

Ecoprofielen – naar een effectieve inzet van natuurlijke vijanden op kool

Notitie werkzaamheden 2021 - sluipwespen

Carla Grashof-Bokdam¹, Wim Ozinga¹

¹ Wageningen Environmental Research

The authors would like to acknowledge funding from the Wageningen University & Research 'Food Security and Valuing Water programme' (KB-35-007-002) and Circular and Climate Neutral' programme' (KB-34-007-010), which is supported by the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Security.

Wageningen Environmental Research
Wageningen, november 2022

Gereviewd door:
Dianne Sanders, onderzoeker (WENR)



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Inhoud

Samenvatting	4
Summary	5
1 Inleiding	6
2 Methode 10	
2.1 Stap 1: keuze plaagsoort	10
2.2 Stap 2: keuze groepen insecten als natuurlijke vijanden	10
2.3 Stap 3: informatie habitateisen verzamelen	12
3 Resultaten sluipwespen	14
3.1 Leefgebied	14
3.2 Dispersie	15
4 Vervolgonderzoek	16
5 Literatuur	17
Bijlage 1: Ecoprofiel sluipwespen	21
Bijlage 2: literatuurbronnen sluipwespen	22
Bijlage 3: Database bestuivers: sluipwespen op bloemplanten	28

Samenvatting

Natuurlijke plaagbestrijding wordt in dit onderzoek gedefinieerd als het principe waarbij plagen in de landbouw bestreden worden door organismen die van nature voorkomen in het landschap rondom het betreffende landbouwgewas. Daarmee zijn ze een mooi voorbeeld van 'nature-based solutions'. In de wetenschappelijke literatuur is aangetoond dat heterogeniteit van het agrarische landschap en de nabijheid van semi-natuurlijke landschapselementen bij kunnen dragen aan het voorkomen van natuurlijke vijanden en daarmee aan natuurlijke plaagbestrijding. Algemene richtlijnen voor inrichting van het landschap zijn echter moeilijk te geven doordat de interacties tussen organismen vaak complex zijn en per plaagsoort verschillen, plaagsoorten ook kunnen profiteren van landschapselementen, en maatregelen vooral in "lege" landschappen effect hebben. Daarnaast zijn de resultaten van wetenschappelijke studies lastig te vergelijken doordat ze zijn uitgevoerd in verschillende systemen, tijdschalen en ruimtelijke schalen en omdat beheerseffecten vaak niet meegenomen zijn. Maatwerk in landschapsinrichting en beheer voor specifieke gewassen of gewascombinaties en bijbehorende plagen is daarom belangrijk voor een effectieve en betrouwbare natuurlijke plaagbeheersing. Ecoprofielen van natuurlijke vijanden kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Elk ecoprofiel vertegenwoordigt een groep soorten natuurlijke vijanden, die vergelijkbare eisen stellen aan het leefgebied en met een vergelijkbare mobiliteit.

In dit onderzoek is een begin gemaakt met het opstellen van ecoprofielen voor natuurlijke vijanden van koolmot en koolwitje in kool. Het principe van ecoprofielen is eerder ingezet voor andere soortgroepen voor het ontwerp van robuuste verbindingen tussen natuurgebieden en recentelijk voor de inrichting van het landschap voor bestuivers. In dit onderzoek gaan we er van uit dat naarmate er meer soort(groep)en van natuurlijke vijanden aanwezig zijn in het landschap, de effectiviteit en betrouwbaarheid van natuurlijke plaagbestrijding hoger is. Daarbij zijn zowel specialistische als generalistische vijanden nodig die eitjes en rupsen bestrijden. Zij vullen elkaar aan in het spectrum van natuurlijke vijanden.

De methode (hfdst 2) bestaat uit drie stappen: keuze plaag, keuze groepen natuurlijke vijanden en informatie verzamelen. In hoofdstuk drie zijn deze stappen in eerste uitgewerkt voor sluipwespen, omdat dit specialistische vijanden zijn die specifiek koolmot en koolwitje parasiteren. Er is veel experimenteel onderzoek aan sluipwespen gedaan onder laboratorium-omstandigheden, maar over de landschapseisen en het gedrag in de natuur is nog relatief weinig bekend. Daarom is ook gebruik gemaakt van een database met gegevens over bloembezoek van bestuivers, waarin sporadisch ook informatie over andere insectengroepen opgenomen is zoals over sluipwespen. Hier is een lijst met bloemplanten uit naar voren gekomen waar relatief vaak sluipwespen op aangetroffen zijn. Deze informatie kan vertaald worden naar geschikte typen landschapselementen en naar geschikte beheertypen van deze elementen. Deze stap is echter in dit project nog niet uitgevoerd. Er zijn aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek (hfdst 4).

Summary

Natural pest control is the principle whereby pests in agricultural fields are controlled by wild organisms that occur in the landscape around the field. This is an example of 'nature-based solutions'. Scientific literature has shown that heterogeneity of the agricultural landscape and the proximity of semi-natural landscape elements can contribute to the occurrence of natural enemies and thus to natural pest control. However, general guidelines are difficult to define because the interactions between organisms are often complex and differ per pest species. Moreover, pest species can also benefit from landscape elements and measures are mainly effective in relatively "empty" landscapes. In addition, the results of scientific studies are difficult to compare because they are carried out in different systems, time scales and spatial scales. Besides that, effects of management on natural pest control are often not included in scientific studies. Tailor-made landscape design and management for specific crops or crop combinations and their pests is therefore important to make natural pest regulation effective and more reliable. Here, ecoprofiles of natural enemies can play an important role. Each ecoprofile represents a group of natural enemies with similar habitat requirements and mobility.

In this study, we start with the development of ecoprofiles for natural enemies of *Plutella xylostella* and *Pieris rapae* in cabbage. The principle of ecoprofiling has been used before for the design of robust connections between nature areas and recently for the design of landscapes for pollinators. In the current study, we assume that the more species (groups) of pest control agents are present in the landscape, the higher the effectiveness and reliability of natural pest control. Both specialist and generalist enemies are needed to control eggs and caterpillars.

The method (chapter 2) consists of three steps: choice of pest, choice of groups of natural enemies and gathering of information. This has been elaborated for parasitic wasps because these are specialist enemies of cabbage moth and/or cabbage white (chapter 3). Much experimental research on parasitic wasps has been done under laboratory conditions, but relatively little is known about the landscape requirements and behaviour in natural conditions. Therefore, a database with data on flower visits of pollinators was also used, which occasionally includes information on other insect groups such as parasitic wasps. This has resulted in a list of flower plants on which parasitic wasps have been found relatively often. This information can be translated to suitable types of landscape elements and to suitable management types of these elements. Finally, recommendations are made for follow-up research (Chapter 4).

1 Inleiding

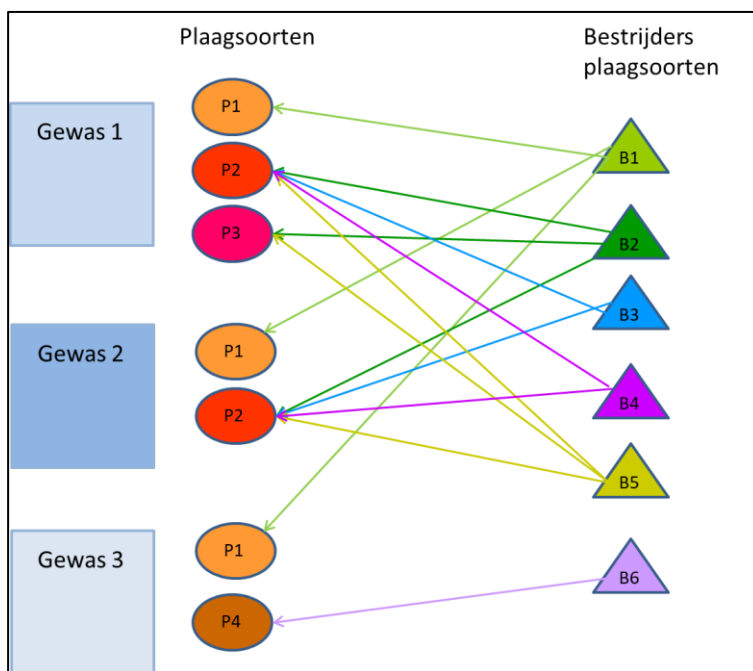
Natuurlijke plaagbestrijding is in dit onderzoek gedefinieerd als het principe waarbij plagen in de landbouw bestreden worden door organismen die van nature voorkomen in het landschap rondom het betreffende landbouwgewas. Natuurlijke plaagbestrijding gaat verder dan Integrated Pest Management (IPM), dat gebaseerd is op een combinatie van preventie, monitoring, chemische en biologische plaagbestrijding (Bazman et al. 2015). In IPM wordt nog steeds gewerkt met gewasbeschermingsmiddelen, zei het in veel mindere mate dan bij gangbare teelt. Deze middelen vormen een bedreiging voor inheemse natuurlijke vijanden die in het landschap van nature voorkomen en de basis vormen voor natuurlijke plaagbestrijding. Natuurlijke plaagbestrijding gaat ook verder dan biologische plaagbestrijding. Bij biologische plaagbestrijding worden "natuurlijke" vijanden ingezet. Deze vijanden worden echter meestal commercieel gekweekt en uitgezet op het perceel. Het gaat hierbij vaak niet om inheemse soorten. Uitgezette vijanden kunnen populaties van natuurlijke vijanden en dus de werking van natuurlijke plaagbestrijding verstoren en zich als invasieve extoot gaan gedragen (Raak-van den Berg 2017), ondanks risico analyses vooraf.

