

Insecticiden, landschap en biodiversiteit

Gevolgen van insecticidegebruik in de bredere omgeving voor nuttige insecten in akkerranden

Gewasbeschermingsmiddelen worden in de landbouw veel gebruikt om oogstverliezen te voorkomen. Maar tot hoe ver in de bredere omgeving heeft het gebruik van deze middelen invloed op insectenpopulaties? Daarover is nog weinig bekend, terwijl deze informatie essentieel is voor het inschatten van milieurisico's en de formulering van beleid.

Nuttige insecten zoals zweefvliegen, gaasvliegen, sluipwespen en bijen zijn essentieel voor de landbouw omdat ze populaties van plaaginsecten onderdrukken en gewassen bestuiven. Het aantal insecten, zowel het aantal soorten als het aantal individuen, wordt in sterke mate bepaald door de beschikbaarheid van bloeiende planten, alternatieve prooien en nestgelegenheid in het landschap.

Er is wereldwijd zorg over de achteruitgang van insectenpopulaties (van Klink *et al.*, 2020). Deze achteruitgang heeft te maken met tal van factoren, zoals veranderend landgebruik, het gebruik van herbiciden die de hoeveelheid bloeiende planten in akkers en graslanden verminderen en het gebruik van insecticiden die insectenpopulaties kunnen decimeren.

Er is nog weinig bekend over hoe de intensiteit van agrarisch landgebruik insectenpopulaties beïnvloedt in verschillende landschapstypen, en over de ruimtelijke schaal waarop effecten zich voordoen. Ondanks jarenlange beleidsinspanningen om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te verminderen (zoals nationale actieplannen voor duurzame gewasbescherming in Europa; EC, 2020), worden deze middelen nog steeds op grote schaal gebruikt. Weliswaar is de hoeveelheid in kilogrammen afgenomen, maar de toxiciteit van de actieve ingrediënten voor insecten is aanzienlijk toegenomen, zodat er netto geen sprake is van een vermindering van de milieu-impact van ge-

wasbeschermingsmiddelen (Schulz *et al.*, 2021).

Populaties van natuurlijk vijanden kunnen verkleind worden door directe blootstelling aan insecticiden, maar de middelen hebben ook indirect effect doordat de dichtheid van prooien of gastheren vermindert. Deze effecten kunnen zich op grotere ruimtelijke schaal voordoen dan alleen het perceel waarop het middel is toegepast. In de eerste plaats kunnen insecticiden en hun afbraakproducten zich door lucht en water verspreiden. Zo zijn gewasbeschermingsmiddelen gevonden in natuurgebieden, oppervlaktewater, mest, tuinen en op haar van omwonenden van landbouwpercelen (Buijs & Mantingh, 2022). Ten tweede verplaatsen insecten zich ook zelf, waardoor ook effecten kunnen optreden (Spromberg *et al.*, 1998). Zo verblijven ze bijvoorbeeld het ene moment in een akkerrand en het volgende moment in een (bespoten) gewas. Een bespoten gewas ontvangt wel insecten uit de omgeving maar levert weinig insecten terug. Daardoor kan een effect op afstand ontstaan. Ten slotte kan het omliggende landschap, met name seminatuurlijk habitat, een rol spelen als bron van nuttige insecten die bespoten percelen kunnen herkoloniseren (Bianchi *et al.*, 2006).

