



Bevordering van nuttige organismen voor plaagbestrijding en bestuiving in open teelten

Z.A. van Rossum, F.L. Wäckers, A. Janssen & P.C.J. van Rijn



Oktober 2022

Bevordering van nuttige organismen voor plaagbestrijding en bestuiving in open teelten

Rapport geschreven door:

Zilva van Rossum BSc, student-assistent Biologie, Universiteit van Amsterdam

Prof. Dr. Felix Wäckers, hoofd R&D van Biobest NV (producent van producten voor biologische bestrijding en bestuiving), hoogleraar insect-plant-interacties aan Lancaster University, UK,

Dr. Arne Janssen, universitair hoofddocent voedselweb-interacties en biologische bestrijding aan de Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED),

Dr. Paul van Rijn, senior onderzoeker functionele agrobiodiversiteit aan de Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED).

In opdracht van, en gefinancierd door, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid (LNV) in het kader van het Meerjarenprogramma Gewasbescherming 2030. PVR wordt tevens gefinancierd door het Interreg NW Europe project “FABulous Farmers”,

Foto's: Paul van Rijn; m.u.v. foto 11: Felix Wäckers en foto 13: Gert Huijzers

Delen van de concepttekst zijn van commentaar voorzien door: Felix Bianchi, Hilfed Huiting, Bas Allema, Karin Winkler, Arjen de Groot en Jürgen Kohl (allen WUR) en Elma Raaijmakers (IRS).

Concept: 16-8-2022, Eindrapport 31-10-2022.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Inhoud

Samenvatting en Aanbevelingen	5
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Vraagstelling	11
2 Nuttige geleedpotigen en hun behoeften	13
2.1 Levensbehoeften van bestrijders en bestuivers	13
2.2 Hoe kunnen we in deze behoeften voorzien?	17
3 Invloed van landschapselementen op de aanwezigheid en effectiviteit van nuttige organismen	22
3.1 Bloemrijke akkerranden	22
3.1.1 Akkerranden en plaagbestrijding	22
3.1.2 Akkerranden en bestuiving	23
3.2 Hagen	24
3.2.1 Hagen en plaagbestrijding	25
3.2.2 Hagen en bestuiving	26
3.3 Landschapssamenstelling en plaagbestrijding	27
3.4 FAB en onkruidbestrijding	29
3.5 FAB en bescherming tegen ziekten	30
4 Wat betekent dit voor de landbouw in de praktijk? Een aantal voorbeelden	33
4.1 Aardappel	33
4.2 Tarwe	34
4.3 Suikerbiet	34
4.4 Kool	35
4.5 Fruitteelt	36
4.5.1 Appel en peer	37
4.5.2 Blauwe bes	38
4.6 Perspectief voor andere teelten	38
5 Toegevoegd effect van gewas- en akkerbeheer	41
6 Toepassing van aanvullende producten	43
6.1 Geproduceerde bestrijders	43
6.2 Microbiële middelen	44
7 Functionele vegetaties en hun natuurwaarde	46
7.1 Planten	47
7.2 Insecten	48
7.2.1 Bijen	48
7.2.2 Vlinders	48

7.3 Vogels.....	49
7.4 Zoogdieren	50
8 Literatuur.....	51
Bijlage	66



Foto 2: De Snorzweefvlieg (hier op Gele Ganzenbloem) heeft nectar en stuifmeel nodig voor overleving en reproductie.

Samenvatting en Aanbevelingen

Landbouwgebieden bieden een leefomgeving voor een brede waaier aan soorten waarbij veel soorten ook afhankelijk van dit agro-ecosysteem. Tegelijk is de landbouw afhankelijk van de ecosysteemdiensten die geleverd worden door soorten in het systeem, zoals bestuivers en natuurlijke plaagbestrijders. Andere organismen dragen bij aan de onderdrukking van ziekten of onkruiden of aan de nutriëntencyclus en de waterhuishouding. De groepen organismen die deze ecosysteemdiensten leveren worden wel “functionele groepen” genoemd. De intensivering van landbouw, met o.a. het verlies van natuurlijke landschapselementen en het gebruik van synthetische gewasbeschermings- en bemestingsmiddelen is een van de belangrijkste oorzaken voor de steeds duidelijker gedocumenteerde afname van biodiversiteit in landbouwgebieden en daarbuiten. De natuurlijke bestrijding van plagen en bestuiving van landbouwgewassen, veelal geleverd door insecten en andere geleedpotigen, komen hierdoor in het gedrang. Om de landbouw duurzamer te maken, is het nodig om deze ecosysteemdiensten te herstellen. In het algemeen wordt gedacht dat een gericht landschapsbeheer daarbij belangrijk is.

In dit rapport evalueren we de effecten van gericht samengestelde landschapselementen op genoemde ecosysteemdiensten. Deze gerichte biodiversiteitsverhoging kan op verschillende manieren worden bereikt, zoals door de aanleg van specifiek samengestelde bloemrijke akkerranden of houtige landschapselementen zoals hagen, maar ook door bv mengteelten, strokenteelten en bosakkerbouw. Door deze maatregelen af te stemmen op de functionele groepen die de ecosysteemdiensten leveren, kunnen deze effectiever ondersteund worden, een concept dat Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) is gaan heten.

Het is belangrijk om in te zien dat biodiversiteit op zich alleen een maat is voor het aantal soorten of variëteiten, en derhalve nog niets zegt over het functioneren van het ecosysteem. Als je twintig plaagsoorten in je akkerrand hebt, heb je dezelfde biodiversiteit als wanneer je 20 soorten bestuivers of 20 soorten bestrijders telt, en het is duidelijk dat alleen in de laatste twee gevallen ecosysteemdiensten worden geleverd. Stimulering van agro-biodiversiteit in algemene zin is derhalve geen garantie dat hiermee ecosysteemdiensten worden ondersteund, en zou zelfs kunnen leiden tot een verhoogd risico op ziekten, onkruiden en plagen.