In de wetenschappelijke literatuur is aangetoond dat heterogeniteit van het agrarische landschap en de nabijheid van semi-natuurlijke landschapselementen bij kunnen dragen aan de aanwezigheid van natuurlijke vijanden en daarmee aan natuurlijke plaagbestrijding (Harrison et al. 2014, Holland et al. 2017, Tschantke et al. 2012, van Rijn et al. 2008, Steingröver 2010). (Meerjarig) soortenrijk grasland, bloemrijke bermen en/of opgaande begroeiing kunnen voedsel bieden zoals alternatieve prooien of nectar/stuifmeel, maar ook schuil- en overwinteringshabitat (Bartual et al. 2019, Cohen & Cowder 2017, Albrecht 2020). Er zijn echter ook diverse studies die geen positief effect van heterogeniteit of nabijheid van natuurlijke elementen op natuurlijke vijanden of plaagregulatie gevonden hebben (Karp et al. 2018). Deze variatie in resultaten komt waarschijnlijk (deels) omdat het succes van natuurlijke plaagregulatie afhangt van de context waarin dit principe wordt toegepast (Grab et al. 2018) zodat onderlinge vergelijking van de resultaten lastig is. Daarbij spelen de volgende complicerende factoren:

- Ten eerste kunnen landschapselementen ook de aanwezigheid van plaagdieren bevorderen (Haro-Barchin et al. 2018), bijvoorbeeld doordat deze elementen ook alternatieve voedselplanten en schuilplaatsen kunnen bieden voor plaagdieren. In sommige gevallen profiteren de plaagdieren meer dan hun natuurlijke vijanden.
- Ten tweede heeft het toevoegen van landschapselementen vooral effect in relatief 'lege' landschappen, waar nog weinig landschapselementen aanwezig zijn (Cohen & Crowder 2017) en als een type landschapselement toegevoegd wordt dat nog grotendeels ontbreekt (Bretagnolle et al. 2019).
- Ten derde maakt het uit op welk schaalniveau wordt gekeken. Zo zijn vogels mobieler dan vliegende insecten en deze zijn weer mobieler dan grondgebonden insecten (Bianchi et al. 2005, Long et al. 1998). Daardoor is het nodig dat boeren op gebiedsniveau gezamenlijk landschapselementen toepassen om effectief te kunnen zijn (Grashof-Bokdam et al. 2016).
- Ten vierde maakt het uit in welke tijdsperiode wordt gekeken. In de zomer kunnen ingezaaide bloemenranden nectar bieden, maar in het vroege voorjaar zijn natuurlijke vijanden vaak afhankelijk van bloeiende bomen en struiken (van Rijn, 2014). Voor een veerkrachtig ecosysteem op de langere termijn is wellicht nog een hogere soortenrijkdom nodig dan op basis van kortlopende studies blijkt. Dat kan betekenen dat op de langere termijn langlevende en oude landschapselementen en een nog hogere landschapsheterogeniteit een nog grotere rol spelen (Vos et al. 2014, Harvey et al. 2020).
- Als laatste is uiteraard ook het beheer van landschapselementen van cruciaal belang. Denk daarbij aan het verminderen of achterwege laten van bodembewerking of -belasting, bemesting, begrazing/maaien en gewasbescherming (Stoate et al. 2009).

Mede vanwege deze complexiteit is de huidige kennis niet voldoende om voor een specifiek gewas of bouwplan aan te geven in hoeverre akkers qua natuurlijke plaagregulatie voldoende bediend worden door het omliggende landschap. Om toch wat meer houvast te bieden kan het helpen om het concept van 'ecoprofielen' uit te werken voor de natuurlijke vijanden van het specifieke gewas of bouwplan. Hierdoor zou er meer maatwerk per gewas mogelijk zijn. Een ecoprofiel is een beschrijving van de eisen die een groep soorten stelt aan het landschap, waarbij die groep het landschap op een enigszins vergelijkbare manier gebruikt. Het gaat daarbij om de volgende aspecten: type leefgebied (habitat), dispesiecapaciteit (mogelijkheid om te bewegen tussen leefgebieden), oppervlakte leefgebied, seizoenen waarin soorten actief zijn en benodigd beheer. Door een scala van soorten in te delen in een beperkt aantal ecoprofielen met overeenkomstige eisen aan het landschap wordt het eenvoudiger om maatregelen in het landschap te vertalen in de mate van natuurlijke plaagbeheersing.





Bij het opstellen van ecoprofielen voor natuurlijke plaagbestrijding wordt voor een specifiek gewas of bouwplan gekeken wat de belangrijkste plaagsoorten zijn. Voor deze plaagsoorten worden mogelijke natuurlijke vijanden en hun eisen aan het landschap in kaart gebracht. Naarmate het landschap voldoet aan de eisen van meer verschillende soorten natuurlijke vijanden zal de effectiviteit en de betrouwbaarheid van het systeem van natuurlijke plaagbestrijding hoger zijn (figuur 1). Dan zijn er voor meer plaagsoorten natuurlijke vijanden aanwezig zijn en kan een specifieke plaagsoort door meer natuurlijke vijanden bestreden worden. Dit komt niet alleen de effectiviteit ten goede, maar ook de betrouwbaarheid, aangezien natuurlijke vijanden verschillen in omstandigheden of perioden waarin ze effectief zijn (Vos et al. 2014).



Figuur 1.1: Het principe van natuurlijke plaagbestrijding in een gevarieerd landschap. Naarmate meer soorten natuurlijke vijanden aanwezig zijn in het landschap, worden meer plaagsoorten bestreden en worden plaagsoorten door meer soorten bestrijders bestreden. Hierdoor wordt de effectiviteit en betrouwbaarheid van natuurlijke plaagbestrijding hoger.

Bij het opstellen van ecoprofielen is het belangrijk om voor de belangrijkste soorten natuurlijke vijanden te weten wat hun eisen (voortplanten/schillen/overwinteren, voedsel, verbinding) aan het landschap zijn. Als deze eisen grotendeels overeenkomen, dan kunnen ze tot hetzelfde ecoprofiel gerekend worden. Met een bepaalde inrichting van het landschap kunnen alle soorten van het ecoprofiel dan in principe voorkomen. Soorten met andere inrichtingseisen komen in een ander ecoprofiel terecht. Voor deze soorten zullen dan vaak aanvullende maatregelen genomen moeten worden in het landschap (zie figuur

1.2). Als het landschap voldoet aan de voorwaarden van alle ecoprofielen, dan zal de effectiviteit en betrouwbaarheid van de natuurlijke plaagbestrijding het hoogst zijn.