Omdat er weinig inzicht is in de ruimtelijke dimensie van het effect van gewasbeschermingsmiddelen in het landelijk gebied, hebben we in deze studie onderzocht hoe nuttige insecten beïnvloed worden door insecti-

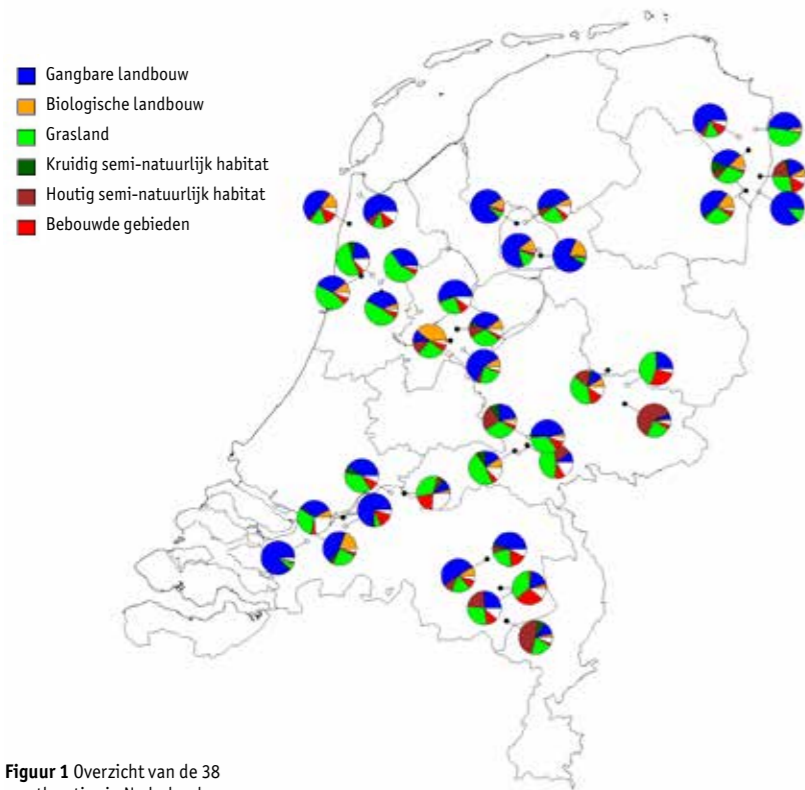
insecticiden
habitat
geleedpotigen
biodiversiteit
plaagregulatie

L. (Lieneke) Bakker
Wageningen University & Research

W. (Wopke) van der Werf
Wageningen University & Research

F.J.J.A. (Felix) Bianchi
Farming Systems Ecology,
Wageningen University & Research, Postbus 430,
6700 AK Wageningen;
felix.bianchi@wur.nl

Foto **Mark van Veen**.
Blikkenburg, natuurakker
Utrechts Landschap.



Figuur 1 Overzicht van de 38 meetlocaties in Nederland. Elke locatie is een akkerrand ofwel naast een gangbaar beheerd (open cirkel) of biologisch beheerd (gestloten cirkel) perceel. Taartdiagrammen geven de compositie weer van het landgebruik en landschap in een radius van 1 km rondom de locatie.

Figure 1 Overview of locations of the 38 sampling sites in the Netherlands. Open and closed circles indicate conventionally and organically managed sites, respectively. Pies show the composition of the landscape at 1 km radius around the focal fields.