Om landbouwrelevante ecosysteemdiensten doelgericht te versterken en te optimaliseren gaat men als volgt te werk:

1. Identificeer de functionele groepen van organismen die ecosysteemdiensten leveren voor het betreffende gewas.
2. Onderzoek de behoeften (bv voedsel, schuilplaatsen, broedplaatsen) van deze functionele organismen.
3. Identificeer en kwantificeer de knelpunten mbt deze behoeften in het huidige (lokale) agrarisch ecosysteem.
4. Implementeer FAB-ondersteunende maatregelen die deze knelpunten effectief wegnemen.

Bijvoorbeeld, plaagbestrijding is een ecosysteemdienst die door veel insecten en andere geleedpotigen wordt geleverd. De larven van parasitaire wespen zweefvliegen en andere natuurlijke vijanden voeden zich met bepaalde plaagsoorten en leveren dus deze ecosysteemdienst. Zoals echter bij veel insecten het geval is, hebben de volwassen stadia van deze natuurlijke vijanden ander voedsel nodig voor energie en eiwitten, veelal nectar en stuifmeel. Hiervoor zijn ze aangewezen op bloemen die in gangbare teeltsystemen vaak maar beperkt aanwezig zijn. Het is bovendien gebleken, dat niet alle bloemen geschikt zijn voor alle groepen insecten, maar dat groepen organismen specifieke eisen

stellen aan de aanwezige bloemen: het stuifmeel en de nectar moet voldoende voedingsstoffen bevatten en moet goed bereikbaar zijn. Zo kunnen volwassen vrouwtjes van bestrijders zoals zweefvliegen niet bij de nectar van veel soorten bloemen omdat die te diep en te nauw zijn. Bij gebrek aan nectar kunnen deze vrouwtjes dus niet zorgen voor nieuwe larven die de plagen opruimen. Honingbijen en hommels, daarentegen, kunnen met hun lange tong dieper gelegen nectar verzamelen en bezoeken daardoor andere bloemen dan zweefvliegen. Kortom, het is bij de aanleg van biodiversiteitsverhogende landschapselementen nodig rekening te houden met de gewassen die er worden geteeld, en met de soorten die bestuiving en bestrijding in deze gewassen verzorgen. Dit betekent dat de plantendiversiteit rond akkers gericht moet worden verhoogd met die plantensoorten die de bestrijders en bestuivers kunnen ondersteunen.

Deze doelgerichte aanpak draagt eraan bij dat het verhogen van de verarmde biodiversiteit hand in hand kan gaan met het hoog houden van de landbouwproductiviteit via de versterking van de ecosysteemdiensten en het vermijden van negatieve effecten van verhoogde plantendiversiteit. Doelgerichte maatregelen kunnen variëren van een bewuste samenstelling en beheer van landschapselementen (bv. akkerranden, haagkanten) tot FAB-bevorderende grondbewerking, of gerichte combinaties van teelten of vruchtwisseling. Het is gebleken dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen drastisch gereduceerd kan worden als FAB-maatregelen specifiek toegespitst zijn op natuurlijke plaagbestrijding. Dit is een belangrijke bijdrage aan de verduurzaming van een productieve landbouw.

Doordat de focus bij FAB-maatregelen ligt op de ecosysteemdiensten die de landbouwproductie ondersteunen en verduurzamen, worden landbouwers extra gemotiveerd om aan de slag te gaan met agrarische natuurbeheer en vergroening en vermindert het de polarisatie tussen landbouw en natuurbescherming.

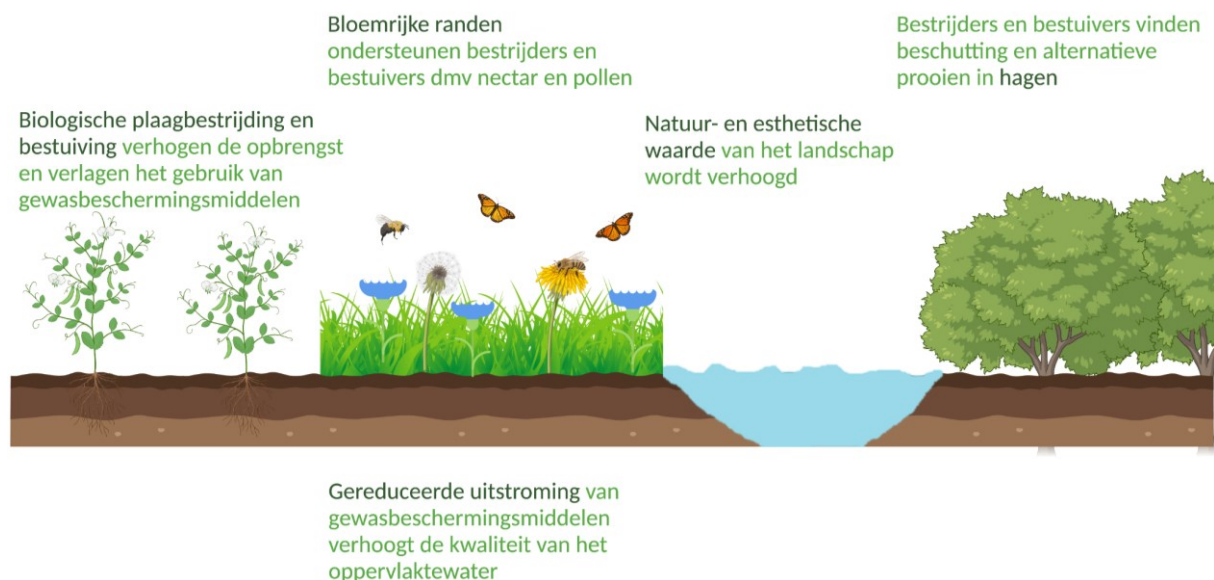


Fig. 1. Samenvatting van de functies die gericht samengestelde landschapselementen vervullen ten behoeve van het weerbaar maken van teeltsystemen. Gemaakt met BioRender.com. Korenbloem icon door Nikita Golubev, grasicon door Upl56 en paardenbloem icons door brgfx gemaakt met Freepik.