Ecoprofiel	Eigenschappen	Landschap
1	schuilen/overwinteren in opgaande begroeiing en gras Nectar afhankelijk vliegen grotere afstand tussen leefgebied	
2	schuilen/overwinteren in nat en droog grasland Niet nectar afhankelijk lopen kleine afstanden tussen leefgebied	
3	schuilen/overwinteren in nat en droog grasland nectar alleen bij afwezigheid prooi vliegen grotere afstand tussen leefgebied	
1+2+3	voor schuilen/overwinteren is zowel opgaande begroeiing, nat en droog grasland nodig nectar nodig doorgaande verbinding nodig	

Figuur 1.2: *Het principe van ecoprofielen bij natuurlijke plaagregulatie: elk ecoprofiel vertegenwoordigd een groep soorten natuurlijke vijanden met vergelijkbare eisen aan het leefgebied en vergelijkbare mobiliteit. In een landschap dat voldoet aan de eisen van alle ecoprofielen zal de natuurlijke plaagbestrijding het meest effectief en betrouwbaar zijn.*

In eerste instantie is het principe van ecoprofielen ontwikkeld voor de inrichting van robuuste verbindingen voor doelsoorten in het landschap (Alterra, 2001). Hierbij werd een groep dier- of plantensoorten gerepresenteerd door één of enkele gidssoort(en). Later is dit principe ook toegepast voor bestuivers in Zuid-Holland, waarbij het principe van *bed and breakfast* is ontwikkeld, waarbij *bed* staat voor voortplantingshabitat en *breakfast* voor voedselhabitat (van Rooij 2020).

Voor natuurlijke plaagbestrijding hebben we beide principes gecombineerd. Hierbij is voor specifieke plaagsoorten op een specifiek gewas, in dit geval voor koolwitje en koolmot op kool, informatie verzameld over de habitat- en landschapseisen van de belangrijkste groepen insecten die natuurlijke vijanden zijn van deze plaagsoorten. Een groep natuurlijke vijanden wordt gerepresenteerd door één of enkele gidssoort(en). Als het omliggende landschap van een akker met kool voldoet aan de habitateisen van deze gidssoorten, dan nemen we aan dat andere groepsleden ook kunnen voorkomen in het landschap. We nemen aan dat naarmate meer groepen natuurlijke vijanden kunnen voorkomen in het landschap op een voldoende groot schaalniveau, de natuurlijke plaagbestrijding effectiever wordt. De toepasbaarheid is gericht op Nederland. De aanpak volgt de logica zoals die gebruikt worden voor de landelijke indeling van bestuivers in ecoprofielen, waarbij bouwstenen worden gebruikt die bestaan uit laagblijvende grazige vegetatie (gras/kruiden), opgaande begroeiing (struiken en bomen) of een combinatie daarvan en die nat en/of droog kan zijn. Deze bouwstenen moeten voortplantingshabitat en

voedselhabitat bevatten en moeten in een bepaalde ruimtelijke samenhang in het landschap voorkomen (Ozinga et al. 2022).

In deze notitie is een eerste verkenning gedaan naar het ontwikkelen van ecoprofielen voor insecten die natuurlijke vijanden zijn van koolmot en van koolwitje op kool. Een verdere onderbouwing en uitwerking van vervolg onderzoek is wenselijk, waarbij aansluiting gezocht moet worden met andere experimenten en projecten rond dit onderwerp. In dit rapport ligt de focus op insecten die natuurlijke vijanden zijn en meer specifiek op sluipwespen (specialisten). We hebben niet gekeken in hoeverre ecoprofielen in een bepaald gewas of bouwplan vertaalbaar is naar een ander gewas of bouwplan. Hiervoor zouden verschillende gewassen of bouwplannen moeten worden bestudeerd. Ook zijn generalisten nog niet behandeld. In het algemeen verwachten we dat de eisen van generalisten (natuurlijke vijanden die vele soorten prooien eten) beter vertaalbaar zijn naar andere gewassen dan de eisen van specialisten (natuurlijke vijanden die specifieke prooien aanvallen zoals sluipwespen). Dit rapport is een verslag van de werkzaamheden in 2021 en een voorstel voor vervolgonderzoek.

2 Methode

Voor de landelijke indeling van bestuivers in ecoprofielen is ervoor gekozen om voor een breed scala aan bestuivers (wilde bijen en zweefvliegen) een clusteranalyse uit te voeren. Bij zo'n analyse worden van de eisen van soorten ten aanzien van hun leefgebied (op basis van een scala aan eigenschappen) groepen met vergelijkbare habitateisen gevormd (Ozinga et al. 2022). Dezelfde aanpak hier zou inhouden dat je (voor kool) deze analyse uitvoert voor een specifieke plaag of een brede groep plagen en de bijbehorende natuurlijke vijanden. Zo'n omvangrijke analyse was niet mogelijk binnen het tijdsbestek en budget van dit project en we verwachten dat daarvoor de beschikbare kennis ook nog niet voorhanden is. Wel is het mogelijk om voor de groep van sluipwespen te kijken welke habitat-informatie nodig is om een goed ecoprofiel te ontwikkelen, wat de belangrijkste kennishiaten zijn en hoe je die het beste op kan lossen.

Informatie over habitateisen van natuurlijke vijanden hebben we uit bestaande literatuur gehaald. Daarbij is het landschapstype belangrijk: de voorkomende soorten en hun gedrag kan in open landschappen op klei bijvoorbeeld afwijken van die in een besloten landschap op zand. Omdat literatuur schaars is hebben we literatuur van verschillende regio's binnen en buiten Nederland gebruikt, wel met zoveel mogelijk focus op Europa. Daarnaast is op 28 juni 2021 een expert bijeenkomst gehouden met Arjen de Groot, Erik Poelman, Gerben Messelink en Felix Bianchi om de opzet van de ecoprofielen te bespreken en mogelijke literatuur - en databronnen te bespreken. Deze publicatie is naast deze literatuurbronnen ook gebaseerd op een dataset die verzameld is ten behoeve van bestuivers.

Daarbij zijn de volgende stappen gevolgd:

- 1) Keuze van plaagsoort op kool
- 2) Keuze belangrijkste groepen natuurlijke vijanden;
- 3) Informatie verzamelen over habitateisen en gedrag van sluipwespen.

2.1 Stap 1: keuze plaagsoort

We richten ons op koolmot (*Plutella xylostella*) en koolwitje (*Pieris rapae/Pieris brassicae*) als plagen op kool. In de KB projecten 'Food Security and Valuing Water programme' (KB-35-007-002) and Circular and Climate Neutral' programme' (KB-34-007-010), waar dit onderzoek deel van uitmaakt, wordt gewerkt aan lab experimenten met koolmot en een natuurlijke vijand van koolmot, de sluipwesp *Cotesia*. Hierbij wordt onderzocht hoe koolrassen verschillen in hun aantrekkingskracht op *Cotesia* (Caarls et al. 2021). Van dit systeem is redelijk veel literatuur aanwezig. Koolwitje is echter qua schade belangrijker in Nederland, vandaar dat we ons op beide plaagsoorten richten.

2.2 Stap 2: keuze groepen insecten als natuurlijke vijanden

Belangrijke specialistische bestrijders van rupsen van koolmot/koolwitje zijn sluipwespen en roofwantsen (van Wingerden 2004), deze worden ook ingezet in de tuinbouw. Daarnaast zijn in de natuur ook generalisten zoals loopkevers, kortschildkevers, oorwormen, gaasvliegen, spinnen en vogels zoals mussen, vinken en veldleeuwerik natuurlijke vijanden (Melman & v.d. Heide 2011 app 5.1, dier-en-natuur.info, www.plantenplagen.nl, Alebeek 2006). Generalisten die belangrijk zijn in de bestrijding

van koolmot/witje/uil zijn gaasvliegen, kortschildkevers, loopkevers en roofwantsen die effectief zijn (www.inagro.be). In dit onderzoek beperken we ons tot specialisten, namelijk sluipwespen insecten.

In het ecoprofiel kool zijn natuurlijke vijanden ingedeeld als matrix van enerzijds generalist-specialist en anderzijds ei-rups predatoren. Vanwege beperking in tijd en budget hebben we de focus van dit onderzoek gelegd op sluipwespen, omdat de soorten uit deze grote groep een specialistische relatie hebben tot hun prooi-soort en daardoor lastiger te vertalen zijn naar andere plagen en gewassen. Een tweede reden is in 2.1 genoemde relatie van dit project met het onderzoek van Caarls et al. (2021). We hebben ons vooral gericht op *Cotesia vestalis* en *Diadegma semiclausum* die parasiteren op koolwitje (*Pieris rapae*) en koolmot (*Plutella xylostella*). Beide parasiteren het rups stadium van plaagsoorten. *Cotesia* wordt gebruik in het onderzoek van Caarls et al. (2021) en internationaal is er meer bekend over *Diadegma*. Sluipwespen behoren tot de zeer omvangrijke orde van *Hymenoptera*, waartoe ook bijen behoren. Het geslacht *Cotesia* hoort tot de schildwespen (*Braconidae*), verwant aan gewone sluipwespen (*Ichneumonidae*), waar *Diadegma* toe behoort.