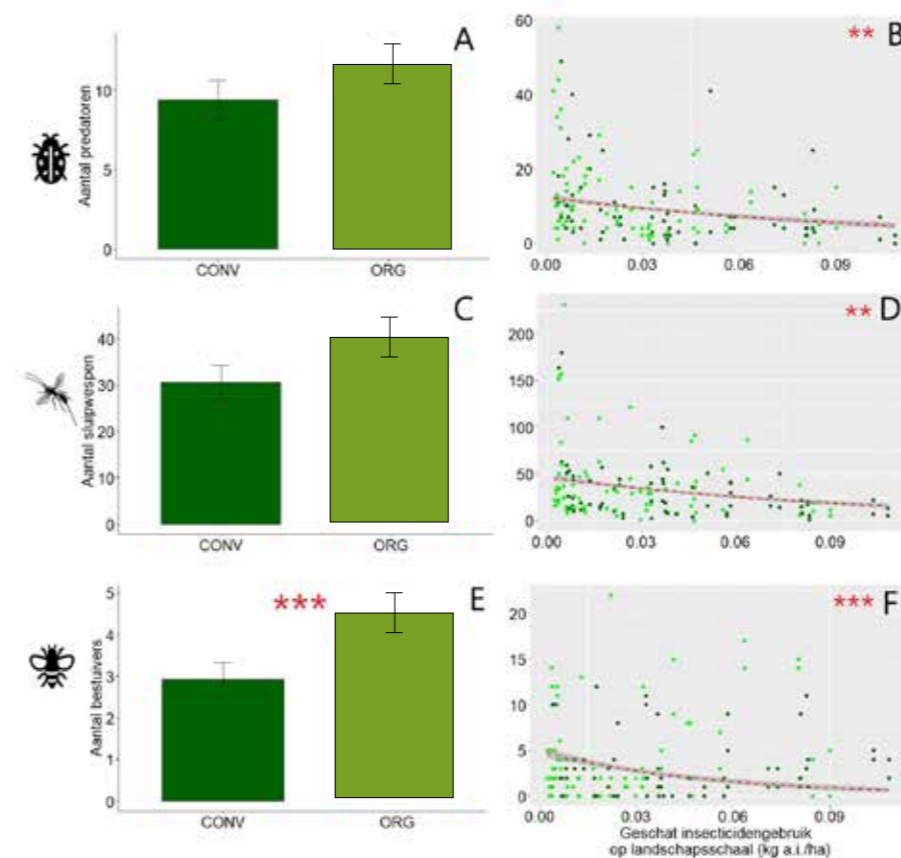
bare omgeving gepaard: één naast een gangbaar en één naast een biologisch perceel. Het landgebruik en landschap in een radius van 1 km rondom elke onderzoekslocatie bestond uit kruidig semi-natuurlijk habitat (spreiding 0 tot 13%), houtig semi-natuurlijk habitat (0 tot 60%), biologische landbouw (0 tot 40%), gangbare landbouw (5 tot 87%), grasland (0 tot 56%) en bebouwing (1 tot 28%).

Op elke locatie werd een akkerrand bemonsterd. Iedere locatie werd vier keer bezocht (in juni en juli/augustus 2017 en in juni en juli/augustus 2018) om natuurlijke vijanden en bestuivers te bemonsteren door 1) het plaatsen van twee gele plakvallen in de akkerrand, en 2) het bemonsteren van de vegetatie in de akkerrand met een vangnet. De plakvallen bleven staan gedurende twee dagen, wat de bemonstering minder gevoelig maakt voor weersinvloeden. De vangnetten geven een momentopname, maar zijn wel erg effectief voor het bemonsteren van vliegende insecten. Het insecticidegebruik is gekarakteriseerd aan de hand van drie indicatoren: 1) het beheer van de akkers naast de bemonsterde akkerranden (biologisch of gangbaar); 2) de frequentie van insecticidegebruik in het aangrenzende perceel (op basis van de teeltregistraties door de boer) en 3) een schatting van het insecticidegebruik (in kg actieve stof per ha) in een straal van 1 km rondom de onderzoekslocatie (gebaseerd op CBS-data over insecticidegebruik per gewassoort uit 2016 (Statline, 2019) en de basisregistratie percelen (PDOK, 2018)). Minerale oliën zijn meegeteld in de geschatte hoeveelheid insecticide, maar zaadbehandelingen niet. Voor een uitgebreide beschrijving van de methode verwijzen we naar Bakker *et al.* (2022).

cidengebruik op veldniveau en op landschapsschaal, en in hoeverre de samenstelling van het omliggende landschap een rol speelt.