Om FAB-maatregelen in dit rapport te definiëren en preciseren, bespreken we eerst de levensbehoeften van verschillende bestrijders en bestuivers en de eisen die zij stellen aan het agro-ecosysteem. Daarna inventariseren we de effecten van de verschillende functionele landschapselementen. Kruidige landschapselementen zoals akkerranden en houtige elementen zoals hagen hebben verschillende functies voor bestuivers en bestrijders, en verschillende nuttige organismen stellen andere eisen aan de inrichting van die elementen. Die eisen hangen daarmee mede af van de specifieke plaagbestrijding en bestuiving die nodig is voor verschillende gewassen. De effectiviteit van de nuttige organismen is niet alleen afhankelijk van wat op en direct naast de gewaspercelen aanwezig is, maar van de landschapssamenstelling op grotere schaal. Naast de plaagbestrijding, kan ook bestrijding van onkruid en plantenziekten baat hebben van deze benadering. We bespreken daarna de stand van zaken rond FAB in een aantal in Nederland belangrijke gewassen. Het blijkt dat er al redelijk veel kennis en ervaring is opgedaan met natuurlijke bestrijding van plagen in gewassen zoals aardappel en tarwe, en dat dit heeft geleid tot vermindering van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Voor andere gewassen, zoals suikerbiet en kool is minder kennis en praktijkervaring aanwezig, maar zijn er zeker mogelijkheden voor verduurzaming via FAB, indien ook daarin gericht onderzoek en pilots worden gestimuleerd en gefinancierd.

Behalve de gerichte diversificering van de gebieden rondom akkers, bespreken we ook diversificering op de akkers door bijvoorbeeld mengteelten en gewasrotatie. Hiermee worden eveneens resultaten bereikt die leiden tot minder problemen met plagen en ziekten in de gewassen. Ook hier geldt echter, dat bijvoorbeeld het simpelweg mengen van verschillende gewassen niet de oplossing is, maar dat uit onderzoek moet blijken welke combinaties van gewassen goed werken. Verder bespreken we kort hoe verschillende aanvullende producten, zoals commercieel verkrijgbare bestrijders en microbiële middelen kunnen worden ingezet voor problemen die door FAB (nog) niet worden opgelost. Tenslotte wordt aangegeven dat behoud en herstel van agrobiodiversiteit en van bepaalde doelgroepen van het natuurbeheer, prima kan samengaan met het versterken van ecosysteemdiensten d.m.v. FAB.

De inventarisatie die in dit rapport wordt gepresenteerd leidt tot verschillende aanbevelingen die hieronder puntsgewijs voor de verschillende doelgroepen worden samengevat. Sommige aanbevelingen zijn van toepassing op verschillende doelgroepen en worden daarom herhaald.

Aanbevelingen voor lokale en nationale overheden

- Akkerranden gericht op het ondersteunen van nuttige insecten dienen evenzeer financieel vergoed te worden als akkerranden gericht op behoud en herstel van vogelpopulaties. Het combineren van meerdere functies en maatregelen het dezelfde stuk grond moet financieel aantrekkelijk worden.
- Het moet voor telers en landschapsbeheerders aantrekkelijker worden bomen en houtige elementen te behouden, aan te planten en te onderhouden door aanplant-subsidies en langlopende garanties op vergoeding. Deze subsidies en vergoedingen zouden specifiek moeten gelden voor inheemse soorten die FAB bevorderen (zie tabel 1 en 2).
- Telers moeten gratis deskundig advies kunnen krijgen over FAB-maatregelen en verschillende opties voor plaagbeheersing, onafhankelijk van vertegenwoordigers van de handel en industrie. Deze adviezen kunnen van voorlichters komen, maar ook van andere telers met praktijkervaring.
- Een interactief internetplatform met informatie over FAB-maatregelen en ervaring van telers, dat momenteel wordt opgezet, moet langdurig worden ondersteund. Ook zou een Europees platform voor uitwisseling van ervaringen met FAB zeer waardevol zijn.

- Het bemonsteren van een gewas om de dichtheid van plagen en de aanwezigheid van ziekten te bepalen (het z.g. scouten) is belangrijk bij het bepalen of een schadedrempel wordt overschreden en bestrijding dus noodzakelijk is. Goede monitoring kan leiden tot verminderd gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen, maar wordt nog niet veel toegepast. Er is duidelijk behoefte aan hulp voor telers m.b.t. dit monitoren, zowel in de vorm van advies, als ook door het als service aan te bieden.
- Licenties voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen dienen vergezeld te worden door informatie over natuurlijke vijanden en methoden deze te ondersteunen.
- Samenwerking en informatie-uitwisseling tussen boeren moet worden gestimuleerd. Door op landschapniveau samen te werken, ontstaan er synergiën tussen landbouwbedrijven die de effectiviteit van de FAB-maatregelen versterken en de robuustheid van het ecosysteem verhogen.
- Onderzoek naar, en ontwikkeling van, FAB-maatregelen (zie beneden) moet worden gestimuleerd.
- Waar overheden beheerder zijn van landschapselementen (wegbermen, dijken, oevers, bosjes, graslanden, enz.) kunnen zij maatregelen nemen om de biodiversiteit in het algemeen en FAB in het bijzonder te versterken. Vaak betekent dit o.a. niet meer bemesten, minder frequent maaien en meer biomassa afvoeren. Waar elementen opnieuw worden aangeplant of ingezaaid zou dit moeten gebeuren met vooral inheemse bomen en planten die bestuiving en plaagbestrijding ondersteunen (zie tabel K1 en K2).

