalled F.D., P.C. Marino, S.H. Gage & D.A. Landis, 1999.** Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications* 9: 634-641.
- Ministerie van LNV, 2000.** Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw. Den Haag.
- Nentwig, W., T. Frank & C. Lethmayer, 1998.** In: Conservation biological control, P. Barbosa (ed.), pp. 133-153. Academic press, San Diego.
- Opdam, P., C. Grashof & W. van Wingerden, 2000.** Groene dooradering, een ruimtelijk concept voor functiecombinaties in het agrarisch landschap. *Landschap* 17/1, 45-51.
- Opdam, P. & Geertsema, W. 2002.** Agrarisch natuurbeheer heeft op landschapsniveau meer rendement. *Landwerk* 3, 28-32.
- Smeding F.W. & W. Joenje, 1999.** Farm-Nature Plan: landscape ecology based farm planning. *Landscape and Urban Planning* 46: 109-115.
- Rahim, A., A.A. Hashmi & N.A. Khan, 1991.** Effects of temperature and relative humidity on longevity and development of *Ooencyrtus pailionis* Ashmead (Hymenoptera: Eulophidae), a parasite of the sugarcane pest, *Pyrrilla perpusilla* Walker (Homoptera: Cicadellidae). *Environmental Entomology* 20: 774-775.
- Ridder, J.K. & R.Y. van der Weide, 1999.** Bitterzoet met blote handen te lijf. (Uitroeiing bruinrot-waardplant onmogelijk, pleksgewijze bestrijding kan wel). Boerderij november, 1999.
- RIVM, 2002.** *Natuurbalans 2002*. Kluwer, Alphen aan den Rijn, 172 pp.
- Ryszowski, L., J. Karg, G. Margalit, M.G. Paoletti & R. Zlotin, 1993.** Aboveground insect biomass in agricultural landscapes of Europe. In: *Landscape ecology and Agroecosystems*. R.G. Bunce, H.L. Ryszowski & M.G. Paoletti (eds.), pp. 71-82. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Schulze, E.D. & P. Gerstberger, 1993.** Functional aspects of landscape diversity: A Bavarian example. In: *Biodiversity and ecosystem function*. E.D. Schulze & H.A. Mooney (eds.), pp. 453-468. *Ecological Studies* 99, Springer Verlag, Berlin.
- Sotherton, N.W., 1985.** The distribution and abundance of predatory Coleoptera overwintering in field boundaries. *Annals of Applied Biology*, 106: 17-21.
- Thies, C. & T. Tschardt, 1999.** Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.
- Thomas, M.B., S.D. Wratten & N.W. Sotherton, 1991.** Creation of "island" habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and emigration. *Journal of Applied Ecology* 28: 906-917.
- Van Emden, H.F., 1965.** The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-136.
- Van Wingerden, W.K.R.E. & C.J.H. Booi, 1999. *Biodiversiteit en onderdrukking van ziekten en plagen: strategieën en graadmeters*. IBN rapport 413, 90 pp.
- Wäckers, F. L. 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.
- White, A.J., S.D. Wratten, N.A. Berry & U. Weigmann, 1995.** Habitat manipulation to enhance biological control of Brassica pests by hover flies (Diptera: Syrphidae). *Journal of Economic Entomology* 88: 1171-1176.
- Wyss, E., 1995.** The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 75: 43-49.
- Wyss, E., 1996.** The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 60: 47-59.
- Xia, J. Y., W. van der Werf & R. Rabbinge, 1999.** Temperature and prey density on Bionomics of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on Cotton. *Environmental Entomology* 28: 307-314.
- Zhao, J.Z., G.S. Ayers, E.J. Grafius & F.W. Stehr, 1992.** Effects of neighboring nectarproducing plants on populations of pest Lepidoptera and their parasitoids in broccoli plantings. *Great Lakes Entomologist* 25: 253-258.