Methode

Gedurende twee seizoenen zijn op 38 locaties in Nederland (zie figuur 1) veldmetingen gedaan om de relatie tussen landschap, insecticidegebruik en dichtheid van nuttige insecten te onderzoeken. Een locatie bestond uit een akkerrand naast ofwel een gangbaar, ofwel een biologisch beheerd perceel. Daarbij werden steeds twee locaties in een vergelijk-



Figuur 2 Links: Gemiddeld aantal predatoren (A), sluipwespen (C) en bestuivers (E) gevangen met een vangnet in akkerranden naast biologisch (ORG) of gangbaar beheerde percelen (CONV) (gemiddelde \pm standaardfout). Rechts: Relatie tussen aantal predatoren (B), sluipwespen (D) en bestuivers (F) gevangen met vangnet en het geschatte insecticidegebruik op landschapsschaal in een straal van 1 km rondom meetlocaties naast een gangbaar (donkergroen) of biologisch (lichtgroen) beheerd perceel. Rode stippellijn: significant negatief verband ($p < 0.05$); donkergrijs gebied rond regressielijn: betrouwbaarheidsinterval. Y-as: vangsten per 50 slagen met het vangnet gesommeerd over twee transecten per locatie per meetperiode (juni 2017; juli/augustus 2017; juni 2018; juli/augustus 2018).

Figure 2 Left: Average number of predators (A), parasitoids (C), and pollinators (E) obtained by sweep-netting field margins adjacent to organically (ORG) and conventionally (CONV) managed arable fields (mean \pm standard error). Right: Relationships between estimated insecticide load at 1 km radius around sampling locations adjacent to conventional (dark green) and organically (light green) managed arable fields and the abundance of beneficial arthropods; predators (B), parasitoids (D) and pollinators (F). The red dashed lines indicate significant associations ($p < 0.05$); shaded areas indicate 95% confidence regions. The numbers on the y-axis indicate catches per 50 sweeps summed across two transects per location per sampling period (June 2017; July/August 2017; June 2018; July/August 2018).

Resultaten

We telden in het vangnet en op de vangplaten in totaal 825 zweefvliegen, 70 bijen en hommels, 298 gaasvliegen, 370 lieveheersbeestjes, 1.537 spinnen, 66 kortschildkevers en 24.004 sluipwespen.

We vonden geen significant verband tussen het aantal predatoren (gaasvliegen, lieveheersbeestjes, spinnen en kortschildkevers) en sluipwespen in akkerranden en het insecticidegebruik in het aangrenzende perceel (figuur 2a en 2c). Dit geldt zowel voor waarne-

mingen met plakvallen als waarnemingen met het vangnet. We vonden echter wel een significant negatief verband tussen het aantal predatoren en sluipwespen in de akkerrand (gevangen met een vangnet) en het geschatte insecticidegebruik in het omliggende landschap (figuur 2b en 2d). De aantallen bestuivers (bijen en zweefvliegen) waren significant hoger in akkerranden van biologisch beheerde percelen dan in akkerranden van gangbaar beheerde percelen (figuur

ze), maar alleen bij waarnemingen met het vangnet en niet voor waarnemingen met plakvallen. Ook was er een significant negatief verband tussen het aantal bestuivers in vangnetvangsten en het geschatte insecticidegebruik in het omliggende landschap (figuur 2f). Het aantal gevangen nuttige insecten in landschappen met de hoogst geschatte blootstelling aan insecticiden was ongeveer een derde tot de helft van dat in landschappen met de laagste geschatte blootstelling.

De effecten van semi-natuurlijk habitat in de omgeving op nuttige insecten waren niet eenduidig; soms negatief, soms positief. Er was een negatieve relatie tussen het aantal sluipwespen en de oppervlakte van kruidrijk semi-natuurlijk habitat, maar een positief verband tussen de gevonden aantallen sluipwespen en de hoeveelheid houtig semi-natuurlijk habitat in het omringende landschap.