Aanbevelingen voor toeleveranciers

- Boomteeltbedrijven zouden meer inheemse bomen en struiken aan kunnen bieden voor bv aanplant in hagen die bestuiving en plaagbestrijding ondersteunen (zie tabel K2).
- Zaadbedrijven zouden meer zaden van inheemse oorsprong aan kunnen bieden, en tegen een lagere kostprijs (zie tabel K1). Dit zou door langer lopende contracten met agrarische collectieven kunnen worden gestimuleerd.
- Bij het aanbieden van zaadmengsels voor bijvoorbeeld bloeiende akkerranden is een onderbouwing van geclaimde effectiviteit voor de functionele groepen noodzakelijk. Certificering van FAB-mengsels zou hiervoor een oplossing kunnen zijn.
- Producenten van biologische bestrijders zouden meeraandacht aan open teelten kunnen geven en specifieke oplossingen en strategieën voor het open veld kunnen ontwikkelen, die met FAB-maatregelen geïntegreerd kunnen worden.

Aanbevelingen voor onderzoek en ontwikkeling

- Identificeren van de soorten planten en de typen landschapselementen die voorzien in alle behoeften van de bestrijders en bestuivers voor verschillende gewassen / gewasrotaties.
- Praktijkgericht onderzoek met consortia van boeren, praktijkonderzoekers en wetenschappers, waarbij verschillende FAB-maatregelen worden gecombineerd om te onderzoeken welke FAB-maatregelen elkaar aanvullen en welke niet.
- Demonstratieprojecten moeten worden ontwikkeld, waar resultaten van het gebruik van FAB door telers aan telers gedemonstreerd kunnen worden.

- Ontwikkelen van praktische schadedrempels voor gewassen waar deze nog niet voor bestaan. Deze schadedrempels moeten niet alleen gebaseerd zijn op plaagdichtheden maar ook rekening houden met de aanwezigheid van natuurlijke bestrijders.
- Ontwikkelen van betaalbare nieuwe technieken voor het (automatisch) monitoren van plagen en bestrijders in open teelten.
- Onderzoek naar mogelijkheden om FAB te integreren met het gericht inzetten van biologische bestrijders.
- Resultaten van onderzoek en ontwikkeling moeten beschikbaar worden gemaakt voor alle geïnteresseerde partijen, dus in wetenschappelijke tijdschriften, vakbladen, internetfora, etc.

Aanbevelingen voor telers

- Bij aanplant van bomen, hagen en akkerranden kunnen telers zo veel mogelijk gebruik maken van vooral inheemse bomen en planten die de bestuiving en plaagbestrijding in hun gewassen ondersteunen (zie tabel K1 en K2).
- Bij het inrichten van bedrijven kunnen telers samenwerken met buurbedrijven om zo samen een landschap te ontwikkelen dat de effectiviteit van de FAB-maatregelen voor alle partijen bevordert. De agrarische collectieven kunnen hierin een stimulerende en ondersteunende rol spelen.
- Verhoogde inzet op monitoring en schadedrempels, voor zover beschikbaar voor het betreffende gewas, om zo het onnodig gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen terug te dringen.
- Telers kunnen zich actief informeren over reeds bestaande FAB-maatregelen in hun sector en proberen te leren van ervaring van anderen. Hiervoor zouden studiegroepen of andere vormen van communicatie tussen telers kunnen worden opgestart.
- Telers kunnen actief meewerken bij onderzoek naar FAB-maatregelen op hun bedrijf.



Foto 3: Natuurlijke plaagbestrijding wordt versterkt door een combinatie van kruidige en houtige landschapselementen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Wereldwijd wordt de intensivering van landbouw, met het verlies van natuurlijke landschapselementen en het gebruik van synthetische gewasbeschermings- en bemestingsmiddelen, aangewezen als de belangrijkste oorzaak voor afname van biodiversiteit. De simplificatie en de intensivering van het gebruik van ons agrarisch landschap en het hiermee vaak geassocieerde gebruik van gewasbeschermingsmiddelen hebben verstrekende gevolgen voor insectenpopulaties en de hiervan afhankelijke biodiversiteit. Dit zien we onder meer terug in de dramatische afname van insecten-biomassa (76% in de afgelopen 27 jaar: (1)). Aangezien insecten belangrijke schakels in voedselketens zijn, heeft dit ook zwaarwegende consequenties voor bv. vogels en biodiversiteit in zijn algemeenheid. Bovendien heeft de decimering van insectenpopulaties ook een weerslag op de landbouw, aangezien deze afhankelijk is van de door insecten geleverde ecosystemendiensten, waaronder biologische plaagbestrijding en bestuiving. Onlangs publiceerde Trouw de resultaten van een 40 jaar lange monitoring van zweefvliegpopulaties en soortensamenstelling op de Veluwe, waaruit bleek dat het aantal zweefvliegen in de afgelopen jaren met 80% is afgenomen en het aantal soorten met 44% (2). Ook bleek recentelijk dat ruim een derde van de Europese zweefvliegen met uitsterven bedreigd wordt (3), voornamelijk door intensieve landbouw. Dit is zorgwekkend, mede omdat zweefvliegen belangrijke bestuivers en plaagbestrijders zijn, en daarom een belangrijke bijdrage leveren aan de voor landbouw belangrijke ecosystemendiensten (4, 5). Naast de afname van bestuivers, is de teruggang van natuurlijke plaagbestrijders in het bijzonder problematisch omdat dit leidt tot een verdere afhankelijkheid van chemische gewasbeschermings-middelen. Er ontstaat zodoende een vicieuze cirkel (Fig. 2), die verder versterkt

wordt wanneer plaaginsecten resistent worden tegen veelgebruikte gewasbeschermingsmiddelen. Een van de belangrijkste vraagstukken van deze tijd is dan ook hoe een productieve landbouwsector duurzamer kan worden gemaakt, waarbij voedselproductie niet langer ten koste gaat van biodiversiteit maar er juist gebruik van maakt. Het toenemende besef dat reductie van gewasbeschermingsmiddelengebruik belangrijk is voor milieu, mens en dier heeft geleid tot politieke doestellingen zoals beschreven in de 'Farm to Fork

Strategy' (een centraal onderdeel van de Europese Green Deal) om bestrijdingsmiddelengebruik te reduceren met 50% in 2030.