NATUURLIJKE BESTRIJDERS
van bladluizen, witte vlieg, koolmot, kooluit, koolvlieg en koolwitjes

	Bladluizen	Witte vlieg	Koolmot	Kooluit	Koolvlieg	Koolwitjes
Gaasvliegen p. 10-11	●●	●	●	●		●
Kortschildkevers ... p. 12-13	●	●	●	●	●	●
Lievenheersbeestjes . p. 14-17	●●					
Loopkevers p. 18-21	●	●	●	●	●	●
Oorwormen p. 22-23	●					
Rovende wantsen . p. 24-25	●	●●	●	●		●
Sluipwespen p. 26-29	●●	●●	●●	●●	●	●●
Zweefvliegen p. 30-33	●●					
Spinnen p. 34-37	●	●			●	
Rovende mijten p. 38	●					

●● zeer geschikt
● matig geschikt

9

Figuur 2.1: De belangrijkste plagen in kool en de bijbehorende groepen natuurlijke vijanden © inagro.be

ecoprofiel koolmot / koolwitje	ei	rups
specialist: sluipwesp	1 sluipwespen (<i>Trichogramma</i> , <i>Telonomus</i>)	2 sluipwespen (<i>Diadegma</i> <i>semiclausum</i> , <i>Cotesia</i> <i>vestalis</i>)
generalist:	3 roofwantsen (Orius), gaasvliegen	4 loopkevers, kortschildkevers, spinnen, oorwormen, gaasvliegen

Figuur 2.1: Schema van potentiële ecoprofielen op kool voor koolmot en/of koolwitje, ingedeeld in stadium van de plaag (ei of rups) en type insect als natuurlijke vijand (specialist of generalist).

2.3 Stap 3: informatie habitateisen verzamelen

Over de volgende aspecten van het leefgebied van de geselecteerde groepen natuurlijke vijanden is informatie verzameld:

1. Leefgebied

- Wat is het type leefgebied: bestaat dat uit grazige of opgaande vegetatie, moet het nat of droog zijn, moet het meerjarig zijn of niet? Zijn er eisen aan de minimale afmeting van leefgebied om een populatie te kunnen herbergen of om aan een bepaalde kwaliteit te voldoen?
- Wat zijn de eisen van adulten om te kunnen schuilen door het seizoen heen en om te kunnen overwinteren?
- Wat zijn de eisen ten aanzien van voedsel (nectar)? Heeft de soort in het volwassen stadium (ook) nectar en/of stuifmeel nodig? Wat zijn te overbruggen afstanden tijdens het foerageren op nectar?
- Wat heeft de soort nodig voor de voortplanting, d.w.z. als prooi? Leven eitjes en/of rupsen alleen van de betreffende plaag (specialist) of heeft hij ook andere prooien (generalist) en/of waardplanten? Wat zijn te overbruggen afstanden tussen waardplanten onderling en tussen waardplant en leefgebied?
- Is een soort in bepaalde seizoenen actief? Daarmee kan aangegeven worden of de activiteit van soorten overeenkomt met de groeiperiode van een bepaald (kool)gewas.
- Zijn er eisen ten aanzien van gewenst beheer bekend dat nodig is om aan bovenstaande eisen van natuurlijke vijanden te kunnen voldoen?

2. Dispersie

- Voor een duurzame populatie moet leefgebied een netwerk vormen. Wat is de maximaal overbrugbare afstand tussen leefgebieden (dispersieafstand)? Is er een verbinding nodig van leefgebied en/of verbindende elementen (en moeten die nectar bieden)? Wat is de maximale gatgrootte in zo'n verbinding?
- Wat is het minimale percentage leefgebied waaruit het netwerk van leefgebied en verbindend landschap zou moeten bestaan voor een duurzame populatie?

Deze informatie is in eerste instantie via literatuur verzameld voor sluipwespen met bijzondere aandacht voor *Cotesia* en *Diadegma*. Daarbij is literatuur gebruikt die al voorhanden was uit andere projecten of van collega's (ook niet wetenschappelijke literatuur), aangevuld met een literatuur zoekactie in google scholar. De resulterende ecoprofiel beschrijving sluipwespen is weergegeven in bijlage 1. De gebruikte literatuurbronnen zijn weergegeven in bijlage 2.

Daarnaast wordt voor het KB project 'Functionele Biodiversiteit' (Ozinga et al. 2022) een database aangelegd op basis van ruim 200 bronnen met gegevens over bloembezoek van bestuivers (met name bijen en zweefvliegen) waarin als 'bijvangst' sporadisch ook informatie over andere insectengroepen meegenomen is, zoals over sluipwespen. Hier is een lijst met bloemplanten uit naar voren gekomen waar sluipwespen relatief vaak op aangetroffen zijn (bijlage 3). In veel gevallen zijn de sluipwespen echter niet tot op soort gedetermineerd omdat het op naam brengen van sluipwespen specialistenwerk is. Schermbloemigen (*Apiaceae*) en Composieten (*Asteraceae*) zijn in deze database hier het meest vertegenwoordigd. Deze hebben ondiepe bloemen waarin de nectar gemakkelijk bereikbaar is. Andere geschikte plantensoorten hebben vaak extraflorale nectar, d.w.z. nectar in honingklieren die niet onder in de bloem zitten, maar op bladeren of bladstelen. Dan zijn de bloemen ook geschikt om natuurlijke plaagbestijders aan te trekken, het helpt de bloem echter niet bij de voortplanting. De lijst met bezochte bloemen kan op basis van de habitatvoorkeur van de planten vertaald worden naar geschikte typen landschapselementen en naar geschikte beheertypen van deze elementen. Dat is in dit project echter nog niet gebeurd.

3 Resultaten sluipwespen

In bijlage 1 is het ecoprofiel van sluipwespen weergegeven. De gebruikte informatiebronnen over sluipwespen staat in bijlage 2. De bevindingen uit de geraadpleegde database bestruivers staan in bijlage 3. Hieronder volgt een beschrijving van het ecoprofiel.

3.1 Leefgebied

Type leefgebied

Bermen en slootkanten, bosranden en houtwallen maken onderdeel uit van het leefgebied van veel soorten sluipwespen (Bianchi et al. 2008, Vosman et al. 2007, Holland et al. 2016). Het eindrapport Hoekse Waard (van Rijn 2018) pleit voor eenjarige akkerranden (bloemstroken) omdat die bloemrijker zijn dan meerjarige randen, maar meerjarige akkerranden dragen ook bij aan de kwaliteit van het leefgebied (van Rijn & Wackers 2007). Dit pleit voor een combinatie van bloemrijke eenjarige randen voor het leveren van nectar en meerjarige gras/kruidenranden evenals bomen/struiken (bijlage 1). De effecten van bloemstroken zijn echter complex en contextafhankelijk (o.a. afhankelijk van leeftijd, soortensamenstelling en omgeving). Zo vond Winkler (2005) geen bewijs van positieve effecten van bloemstroken op *Diadegma*. Voor sluipwespen is het positieve effect van opgaande begroeiing niet eenduidig in de literatuur (Aartsma et al. 2018).

Overwinteren en schuilen

Er is nauwelijks informatie bekend over hoe sluipwespen overwinteren en welke eisen ze daarbij stellen aan hun leefgebied. Van Wingerden (2004) en Holland (2016) spreken van overwintering op alternatieve waardplanten of resten daarvan of in strooisel. Barttual (2019) spreekt in het algemeen van houtige, lijnvormige elementen (en bosranden) als schuilplaatsen en winterhabitat. Dat bevestigt het belang van het toevoegen van bomen en struiken bij het type leefgebied in de vorige paragraaf. Geiger et al. (2005) en Van Wingerden et al. (2004) geven echter aan dat sluipwespen overwinteren in het gewas. Wackers et al. (2005) melden dat sluipwespen het gewas soms moeten verlaten om te overwinteren in een gastheer die overwintert in een geschikt stadium. Het vereist verder onderzoek om vast te stellen waar deze gastheren overwinteren dus we voegen nu geen nieuwe eisen toe aan het type habitat.