Discussie

In dit onderzoek vonden we een correlatie tussen aantallen predatoren en sluipwespen in akkerranden en het geschatte insecticidegebruik op landschapschaal, maar geen correlatie met het beheer van het aangrenzende perceel (biologisch/gangbaar) en ook niet met het aantal bespuitingen in het aangrenzende perceel. Daarentegen vonden we voor bestuivers een verband met insecticidegebruik op zowel landschaps- als perceelsschaal. Verder was er geen eenduidig verband tussen de hoeveelheid semi-natuurlijk habitat in het landschap en aantallen sluipwespen. In alle gevallen waren de relaties alleen significant voor insectenvangsten met het vangnet. We vonden geen significant verband tussen insecticidegebruik op enige schaal en insectenvangsten met plakvallen.

Een belangrijke implicatie van het onderzoek is dat de impact van insecticiden op insectenpopulaties verder lijkt te reiken dan het veld waarin ze worden toegepast. Er zijn op zijn minst twee mogelijke verklaringen voor dit fenomeen. De eerste verklaring is dat insecticiden zich verspreiden buiten het perceel door transport via lucht en oppervlaktewater (de Jong *et al.*, 2008). Dit zou bijvoorbeeld de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen in natuurgebieden en tuinen in Drenthe kunnen verklaren (Buijs & Mantingh, 2022). Omdat wij echter geen verband hebben gevonden tussen de aantallen predatoren en sluipwespen in akkerranden en de frequentie van gebruikte insecticiden in het aangrenzende perceel, ligt het niet voor de hand dat drift van insecticiden een belangrijke rol heeft gespeeld bij de gevonden patronen in insectenaantallen.

Een tweede verklaring is het 'actie op afstand'-mechanisme (Sprong *et al.*, 1998) dat gebaseerd is op sink/source-dynamiek van mobiele insecten. Een insecticide doodt plaaginsecten maar ook nuttige insecten in het bespoten perceel, zodat de dichtheid van insecten in het perceel relatief laag is ten opzichte van het omliggende landschap. Daarbij kunnen insecten die later het bespoten perceel bezoeken ook nog gedood worden als het insecticide nog werkzaam is. Het bespoten perceel fungeert daardoor alleen als 'sink' en niet als 'source': het wordt een soort 'afvoerputje' in het landschap. Als dit bij meerdere percelen in het landschap gebeurt, kan het aantal insecten op landschapschaal afnemen. De ruimtelijke schaal van dit 'actie op afstand'-mechanisme wordt vooral bepaald door de dispersiecapaciteit van insecten en heeft niets te maken met de verspreiding van pesticiden. Deze dispersiecapaciteit varieert per soort en ligt in de orde

van grootte van enkele tientallen tot honderden meters voor kleine solitaire bijen, en één tot enkele kilometers voor predatoren, sluipwespen en grotere bijen (Gathmann & Tscharntke, 2002; Bianchi *et al.*, 2008). Gezien het correlatieve karakter van de studie kunnen we geen uitsluitstel geven over de relatieve bijdrage van verschillende mechanismen. Verder onderzoek is nodig om de gevonden relaties verder te bevestigen. We hebben geen eenduidig effect gevonden van de aanwezigheid van semi-natuurlijk habitat op de aantallen predatoren, sluipwespen en bestuivers. De waargenomen negatieve relatie tussen de hoeveelheid kruidrijk semi-natuurlijk habitat en aantallen sluipwespen zou kunnen duiden op de aggregatie van sluipwespen in semi-natuurlijk habitat, waardoor de aantallen waargenomen sluipwespen in akkerranden lager worden. Variabele effecten van semi-natuurlijk habitat op insectenpopulaties en plaagregulatie zijn eerder gemeld (Karp *et al.*, 2018). De effecten zijn soortspecifiek en kunnen bepaald worden door kenmerken van insectensoorten, zoals dispersiecapaciteit, behoefte aan voedselbronnen en overwinteringsplaatsen en de ecologische randvoorwaarden die geleverd worden door het landschap (Gonzalez *et al.*, 2021). Hoewel de negatieve effecten van insecticidegebruik op nuttige insecten goed zijn gedocumenteerd, wordt de relatie met het omliggende landschap niet volledig begrepen. Nader onderzoek is nodig, vooral om duidelijk te maken welke maatregelen het meest effectief zijn om neveneffecten van insecticiden te verminderen. In een parallel uitgevoerd experiment op dezelfde onderzoekslocaties, waarbij eipakketjes van kooluil (*Mamestra brassicae*) in de akkerranden werden geplaatst, werd 14% van de eitjes opgegeten en 6% van de eitjes geparasiteerd, maar we vonden