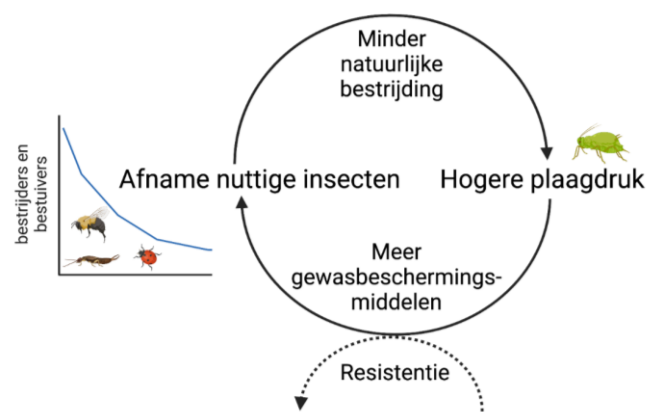


Fig. 2. Vicieuze cirkel waardoor afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen in stand wordt gehouden. Gemaakt met BioRender.com

Gedurende de afgelopen decennia is er steeds meer aandacht voor, en kennis over, de elementen die nodig zijn om nuttige geleedpotigen (insecten, spinnen en mijten) als bestrijders en bestuivers in een landbouwomgeving te ondersteunen. De eisen die deze geleedpotigen aan het landschap stellen verschillen voor bestrijders en bestuivers en variëren sterk met de seizoenen en met de verschillende levensstadia van deze organismen (6). Bovendien zijn nuttige geleedpotigen voor hun overleving vaak afhankelijk van meerdere habitattypen in een complex landschap (zie kader 4 “Landschapscompletering” voor een voorbeeld). De diversiteit en dichtheid van bestrijders en bestuivers nemen toe met hogere landschapscomplexiteit, veelal uitgedrukt in het aandeel van - of afstand tot - semi-natuurlijke landschapselementen (7-11). Naast in te zetten op een hoog aandeel semi-natuurlijke vegetatie met een vaak onbekende vegetatiesamenstelling, is met name veel winst te behalen door de samenstelling van landschapselementen af te stemmen op de behoeften van bestrijders en bestuivers door in te zetten op functionele agrobiodiversiteit (FAB). Functionele agrobiodiversiteit richt zich specifiek op die biologische elementen in het agrarisch landschap die ecosysteemdiensten leveren die duurzame landbouwproductie ondersteunen, zoals bestuiving, biologische plaagbestrijding, transport van nutriënten en stikstofbinding. FAB-maatregelen hebben als doel de voor de landbouw belangrijke organismen gericht te ondersteunen (bv door een gerichte keuze van vegetatie), en onderscheiden zich zodoende van niet-gerichte maatregelen. FAB kan worden toegepast rondom de akker (bijv. door aanleg van specifiek samengestelde kruidige akkerrandvegetaties en hagen), in het gewas (d.m.v. specifieke vormen van mengteelt, gewasrotatie e.d.), en op de akker (grondbewerking, bodembedekking, onkruidbeheer, groenbemesters e.d.). Bovendien kan de efficiëntie van FAB-maatregelen vaak worden versterkt door de landschapscontext.

1.2 Vraagstelling

Zoals beschreven in Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming (LNV (12), pag. 31) wordt er (inter)nationaal al veel onderzoek gedaan naar de effecten van diverse aspecten van agrobiodiversiteit op de weerbaarheid van teeltsystemen. Het huidige rapport, in opdracht van het LNV, stelt zich dan ook ten doel een inventarisatie te maken van de mogelijkheden om nuttige organismen hetzij gericht te stimuleren, dan wel in te zetten in open teelten in Nederland, met als doel het optimaal gebruik maken van ecosysteemdiensten zoals de bestrijding en beheersing van ziekten, plagen en onkruiden en betere bestuiving van landbouwgewassen.

Om de voor de landbouw belangrijke organismen gericht te kunnen ondersteunen is het van belang ten eerste vast te stellen welke organismen dit betreft en welke voorwaarden zij stellen aan hun omgeving (**Hoofdstuk 2**). Dit doen we in de eerste instantie voor nuttige geleedpotigen. Vervolgens is gekeken naar hoe in de levensbehoeften van deze nuttige soorten kan worden voorzien d.m.v. specifiek samengestelde akkerranden en hagen en welke wetenschappelijke bewijzen er zijn voor de effectiviteit van deze landschapselementen (**Hoofdstuk 3**), waarbij ook de samenstelling van omliggend landschap een rol speelt. De effectiviteit ten aanzien van diverse belangrijke gewassen is in

kaart gebracht in **Hoofdstuk 4**, terwijl de toegevoegde rol van andere FAB-maatregelen (aangaande alternatieve teeltsystemen en bodembeheer) wordt besproken in **Hoofdstuk 5**. In **Hoofdstuk 6** beschrijven we de mogelijke bijdragen van aanvullende producten (geproduceerde bestrijders, en microbiële producten) aan de weerbaarheid van teeltsystemen, en wat het effect van FAB in weerbaardere teeltsystemen is op de natuurwaarde van het agrarisch landschap. In **Hoofdstuk 7** wordt beschreven welke effecten FAB kan hebben op de natuurwaarde van het agrarisch landschap.