Voedsel (nectar) en fourageer afstand

Wackers et al. (2005) en Geertsema (2004) vermelden dat sluipwespen ongeveer elke 2 dagen een suiker maaltijd nodig hebben, anders overlijden ze, maar dit verschilt waarschijnlijk per soort (van Rijn & Wackers 2007). Met de beschikbaarheid van nectar in het groeiseizoen kunnen sluipwespen 1- 2 maanden overleven (Geertsema 2004). Uit de literatuur maar ook uit de geraadpleegde database (bijlage 2 en 3) blijkt dat als het om nectar gaat, sluipwespen generalisten zijn. Ze kunnen nectar verzamelen uit een scala van ondiepe bloemen (composieten met ondiepe buisbloemen of schermbloemigen) of bloemen met extraflorale nectar omdat sluipwespen korte monddelen hebben (Geertsema 2004, Winderden 2004, van Rijn & Wackers 2007, Winkler 2005, Scheele & van Gorp (2007). Bloemen voor vlinders zoals havikskruid, beemdtkroon, paarse dovenetel en kruisbloemigen moeten volgens Scheele & van Gorp (2007) vermeden worden omdat deze de plaagsoort aantrekken. De in de literatuur genoemde nectarplanten zijn toegevoegd aan bijlage 3.

Informatie over foerageerstanden tussen kool/rupsen en nectarplanten is mager en nogal divers Bianchi et al. (2009) 60-100 m, van Rijn & Wackers (2007) maximaal 100 meter, Vosman en Faber

(2011) maximaal 50 m, Geertsema et al. (2004) 10-30 m, Lavandero et al. (2005) maximaal 80 meter, Winkler (2005) 55 m peruur, 400 m. in totaal, 80 m. in 4 dagen. In het ecoprofiel is 50-100 m. aangehouden.

Voortplanten (prooi in gewas en op alternatieve waardplanten)

Aartsma et al. (2018) vond een positief effect van de aanwezigheid van alternatieve koolachtigen op de parasitering van koolwitje tot 300 m. van het getoetste gewas. Voorbeelden van wilde koolachtigen zijn *Brassica nigra*, *Brassica rapa*, *Alliaria petiolata*, *Raphanus spp.*, *Capsella bursa-pastoris* and *Sinapis spp.* Ogaande begroeiing kan alternatieve waardplanten leveren (Bartual et al. 2019). Alternatieve waardplanten leveren (andere) prooien en/of prooi in tijden dat er geen gewas op het land staat. Ze kunnen echter ook een bron van plagen zijn. We hebben Brassicaceae in het algemeen genoemd in het ecoprofiel als alternatieve waardplanten.

Seizoenen

Over dit thema is ook nauwelijks informatie gevonden. Van Wingerden et al. (2004) vermeldt dat *Diadegma* pas later in het (groei)seizoen actief wordt. Geertsema et al (2004) vermeldt dat sluipwespen in het algemeen 3 tot 5 generaties per jaar hebben door het seizoen heen.

Beheer

Hier zijn geen concrete aanbevelingen voor gevonden in de verzamelde literatuur. In verband met overwintering in strooisel kan het beter zijn om de grond niet te bewerken in de winter. In het algemeen moet beheer gericht zijn op bloemrijkheid en het in stand houden of herstellen van overgangen van gras naar bosvegetaties (zoomvegetaties).

3.2 Dispersie

Dispersieafstand en gatgrootte tussen leefgebieden

Kennis over dispersieafstanden is niet gevonden. Sluipwespen kunnen wellicht vrij grote afstanden afleggen (Winderden et al. 2004), maar dit is erg lastig te kwantificeren.. Op dit moment is de dispersieafstand ingeschat op basis van de afstanden waarop effecten van landschap op het voorkomen van natuurlijke vijanden of mate van parasitering is gevonden. Hierbij moet bedacht worden dat er tussen dispersie en afstand geen lineaire maar een exponentiele relatie is (Bianchi et al. 2009). Het gros van de insecten haalt niet de maximale dispersie afstand. Ook kan het schaalniveau waarop studies uitgevoerd zijn beperkend zijn. Een alternatief is om net als bij bestuivers voorlopig af te gaan op fourageerafstand als indicator voor dispersieafstand. Volgens van Alebeek & Clevering (2005) zijn vliegende predatoren niet afhankelijk van connectiviteit van (winter) habitat. Daarom zou er geen doorgaande verbinding nodig zijn.

% Leefgebied binnen netwerk

Dit geeft aan hoe groot of dicht het netwerk van leefgebied en verbindende elementen in een landschap moet zijn. Ook over dit onderwerp is nauwelijks informatie voorhanden, wel hoe groot het netwerk moet zijn. De meeste bronnen hanteren een netwerk van < 1 km (van Alebeek & Clevering 2005, Bianchi et al. 2008, Baveco & Bianchi 2007, Aartsma et al. 2018, Vosman et al. 2007).

4 Vervolgonderzoek

Dit onderzoek was een eerste verkenning naar het ontwikkelen van ecoprofielen voor insecten als natuurlijke vijanden van koolmot en van koolwitje op kool. Een verdere onderbouwing en uitwerking vervolg onderzoek is wenselijk, zeker gezien de complexiteit van de processen op landschapsschaal, waarbij aansluiting gezocht moet worden met andere experimenten en projecten rond dit onderwerp. We doen hierbij enkele suggesties voor vervolgonderzoek:

- Door de focus op sluipwespen is er nog weinig tijd overgebleven om aan ecoprofielen van generalisten te werken. Omdat de verzamelde informatie over generalisten op kool nog verre van compleet is, is dit onderdeel niet opgenomen in deze notitie.
- In de gebruikte dataset van bestuivers is wellicht meer gedetailleerde informatie over sluipwespen voorhanden, bijvoorbeeld van welke specifieke soorten sluipwespen informatie over bloembezoek is gebruikt. Een functionele analyse kan uitgevoerd worden om de gevonden soorten te extrapoleren naar andere wilde soorten en naar landschapselementen. Ook kan een analyse gedaan worden van cultuurgewassen in FAB mengsels om deze te kunnen extrapoleren naar wilde soorten. Wellicht kan de Landelijke Vegetatiedatabank of de Synbiosis databank hier uitkomst bieden. Ook de suikercompositie van bezochte bloemen is belangrijk, maar valt buiten de scope van dit onderzoek.
- Het is wellicht mogelijk om de verzamelde informatie uit literatuurbronnen over insecten als natuurlijke vijand uit te breiden met data uit lopend onderzoek of een vervolgproject onderdeel te maken van aanpalend onderzoek aan dit onderwerp. Zo is er een project rond de effecten van strokenteelt op insecten, waaronder natuurlijke vijanden, gaande. Er zijn ook rupsen van *Pieris* uitgezet in Lelystad en Wageningen waarmee de parasitering door *Cotesia* gevolgd kan worden (rupsen van *Plutella* zijn te mobiel). Er worden in meerdere projecten lijsten verzameld van geschikte bloemplanten voor natuurlijke vijanden, maar nu is niet duidelijk op welke kennis deze lijsten zijn gebaseerd.
- Als integraal onderdeel van lopend of toekomstig veldonderzoek zouden aanvullende waarnemingen gedaan worden aan natuurlijke vijanden op bloemplanten in omringend landschap. Dat zou informatie kunnen opleveren over:
 - in welke landschapselementen en op welke (wilde) bloemen worden natuurlijke vijanden daawerkelijk aangetroffen?
 - leidt een beter aanbod van landschapselementen en bloemen tot hogere parasitering in het nabijgelegen gewas en tot op welke afstand?Dit type onderzoek is welliswaar correlatief, maar experimenten die meer causale verbanden kunnen aantonen tussen insecten en habitatkarakteristieken zijn erg arbeidsintensief.
- Voortzetting van onderzoek kan de ecoprofielen nog verder onderbouwen en kan de basis vormen voor een artikel in een vaktijdschrift, mogelijk gecombineerd met de uitkomsten van het aanpalend laboratorium onderzoek naar de rol van volatales in kool bij het aantrekken van natuurlijke vijanden.