geen significante verbanden met insecticidegebruik of landschapsvariabelen (Bakker *et al.*, 2021a). Het parasiteringspercentage was lager dan in eerdere studies in Nederland (o.a. Bianchi *et al.* 2008) en daardoor kan het moeilijk zijn om significante effecten van insecticidegebruik en landschapscontext aan te tonen. De proefopstelling met spruitkoolplanten in potten op de grond kan mogelijk tot een onderschatting van de predatie geleid hebben, omdat de pot een barrière gevormd kan hebben voor predatoren die op de bodem foerageren en daarbij ook in planten klimmen. Mogelijk hebben ook de droge en warme omstandigheden van de zomers van 2017 en 2018 invloed gehad op de activiteit van predatoren en sluipwespen. Ook zullen niet alle predatoren en sluipwespen die we waargenomen hebben eieren van de kooluil als voedselbron of gastheer gebruiken. Op basis van onze gegevens kunnen we niet concluderen dat landschappen met veel semi-natuurlijk habitat de door insecticiden veroorzaakte effecten op natuurlijke plaagregulering kunnen compenseren.

Hoewel boeren zich over het algemeen goed bewust zijn van de mogelijke nadelige effecten van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, wegen zij de effecten van het gebruik van insecticiden op insectenpopulaties buiten de bespoten percelen over het algemeen niet mee. Meer bewustwording van dit mechanisme en de bijbehorende ruimtelijke effecten kan boeren verder aanmoedigen om milieuvriendelijke manieren van plaagbestrijding toe te passen en synthetische insecticiden alleen als laatste redmiddel te gebruiken en niet op profylactische basis, zoals bijvoorbeeld neonicotinoïde zaadbehandelingen. Het doorbreken van de afhankelijkheid van bestrijdingsmiddelen vereist echter een faciliterende beleidsomgeving, prikkels,

training en inspirerende voorbeelden (Bakker *et al.*, 2021b).

De identificatie van landschapsbrede effecten van insecticiden werpt een nieuw perspectief op het debat over de risico's en voordelen van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en ondersteunt de noodzaak van een landschappelijke benadering van de regulering van gewasbeschermingsmiddelen. De beoordeling van de ruimtelijke schaal waarop gewasbeschermingsmiddelen het milieu beïnvloeden vereist een systematische monitoring, publicatie van gegevens over het gebruik en metingen van middelen en hun afbraakproducten in de omgeving. In Nederland zijn boeren al verplicht om hun gegevens over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te registreren, maar deze informatie wordt als privé beschouwd en is dus niet openbaar, ondanks het publieke belang. Informatie over waar, wanneer en waarom gewasbeschermingsmiddelen zijn gebruikt, kan inzicht geven

Summary

Insecticides, landscape and biodiversity: Implications of insecticide use in the landscape on beneficial arthropods in field margins

Lieneke Bakker, Wopke van der Werf & Felix Bianchi

Insecticides, semi-natural habitat, arthropods, biodiversity, pest control

The impacts of local and landscape-wide insecticide use are still poorly understood, and it is unclear to what extent impacts of insecticides on beneficial arthropod populations are moderated by landscape composition. We assessed how the abundance of predators, parasitoids, and pollinators are influenced by local and landscape-wide insecticide use

in het besluitvormingsproces over gewasbescherming en bijdragen aan de ontwikkeling van regelgeving voor geïnformeerd en terughoudend gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. De maatschappij hecht veel waarde aan vergroening van de landbouw. Ook onder boeren neemt het milieubewustzijn en de wens om aan die vergroening bij te dragen toe. Het terugdringen van de afhankelijkheid van insecticiden kan bijdragen aan deze vergroening.