Foto 4: Een zandbij (Vosje) op Sleedoorn

2 Nuttige geleedpotigen en hun behoeften

Nuttige geleedpotigen (insecten, spinnen en mijten) verlenen ecosysteem-diensten zoals gewasbestuiving en biologische plaagbestrijding. Bestuiving wordt verzorgd door nectar- en stuifmeel-behoevende insecten zoals zweefvliegen, honingbijen en wilde bijen. Biologische plaagbestrijding wordt verzorgd door natuurlijke vijanden van plaaginsecten, die zich met de plaag voeden dan wel de plaag parasiteren. Veel studies maken onderscheid tussen enerzijds kruipende bestrijders, zoals loopkevers, roofkevers, roofmijten en spinnen, en anderzijds vliegende bestrijders zoals bv zweefvliegen, gaasvliegen, parasitaire wespen en lieveheersbeestjes. We maken daarom hieronder onderscheid tussen drie functionele groepen (bestuivers plus twee groepen bestrijders), mede omdat deze verschillende levensbehoeften hebben en men deze door verschillende specifieke maatregelen betreffende het landschap en de bedrijfsvoering kan stimuleren.

2.1 Levensbehoeften van bestrijders en bestuivers

Het merendeel van de natuurlijke vijanden voedt zich weliswaar met prooidieren, maar is daarnaast gedurende delen van hun levenscyclus ook (en vaak volledig) afhankelijk van andere voedselbronnen zoals nectar en stuifmeel (pollen). Bij afwezigheid van deze voedselbronnen kan natuurlijke plaagbestrijding niet, of niet voldoende functioneren (13). De intensivering van de landbouw heeft ertoe geleid dat deze essentiële hulpbronnen niet meer of onvoldoende aanwezig zijn. Hierdoor zijn de bestrijders aangewezen op de beschikbaarheid van (daarvoor geschikte) landschapselementen rondom de akkers voor een deel van hun levensbehoeften. Om de populaties bestrijders en bestuivers in stand te houden is er gedurende het hele jaar passend leefgebied nodig, en niet alleen tijdens het groeiseizoen van het landbouwgewas. Dit leefgebied moet bescherming bieden tijdens de winter zodat de nuttige organismen kunnen overwinteren (14-17) en in het voorjaar vanuit het leefgebied de gewassen in kunnen trekken (6, 18, 19). Vanaf het voorjaar is de beschikbaarheid van geschikt voedsel bepalend voor de overleving en toename van bestrijders en bestuivers, zodat deze al aanwezig zijn in het gewas zodra ze nodig zijn. De behoefte aan hulpbronnen door bestrijders en bestuivers varieert sterk door de tijd en verschilt per groep.

Kruipende en vliegende bestrijders hebben baat bij vegetatie die hen beschutting en overwinteringsplekken kan bieden, alsook alternatieve prooien en ander voedsel bij afwezigheid van voldoende plaaginsecten in het gewas (15, 20, 21). Bestrijders verschillen in hun voedselbehoefte, waarbij veel vliegende bestrijders (o.a. groene gaasvliegen, sluipwespen en zweefvliegen) van dieet veranderen gedurende hun levenscyclus: de larvale stadia voeden zich met (plaag)insecten zoals bladluizen en andere prooien, terwijl de adulten, net als bestuivers, voor hun energievoorziening deels of volledig afhankelijk zijn van suikers uit nectar of honingdauw en vaak ook van stuifmeel als eiwitbron (22-26). Deze vliegende en kruipende bestrijders en bestuivers zijn dus afhankelijk van bloeiende planten, die daardoor een van de meest essentiële hulpbronnen zijn voor het in stand houden van bestrijder- en bestuiverdichtheden (6). Echter, als gevolg van de specificiteit van plant-insect interacties neemt de hoeveelheid nuttige insecten niet noodzakelijkerwijs toe met de beschikbaarheid

of diversiteit van bloemen op zich, maar is de aanwezigheid van de juiste soorten vereist (zie kader 1 “Functionele bloemrijke vegetatie”, (5, 27, 28).



Foto 5: De Groene Gaasvlieg voedt zich het beste met nectar en stuifmeel van schermbloemigen (Apiaceae) zoals Akkerscherm.

Kader 1: Functionele bloemrijke vegetatie

Nectar en stuifmeel zijn vaak verborgen in de bloemstructuur, zodat het gedrag en de monddelen van een insect moeten passen bij de bloemmorfologie om de nectar en stuifmeel te kunnen bereiken (29, 30). Deze specificiteit is bekend voor plant-bestuiver interacties waarbij zowel de kleur, de geur als de toegankelijkheid van de bloemen, maar ook de chemische samenstelling van de nectar en het stuifmeel van invloed zijn op de geschiktheid van een plantsoort voor een specifieke bestuiversoort (22, 31). Ook voor natuurlijke vijanden van plaaginsecten wordt de geschiktheid van bloeiende planten als nectar of stuifmeelbron bepaald door deze specifieke plant-insect interacties (van Rijn, 2016; Wäckers, 2012). Bestrijders hebben over het algemeen korte monddelen, waardoor ze vooral afhankelijk zijn van planten met een ondiepe bloemstructuur met makkelijk bereikbare nectar en stuifmeel (5), Fig. K1, Tabel K1). Veel bestuivers zoals honingbijen en hommels hebben langere monddelen en concentreren zich vaak op bloemen met dieperliggende nectar, waardoor de geschikte bloemtypes voor veel bestuivers en bestrijders sterk van elkaar verschillen (28). Sommige planten, zoals veldbonen, kersen of korenbloem bieden ook nectar aan buiten de bloemen in zogenaamde “extra-florale nectariën”. Dit zijn suikerklieren op bladeren en stengels die specifiek dienen om bestrijders aan te lokken en dan ook makkelijk toegankelijk zijn (32). Deze nectariën zijn bovendien vaak over een langere periode beschikbaar, terwijl bloemen vaak maar enkele dagen nectar aanbieden. Een toenemend aantal veldstudies bevestigt dat de effectiviteit van bloemrijke akkerranden en hagen in het bevorderen van plaagbestrijding en bestuiving wordt bepaald door de samenstelling van deze randen (33-35).