5 Literatuur

- Aartsma, Y., 2018. Herbivore-induced plant volatiles and tritrophic interactions: from local to landscape scale. PhD thesis Wageningen University.
- Alebeek, F. van 2006. Instrumentenkaart natuurlijke vijanden. Praktijkonderzoek Plan en Omgeving, CLM en LBI.
- Alebeek, F.A.N & Clevering O.A., 2005. Gebiedsplan FAB Hoeksche Waard. Naar een aantrekkelijk platteland met een natuurlijke omgeving als probleemoplosser voor het agrarisch bedrijf. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Alterra, 2001. Handboek Robuuste Verbindingen; ecologische randvoorwaarden. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Bartual, A.M., Sutter, L., Bocci, G., Moonen, A-C, Cresswell, J., Entling, M, Giffard, B., Jacot, K., Jeanneret, P., Holland, J., Pfister, S., Pintér, O., Veromann, E., Winkler, K., Albrecht, M., 2019. The potential of different semi-natural habitats to sustain pollinators and natural enemies in European agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 279: 433-52.
- Baveco, H. & F. Bianchi 2007. Plaagonderdrukkende landschappen vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden. *Entomologische Berichten* 67 (6): 213-217.
- Bazman, M., Bàrberi, P., Birch, A.M.E. et al. 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1199 – 1215.
- Bianchi, F.J.J.A., Goedhart, P.W., Baveco, J.M., 2008. Enhanced pest control in cabbage crops near forest in the Netherlands. *Landscape Ecology* 23: 595-602
- Bianchi, F.J.J.A., Schelhorn, N.A., van der Werf, W., 2009. Predicting the time to colonization of the parasitoid *Diadegma semiclausum*: the importance of the shape of spatial dispersal kernels for biological control. *Biological Control* 50: 267-274.
- Bretagnolle, V., Siriwardena, G., Miquet, P., Henckel, L., & Kleijn, D. (2019). Local and landscape scale effects of heterogeneity in shaping bird communities and population dynamics: Crop-grassland interactions. In G. Lemaire, P. C. D. F. Carvalho, S. Kronberg, & S. Recous (Eds.), *Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality* (pp. 231–243). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00014-5>
- Caarls, L., Mousa, R. Strijker, M., Van 't Westende, W. and Vosman, B., 2021. *Natural pest management; Breeding for enhanced natural attraction*. Wageningen Research, Report WPR-2021-11.
- De Geus, J. & H. van Gorp. Eindrapportage FAB2.
- Geertsema, W., Steingröver, E., van Wingerden, W., van Alebeek, F., Rovers, J. 2004. Groenblauwe dooradering in de Hoeksche Waard. Een schets van de gewenste situatie voor natuurlijke plaagonderdrukking. Alterra-rapport 1042, Wageningen.

-
- Geiger, F., Bianchi F.J.J.A., Wäckers, F.L., 2005. Winter ecology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Homo., Aphididae) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym, Braconidae: Aphidiidae). *Journal of Applied Entomology* 129: 563-566.
- Gerneau, E.C., Wäckers, F.L., Luka, H., Daniel, C., Balmer, O., 2012. Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. *Basic and Applied Ecology* 13: 85-93.
- Grab, H., Danforth, B., Poveda, K., & Loeb, G. (2018). Landscape simplification reduces classical biological control and crop yield. *Ecological Applications*, 28(2), 348–355. <https://doi.org/10.1002/eap.1651>
- Grashof-Bokdam, C. J., Cormont, A., Polman, N. B. P., Westerhof, E. J. G. M., Franke, J. G. J., & Opdam, P. F. M. (2016). Modelling shifts between mono- and multifunctional farming systems: the importance of social and economic drivers. *Landscape Ecology*, 32, 595–607. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0458-7>
- Grashof-Bokdam, Carla ; Messelink, Gerben J. ; Ozinga, Wim ; Holstein-Saj, Renata van; Bloemhard, Chantal ; Woelke, Joop ; Meeuwssen, Henk (2019). Groenbeheer en plaag(bestrijdende) insecten nabij kassen in de gemeente Westland. Wageningen Environmental Research, Rapport 2946.
- Haro-Barchin, E., Scheper, J., Ganuza, C., De Groot, G. A., Colombari, F., van Kats, R., & Kleijn, D. (2018). Landscape-scale forest cover increases the abundance of *Drosophila suzukii* and parasitoid wasps. *Basic and Applied Ecology*, 31, 33–43. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2018.07.003>
- Harrison, P. A., Berry, P. M., Simpson, G., Haslett, J. R., Blicharska, M., Bucur, M., Dunford, R., Egoh, B., Garcia-Llorente, M., Geamănă, N., Geertsema, W., Lommelen, E., Meiresonne, L., & Turkelboom, F. (2014). Linkages between biodiversity attributes and ecosystem services: A systematic review. *Ecosystem Services*, 9, 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.05.006>
- Harvey, J. A., Heinen, R., Armbrrecht, I., Basset, Y., Baxter-Gilbert, J. H., Bezemer, T. M., Böhm, M., Bommarco, R., Borges, P. A. V., Cardoso, P., Clausnitzer, V., Cornelisse, T., Crone, E. E., Dicke, M., Dijkstra, K. D. B., Dyer, L., Eilers, J., Fartmann, T., Forister, M. L., ... de Kroon, H. (2020). International scientists formulate a roadmap for insect conservation and recovery. *Nature Ecology and Evolution*, 4, 174–176. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1079-8>
- Holland, J. M., Douma, J. C., Crowley, L., James, L., Kor, L., Stevenson, D. R. W., & Smith, B. M. (2016). Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 31. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0434-x>
- Inagro. Herken nuttige insecten. Plagen en hun natuurlijke bestrijders in de kolenteelt. [NuttigeInsecten-Kolen BROCHURE LR.pdf \(inagro.be\)](https://www.inagro.be/nuttige-insecten-kolen-brochure-lr.pdf)
- Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., Gratton, C., Hunt, L., Larsen, A. E., Martínez-Salinas, A., O'Rourke, M. E., Rusch, A., Poveda, K., Jonsson, M., Rosenheim, J. A., Schellhorn, N. A., Tscharntke, T., Wratten, S. D., Zhang, W., ... Zou, Y. (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(33), E7863–E7870. <https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115>
- Lavandero, B., Wratten, S., Shishehbor, P., Worner, S., 2005. Enhancing the effectiveness of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Helen): Movement after use of nectar in the field. *Biological Control* 34: 152-158.



-
- Melman, Th.C.P. en C.M. van der Heide (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland: verkenning betekenis en perspectieven. Achtergrondrapport bij Natuurverkenning 2011. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 111.
- Ozinga, W.A., G.A. de Groot, S. van Rooij, D. Sanders, M. Breemen, A. Stip, 2022. Ecoprofielen voor wilde bijen en zweefvliegen: handvaten voor inrichtingsmaatregelen op landschapsschaal. Wageningen Environmental Research, Rapport 3131.
- Raak-van den Berg, C.L. 2017. *Harmonia axyridis*, hoe kan het invasieve succes in Europa verklaard worden? Entomologische Berichten 77 (3): 87-96.
- Scheele, H. & van gurg (eds.). 2007. Eindrapportage FAB 2005-2007.
- Steingröver, E. G., Geertsema, W., & van Wingerden, W. K. R. E. (2010). Designing agricultural landscapes for natural pest control: A transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands). *Landscape Ecology*, 25, 825–838. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9489-7>
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzog, I., van Doorn, A., de Snoo, G. R., Rakosy, L., & Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management*, 91, 22–46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A. et al. 2012. Landscape mediation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses. *Biological Reviews* 87: 661-685.
- Van Rooij, Sabine (redactie), bijdragen van Anouk Cormont, Willemien Geertsema, Arjen de Groot, Martijn Haag, Paul Opdam, Menno Reemer, Robbert Snep, Joop Spijker, Eveliene Steingröver, Anthonie Stip en Wim Ozinga, 2020. Een Bij-zonder kleurrijk landschap in het Land van Wijk en Wouden, Leidse Ommelanden en Duin- en Bollenstreek; Handreiking 3.0 voor inrichting en beheer van groene infrastructuur voor bestuivende insecten. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2999.
- Van Rijn, P.C.J. (ed.), 2018. Waarde van akkerranden in de Hoeksche Waard. Eindrapport.
- Van Rijn, P.C.J. & F.L. Wäckers, 2007. Bloemrijke akkerranden voeden natuurlijke vijanden. *Entomologische Berichten* 67: 217-221.
- van Rijn, P., Alebeek, V. F., den Belder, E., Wäckers, F., Buurma, J., Willemse, J., & van Gurg, H. (2008). Functional agro biodiversity in Dutch arable farming: results of a three year pilot. In IOBC / WPRS Bulletin (Vol. 34).
- Van Wingerden, W.K.R.E, Booi, C.J.H., Moraal, L., Elderson, J., Bianchi, F.J.J.A., den Belder, E., Meeuwse, H.A.M. 2004. Groen en Groente. Alterra rapport 825, Wageningen.
- Vos, C. C., Grashof-Bokdam, C. J., & Opdam, P. F. M. (2014). Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? In WOt-technical report 25.
- Vosman, B., Baveco, H., den Belder, E., Bloem, J., Booi, K, Jagers op Akkerhuis, G., Lahr, J., Postma, J., Verloop, K, Faber, J., 2007. Rapport 165, Plant Research International.
- Vosman, B. & Faber, J., 2011. Functionele Agrobiodiversiteit: van concept naar praktijk. Rapport 421, Plant Research International.
- Wäckers, F.L., 2004. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29: 307-314.