Deze publicatie maakt deel uit van het project 'Tipping the system: the difficult transition from chemical towards natural pest control in agriculture' van het onderzoeksprogramma Open programma 2015 ALW (projectnummer 824.15.022) dat is gefinancierd door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

across landscapes that span a range in proportion of semi-natural habitat. Abundances of beneficial arthropods in field margins, assessed by sweep-netting, were negatively associated with estimated quantity insecticide applied at the landscape scale. At the local scale, pollinator abundance was negatively associated with conventional management and with the frequency of insecticide applications in the adjacent field, while predator and parasitoid abundance did not show significant associations with local insecticide use indicators. We did not find support for the hypothesis that diverse landscapes with higher proportions of semi-natural habitats moderate negative impacts of insecticide use.

Literatuur

Bakker, L., W. van der Werf & F.J.J.A. Bianchi, 2022. Landscape-wide insecticide exposure influences beneficial arthropod abundance. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/1365-2664.14106

Bakker, L., W. van der Werf & F.J.J.A. Bianchi, 2021a. No significant effects of insecticide use indicators and landscape variables on biocontrol in field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 308: 107253. doi: 10.1016/j.agee.2020.107253

Bakker, L., J. Sok, W. van der Werf *et al.*, 2021b. Kicking the habit: what makes and breaks farmers' intentions to reduce pesticide use? *Ecological Economics* 180: 106868. doi: 10.1016/j.ecolecon.2020.106868

Bianchi, F.J.J.A., C.J.H. Booij & T. Tschardtke, 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, F. J. J. A., P.W. Goedhart & J.M. Baveco, 2008. Enhanced pest control in cabbage crops near forest in the Netherlands. *Landscape Ecology* 23: 595-602. doi: 10.1007/s10980-008-9219-6

Buijs, J. & M. Mantingh, 2022. Onderzoek verspreiding bestrijdingsmiddelen in Drenthe en omstreken. Rapport Vereniging Meten=Weten.

EC, 2020. Progress report on Directive 2009/128/EC. https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/national-action-plans_en (geraadpleegd 17 februari 2022).

Gathmann, A. & T. Tschardtke, 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757-764.

González, E., F.J.J.A. Bianchi, P.W. Eckerter *et al.*, 2021. Ecological requirements drive the variable responses of wheat pests and natural enemies to the landscape context. *Journal of Applied Ecology* 00: 1-13. doi: 10.1111/1365-2664.14062

Jong, F.M.W. de, G.R. de Snoo & J.C. van de Zande, 2008. Estimated nationwide effects of pesticide spray drift on terrestrial habitats in the Netherlands. *Journal of Environmental Management* 86 (4): 721-730. doi: 10.1016/j.jenvman.2006.12.031

Karp, D.S., R. Chaplin-Kramer, T.D. Meehan *et al.*, 2018. Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115: E7863-E7870. doi: 10.1073/pnas.1800042115

Klink, R. van, D.E. Bowler, K.B. Gongalsky *et al.*, 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science* 368 (6489): 417-420. doi: 10.1126/science.aax9931

PDOK, 2018. Ministerie van Economische Zaken, Basisregistratie Gewaspercelen. <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/basisregistratie-gewaspercelen-brp-geraadpleegd-1-november-2018>.

Statline, 2019. CBS: Gebruik gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/geraadpleegd-26-augustus-2019>.

Schulz, R., S. Bub, L.L. Petschick *et al.*, 2021. Applied pesticide toxicity shifts toward plants and invertebrates, even in GM crops. *Science* 372: 81-84. doi: 10.1126/science.abe1148

Spromberg, J. A., B.M. John & W.G. Landis, 1998. Metapopulation dynamics: Indirect effects and multiple distinct outcomes in ecological risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17 (8): 1640-1649. doi: 10.1002/etc.5620170828