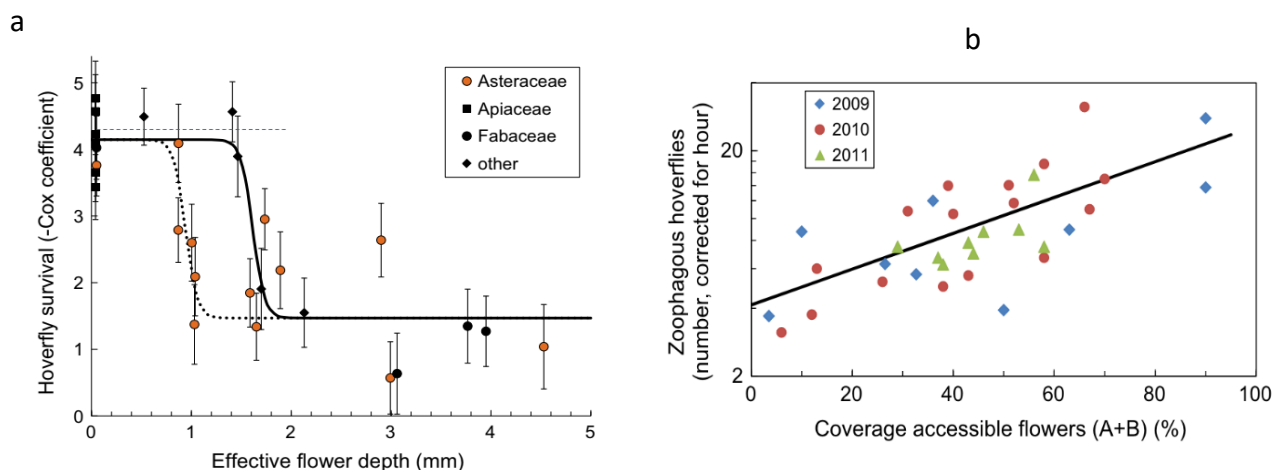


Fig. K1.a. De overleving van zweefvliegen neemt af met toenemende bloemdiepte. Voor nectar- en stuifmeelvoorziening voor zweefvliegen zijn dus alleen bloemsoorten met ondiepere bloemen geschikt. b. De relatie tussen de functionele bloemendichtheid en het aantal zweefvliegen met relevantie voor de natuurlijke plaagbestrijding (log-schaal) laat zien dat het aantal zweefvliegen toeneemt met de dichtheid bloemen waarvan de nectar en stuifmeel beschikbaar zijn. Overgenomen uit (5) met toestemming van auteurs.

Tabel K1. Akker- en akkerrandplanten, geordend naar familie en bloemdiepte, met hun functies voor plaagbestrijding, (-: afwezig, +/-: matig, +: goed, ++: zeer goed, leeg: geen gegevens beschikbaar). Florale nectar en stuifmeel op basis van onderzoek van Rijn en collega's en (voor sluipwespen) Russell (2015). Basis voor Bloeiperiode: data monitoring akkerranden (FABulous Farmers/van Rijn 2022), Nectar diepte en stuifmeel (5); vakje is groen als nectar goed bereikbaar is voor zoophage zweefvliegen (diepte <1 mm bij Asteraceae, <2 mm bij overige soorten); Zoophage zweefvliegen: (5) en aanvullende waarnemingen (IBED/van Rijn); Groene Gaasvlieg: (36) en aanvullende waarnemingen (IBED/van Rijn); Sluipwespen: (37, 38); Tabakstrips: nieuwe tellingen in bloemen; Koolmotje: (39, 40). Advies samenstelling zaadmengsel (gewicht%) op basis van ervaringen met akkerranden in Hoeksche Waard gericht op ondersteuning bladlluisbestrijders en wilde bijen (van Rijn).