Wäckers, F.L., van Rijn, P.C.J., Bruin, J., 2005. Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications. Cambridge University Press.

Wäckers, F.L. & van Rijn, P.C.J., 2012. Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. In: Gurr, G.M., Wratten, S.D., Snyder, W.E., Read, D.M.Y (eds.): Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management. Wiley & Sons.

Winkler, K. 2005. Assessing the risks and benefits of flowering field edges. Strategic use of nectar sources to boost biological control. PhD thesis Wageningen University.

Bijlage 1: Ecoprofiel sluipwespen

ecoprofiel kool	leefgebied B&B	overwinteren/schuilen	voedsel (nectar) en foerageer afstand	Voort planten (prooi)	Max gatgrootte Barrières dispersieafstand	%/opp habitat binnen netwerk	Seizoen	beheer
sluipwespen <i>Diadegma semiclausum</i> <i>Cotesia vestalis</i>	meerjarig gras/kruiden, bomen, struiken 	als larven in alternatieve prooi of vooral de eitjes in bijv strooisel?	Generalist Adult: nectar en stuifmeel dagelijkse foerageer afstand nectar – prooi (< 50-100 m) nectar: bloemen ondiepe kelkbuis of extraflorale nectarien	Specialist Larve: rupsen koolmot/kool witje op Brassicaceae (< 300 m) alternatieve waard planten Brassicaceae	goede vlieger (100-1000 m) max gatgrootte? verbindingzone en tanksstations nodig onderweg? Om de 400 m max afstand ? 	< 1 km %/opp ???	3 tot 5 generaties per jaar	beheer richten op bloemrijkheid grasvegetaties en in stand houden bosranden bodem niet bewerken in de winter

Bijlage 2: literatuurbronnen sluipwespen

Nr ref	Author Country Landscape Type of research (emp, mod)	Parasite-pest-plant system	Y parameter	Landscape parameter with sign effect	Scale study (field, farm, landscape)	remarks
1	van Alebeek & Clevering 2005 review	basis/kool		soil dwelling predators (loopkevers, spinnen , kortschikldkevers) need connectivity of winter habitat (ditch banks, verges, dikes and field edges) close middle of field. flying predators (sluipwespen, zweef/gaasvliegen, lhbeestjes) do not need connectivity of winter habitat (woodlots, hedges, yard plantation, bushes) within 1 km.	landschape < 1 km	
2	Bianchi et al. 2008, Baveco & Bianchi 2008 NL 22 arable organic farms in various agricultural landscapes empirical	pl = Brussels sprout pe = <i>Plutella Xylostella</i> (diamond back moth, koolmot) par = mostly par wasp <i>Diadegma</i> , also <i>Trichogramma</i>	parasitism rate (%)	area of forest edge < 1 km pos length tree lines 0.5 km pos length road verges 0.5 km pos ditch length 0.15, 0.5km pos	landscape scale < 5 or 10 km	Also sign effect found of road verges, and forest, but no relation given. No effect found of Water, hedges, dikes, field edges, solitary trees

2a	Bianchi et al. 2009 exp in Virginia!	pl = Brussels sprout pe = <i>Plutella Xylostella</i> (diamond back moth, koolmot) par = <i>par wasp Diadegma</i>		foerageerafstand binnen koolveld is 60-100 m.		
3	Aartsma et al. 2018 proefschrift hfdst 6	pl = Brassica oleracea var alba pe=Pieris brassicae par - Cotesia glomerata	parasitism rate (%)	Bassicacous host plants cover/m2 within 300 m in border/interior of arable land, pasture, forest, non woody in Brassica flowerin season ha forest <= 300 m neg ha semi-natural = 200 nm neg cover/m2 brassica <=300 m	19 landscapes < 1 km around Wageningen brassica cover measured < 300 m	alternative host plants: Brassica oleracea*, and the wild plants Brassica nigra, Brassica rapa, Alliaria petiolata, Raphanus spp., Capsella bursa-pastoris and Sinapis spp *arable land correlated with brassica cover brassica juist vermijden vanwege aantrekking koolmot/koolwitje??
4	van Rijn & Wackers 2007	sluipwespen	activiteit / parasetering sluipwespen	nabijheid bloemen (enkele tientallen meters, < 100 m ondiepe bloemen vanwege ondiepe monddelen --> schermbloemigen en composieten met korte kelkbuizen, boekweit en borage zie ook Baggen et al. 1999 meerjarige randen		bereikbaarheid bloemen: Jervis et al. 1993 ICH en BRA!! Wackers 2004 Gilbert 1985 Winkler et al. 2005a Colley & Luna 2000 Tooker & Hanks 2000 geel = nog niet verzameld
5	Winkler 2005 hfdst 1	Cotesia glomerata en Diadegma semiclausum Diadegma s.	exploitatie nectar planten van ingezaaide bloemenranden	Diadegma gevonden op Anethum graveolens, Borago officinalis,		hfdst 5: Casas (2003) dispersie tussen vallen 60 m.

	<p>hfdst 3</p> <p>hfdst 5</p> <p>hfdst 6</p>			<p>Centaurea cyanus, Centaurea jacea, Fagopyrum esculentum, Lobularia maritima en Tanacetum vulgare</p> <p>planten met exposed nactaries Anethum graveolens of met extraflorale nectarien (Centaurea jacia) worden alleen door Diadegma bezocht, niet door herbivoor.</p> <p>planten die geschikt zijn voor zowel sluipwesp en vlinder beschikbaar zijn voordelig voor sluipwesp</p> <p>in het veld blijken bloemstroken suikergehalte diadegma niet te bevorderen?!</p> <p>Diadegma s. is alleen tot predatie in staat met nectarbron.</p>		<p>Thompson (2002) dispersie tussen host patches 55 m per uur, totaal 400 m verplaatsing door Diadegma</p> <p>Lavandero (2005) 80 m in 4 dagen voor Diadegma.</p> <p>hfdst 6:</p> <p>Diadegma disperseert meer dan 35 of 67 m tussen control en flower treatment.</p>
6	Vosman en Faber 2011	Cotesia glomerata en Diadegma semiclausum		<p>dispersie Cotesia glomerata in een dag binnen homogeen veld (= fourageerafstand!?) = 50 m</p> <p>idem voor Diadegma semiclausum (Bianchi et al. 2009)</p>		vergelijkbaar met Bianchi et al. 2009 voor
6b	Vosman et al. 2007	Doadeg,a	parasiterings % koolmot	<p>opp bosrand binnen 500 – 1000 m</p> <p>opp bos 500 – 1000 m</p> <p>wegbermen 500 m</p>		
6c	van Rijn et al. 2018	aardappelvelden	aantal natuurlijke vijanden	<p>% kruiden</p> <p>eenjarige lloemenranden meer functionele bloemen tov gras dan meerjarige mengsels</p>		hoe is geschiktheid bloemen voor natuurlijke vijanden beoordeeld?
7	Scheele en van Gulp 2007 (FAB)	sluipwespen en zweefvliegen		<p>ondiepe bloemen vanwege ondiepe monddelen --> schermbloemigen</p>		FAB mengsel: boekweit, klaproos, korenbloem, venkel, luzerne,

				<p>Composieten kamille en ganzenbloem toch vaak diepe nectar, korenbloem wel geschikt. (Vogel)wikke met extraflorale nectar geschikt.</p> <p>vermijdt bloemen voor vlinders (havikskruid, beemdkroon en paarse dovenetel en kruisbloemigen)</p> <p>Kruisbloemige onkruiden echter geen belangrijke bron van koolmot!</p>		<p>ganzenbloem, koriander, voederwikke, bernagie</p> <p>geen bronvermelding welke insecten op welke planten zijn aangetroffen</p>
8	Geertsema et al. 2004	sluipwespen		<p>ondiepe bloemen voor nectar binnen 10-30 m vanaf waardplanten (dagelijkse beweging foerageren)</p> <p>met nectar leeft ze 1-2 mnd, anders 1-2 dagen</p> <p>ontwikkeltijd ei-adult is 2-3 weken --> 3-5 generaties per seizoen</p>		<p>alternatieve waardplanten belangrijk voor overwintering, toch vermijden?</p> <p>in de winter</p>
9	Wingerden et al. 2004	Diadegma semiclausum		<p>later in het seizoen</p> <p>parasiteert koolmot, kooluil, koolwitje en gammauil</p> <p>goede vliegers over grotere afstanden</p> <p>nectarbloemen nodig voor korte monddelen, ook vroeg in seizoen. Gastheren nodig voor overwintering, oa plaaginsecten in alternatieve waardplanten bij percelen</p>		
10	Steingrover et al. 2010	algemene inrichtingseisen aardappel, biet, winter tarwe en kool		<p>max afsand tussen fijne elementen 100 m met robuuste elementen, 150 m zonder robuuste elementen binnen 1 km.</p>		<p>fijne elementen 3.5 m breed robuuste elementen > 25 m breed, of > 1 ha</p>
11	de Geus en van Gurp 2011 (FAB2)			<p>eigenschappen cultuur en wilde planten</p>		<p>wordt wel gesproken over zweef- en gaasvliegen maar nauwelijks over sluipwespen</p>

				<p>korenbloem suiker uit omwindselblaadjes</p> <p>alleen composieten met ondiepe buisbloemen geschikt voor zweefvliegen en gaasvliegen. margriet kamille onbereikbaar voor sluipwespen. Wel duizendblad, venkel, boterbloem, pastinaak,</p>		geen bronvermelding welke insecten op welke planten zijn aangetroffen
12	Gerneau et al. 2012	<p>pl = kool</p> <p>pe = koolmost mamestra brassicae</p> <p>par = Microplitis fenestrata, Diadegma fenestrata</p>		naast Fagopyrum, Vicia sativa (extrloral nectar) ook Centaurea cyanus (ook extrafloral nectar)		
13	Wackers 2004	par = oa Cotesia glomerata		<p>Aegopodium podagraria en Origanum vulgare optimal food source (attractive + available)</p> <p>Galium molluto en Leucanthemum vulgare nog accessible Daucus carota, Erigeron annuus, Medicago lupulina, Trifolium repens Achillea milefolium, Trifolium pratense, Vecia sepium nog attractivenog attractive</p>		
14	Wackers & van Rijn 2012	<p>review pick en mix gezocht op Cotesia glomerata en Diadegma</p> <p>buiten Wackers 2004, voaal Winkler et al. 2009</p>		effect on longevity adults Cotesia: Daucus carota, Foeniculum vulgare, Fagopyrum + Hieracleum spondylium, Centaurea cyanus +/-,		
15	Bartual et al. 2019	review semi nat habitat poll and natural pest		woody linear habitat provide prey and hosts + shelter and winter habitat, more than woody interior or herbaceous habitat		is true for predatory flies or all parasitoid wasps, not specificaly Cotesia or Diamegma

16	Holland et al. 2016	review semi nat habitat poll and natural pest		woody elements best studied, but also herbaceous and to a lesser extent grassy elements offer floral resources. All natural elements provide shelter and alternative prey.		only one study on <i>Diadegma semiclausum</i> Lavandero et al. 2005, no study on <i>Cotesia</i>
17	Wackers et al. 2005	boek plantprovided food for carnivorous insects				ch 5 p 308 <i>costesia rubecula</i> requires a sugar meal approx one a day (Siekmann et al. 2001) p 309 parasitoids may have to leave the crop area to find a host that overwinters in a suitable lifestage (maar geen relevante voorbeelden)
18	Geiger et al. 2005	overwintering parasitoid <i>Diaretiella rapae</i> on aphid <i>Bevicoryne brassicae</i> on brussels sprout and flower pots		in winter no aphid mummies were found on flower pots, only on brussels sprout, and these were (partly) infested by the parasitoid. In this way the parasitoid can overwinter within its host.	brussels sprout fields 800m ² in Achterberg (open) en Wageningen - Hoog (closed landscape)	14 plant species in pots: <i>Anethum graveolens</i> , <i>Borago officinalis</i> , <i>Carum carvi</i> , <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Centaurea jacea</i> , <i>Coriandrum sativum</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Phacelia tanacetifolia</i> , <i>Sinapsis alba</i> , <i>Tanacetum vulgare</i> , <i>Trifolium repens</i> .
19	Lavandero et al. 2005	broccoli, pest <i>Plutella xylostella</i> , parasitoid <i>Diadegma semiclausum</i>		flowers of buckwheat as nectar source parasitism rate decrease with distance to flower source parasitoids can move 80 m in a short period (max transect afstand)	broccoli strips of 50 m long with or without buckwheat strip at the end	

Bijlage 3: Database bestuivers: sluipwespen op bloemplanten

Soort		oor sprong	regio	groei vorm	bloeitijd	veg type	abiotiek	landschap
Apiaceae								
<i>Aegopodium podagraria</i>	Zevenblad	inheems	zeer alg	meer jarig	juni juli	33Aa5	voedselrijk humeus, vochtig, schaduw	zomen bosranden, houtwallen, ruigten
<i>Anethum graveolens</i>	Dille	gewas						
<i>Angelica sylvestris</i>	Engelwortel	inheems	zeer alg	meer jarig	juli- winter	16A	voedselrijk vochtig	waterkanten, graslanden, bosranden
<i>Anthriscus sylvestris</i>	fluitenkruid	inheems	c	meer jarig	?		voedselrijk vochtig	
<i>Carum carvi</i>		inheems/ gewas	F, E	2-jarig	?	16B	voedselrijk vochtig	weilanden, bermen, dijken.
<i>Daucus carota</i>	Wilde peen	inheems/ gewas	zeer alg	meer jarig	juni- herfst		vrij droog	graslanden, bermen, dijken, duinen
<i>Foeniculum vulgare</i>	Venkel	verwilderd/ gewas	Ur, F, E	meer jarig	juli- herfst		voedselrijk matig vochtig beschut	ruderaal, (zee)dijken, oevers
<i>Heracleum sphondylium</i>	Gewone berenklauw	inheems	zeer alg	meer jarig	mei- herfst		zeer voedselrijk vochtig, schaduw	zomen bosranden, houtwallen, ruigten
Asteraceae								
<i>Centaurea cyanus</i>	Korenbloem	inheems/ uitgezaaid	P, Z	1-jarig	juni-aug		voedselrijk droog, open	zandgrond, graanakkers, (bermen)
<i>Centaurea jacea</i>	Knoopkruid	inheems/ uitgezaaid	zeer alg	meer jarig	juni- herfst		matig voedselrijk droog- vochtig	graslanden, bermen, dijken
<i>Crepis capillaris</i>	Klein streepzaad	inheems	zeer alg	1-meer jarig	juni-nov		voedselrijk droog- vochtig, omgewerkt	graslanden, bermen, dijken
<i>Taraxacum Sec. Ruderalia</i>	Gewone paarden bloem	inheems	zeer alg	meer jarig	hele jaar?		zeer voedselrijk droog- vochtig	graslanden, bermen, gazons, dijken
<i>Tanacetum vulgare*</i>	Boerenworm kruid	inheems	zeer alg	meer jarig	juni-sept	31Ca3	droog- vochtig omgewerkt	dijken, bermen, spoorwegen, akkerranden
Brassicaceae								
<i>Lobularia maritima*</i>	Zilverschild zaad	verwilderd/ tuinplant	Ur	meer jarig	mei-sept		droog	zandige, stenige plaatsen

Overige									
<i>Borago officinalis</i> *	Borage	gewas							
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Boekweit	gewas							
<i>Potentilla spec.</i>	?								
<i>Prunus spinosa</i>	Sleedoorn	inheems	alg	houtig	april-mei	37A	voedselrijk vochtig, kalk, schaduw	lichte bossen, bosranden, houtwallen, heggen	
<i>Ranunculus repens</i>	Kruipende boterbloem	inheems	zeer alg	meer jarig	mei-juli		voedselrijk vochtig-nat	graslanden, bermen, dijken	
<i>Rubus fruticosus</i>	Braam	inheems	zeer alg	houtig	?		voedselrijk droog- vochtig?	lichte bossen, bosranden, houtwallen, heggen	
<i>Vicia sativa</i> (<i>sativa</i> ?)	Voederwikke	gewas							

* = toegevoegd uit literatuurbronnen uit bijlage 2

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.