Familie /subfam.	Nederlandse naam	Soortsnaam	1-, 2- of meerjarig	Nectar en stuifmeel				Levensduur Bestrijders				Plagen		Mengsels		
				Bloeimaand	EXtraflorale nectar	Diepte Florale nectar	Bereikbaar Stuifmeel	Keuze Zweefvliegen	Zweefvliegen	Groene Gaasvlieg	Sluipwespen	Tabakstrips	Koolmotje	zaden/g	Eenjarig (gew.%)	Meerjarig (gew.%)
Apiaceae	pastinaak	<i>Pastinaca sativa</i>	2/M	7-8		0	+		++	++				313		4
	wilde peen	<i>Daucus carota</i>	2	7-8	-	0	+	+/-	++	++	++		+/-	1100		2
	berenklauw	<i>Heracleum spondylium</i>	M	7-8	-	0	+	++	++	++	++		+/-			
	akkerscherf, groot	<i>Ammi majus</i>	1	7-8	-	0	+	++	++	+	-	--		1300	5	
	koriander	<i>Coriandrum sativum</i>	1	7	-	0	+		+/-	(++)	+	--		100	5	
	venkel	<i>Foeniculum vulgare</i>	M	7-8	-	0	+	++	+/-	(++)	++		+/-	250		5
	dille	<i>Anethum graveolens</i>	1	7	-	0	+	++			+	+	+	900	5	
	boekweit	<i>Fagopyrum esculentum</i>	1	6-7	-	0.4	+	++	+	++	++		+	45	24	19
	perzikkruid*	<i>Persicaria maculosa*</i>	1	7-8	-	0.8	+	+			+/-	--				
	gipskruid	<i>Gypsophila elegans</i>	1	6-7	-	1.5	+	++	+	++				1500	9	
/Carduo ideae	komkommer-kruid	<i>Borago officinalis</i>	1	6-8	-	1.4	+		++	++	+/-		--			
	bijenvoer	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	1	6-7	-	2.1	+	+/-	-	+/-	-	+				
	scherpe boterbloem	<i>Ranunculus acris</i>	M	6-8	-	1.7	+	-	+/-							
	bladrammanas	<i>Raphanus sativus</i>	1	6-7			+	+				++	(+)			
	herik*	<i>Sinapis arvensis*</i>	1	6-7			+	++	(+)	+/-	++	++	+			
	korenbloem	<i>Centaurea cyanus</i>	1	6-8	+	2.6	+	+	+	+	+	+	--	300	10	8
	akkerdistel*	<i>Cirsium arvense*</i>	M	6-8	-	1.6	+	+/-	+/-	+/-						
	knoopkruid	<i>Centaurea jacea</i>	M	7-8	-	3.7	+	-			-		+/-			
	duizendblad	<i>Achillea millefolium</i>	M	6-8	-	0.9	+	+	+	+	+/-			6250		2
	echte kamille*	<i>Matricaria recutita*</i>	1	6-7	-	0.9	+	++	+	+/-		+				
/Asteroidae	boerenworm-kruid	<i>Tanacetum vulgare</i>	M	8	-	1.0	+		+/-	+/-	+		--	8000		2
	reukloze kamille	<i>Tripleurospermum maritimum</i>	1	6-8		1.2	+	+	+/-	+/-					5	
	gele kamille	<i>Anthemis tinctoria</i>	M	6-8	-	1.6	+	++	+/-	+/-				2500		4
	margriet	<i>Leucanthemum vulgare</i>	M	6	-	1.7	+	+	+/-	+	+/-			2500		5
	ganzenbloem	<i>Glebionis segetum</i>	1	7-8	-	1.8	+	++	+/-	+/-		++		900	5	2
	meisjesogen	<i>Coreopsis tinctoria</i>	1		-	1.9	+	-	+/-							
	zonnebloem	<i>Helianthus annuus</i> (klein)	1	8	(+)	3.3	+	-	+/-	+				30	2	
	goudsbloem	<i>Calendula officinalis</i>	1	7-8	-	2.9	+		-							
	cosmea	<i>Cosmos bipinnatus</i>	1	8	-	4.5	+	-	-	+/-		+				
	scherm-streepzaad	<i>Crepis capillaris</i>	M	7-8	-	?	+		+/-							
/Cichori oideae	cichorei	<i>Cichorium intybus</i>	M	X	-	?	+	+/-	-	+				770		2
	melkdistel*	<i>Sonchus oleraceus*</i>	1	6-8		?	+	+				--				
	voederwikke	<i>Vicia sativa sativa</i>	1	6-7	+		-		++		++			25		2
	rolklaver	<i>Lotus corniculatus</i>	M	6-8	-	3.1	-	-	-	-		+		500		3
	luzerne	<i>Medicago sativa</i>	M	7-8	-	4.0	+/-	+/-	-		+/-		+	500		4
	vogelwikke	<i>Vicia cracca</i>	M	7-8	-	3.8	-		-							
	witte klaver	<i>Trifolium repens</i>	M	6-8	-	2.5	-	-			-	+	-	877		2
	rode klaver	<i>Trifolium pratense</i>	M	6-8	-	6.0	-	-			-		-	300		3
	bolderik	<i>Agrostemma githago</i>	1	6-7	-	6.1										
	vlas	<i>Linum usitatissimum</i>	1	7	-	2.6										
Fabaceae	groot kaasjeskruid	<i>Malva sylvestris</i>	M	6-8	-	2.0	+	-								
	klaproos	<i>Papaver rhoeas</i>	1	6-8	-	no	+	+/-		+/-		--		9000	2	2
	smalle weegbree	<i>Plantago lanceolata</i>	M	6-8	-	no	+	+						485		1
		*) akkeronkruid												som:	72	72



Foto 6: Extraflorale nectar (hier de druppeltjes op het omwindsel van Korenbloem) is voor bestrijders vaak beter bereikbaar dan floraal nectar.

2.2 Hoe kunnen we in deze behoeften voorzien?

Om bestrijders en bestuivers te stimuleren is het dus noodzakelijk om maatregelen te treffen die helpen voorzien in hun levensbehoeften, zeker wanneer die niet worden geboden door gangbare teeltsystemen (41-43). Hiertoe kan bij het landschapsbeheer aandacht worden besteed aan het behoud en verbetering van bestaande semi-natuurlijke landschapselementen maar ook aan de creatie van gericht samengestelde landschapselementen in de directe omgeving van de gewaspercelen (dmv specifieke akkerranden en hagen) of van gericht gekozen ondergroei in meerjarige gewassen (bodembedekkers, bloemrijke ondergroei in boomgaarden).

De bijdrage van landschapselementen aan de levensbehoeften van nuttige insecten is dus met name afhankelijk van de soortensamenstelling en vegetatiestructuur, maar ook van de grootte en ruimtelijke verdeling in het landschap (41). Alhoewel de bijdrage van de meeste factoren breed is onderzocht (7-11), wordt er vaak geen rekening gehouden met de soortensamenstelling van de vegetatie. Zo laat een studie waarin suikerreserves van individuele sluipwespen werden geanalyseerd, zien dat sluipwespen langs een natuurlijke vegetatie met hoge biodiversiteit volledig uitgehongerd waren, terwijl individuen verzameld langs een gericht samengestelde vegetatie (met toegankelijke extraflorale nectar) wel hoge suikerreserves hadden (33). Gericht samengestelde landschapselementen zijn dus effectiever in het verstrekken van hulpbronnen voor nuttige insecten (kader 1 “Functionele bloemrijke vegetatie”). Van

de gericht samengestelde landschapselementen zijn kruidige akkerranden en hagen het meest bestudeerd.

Kruidige akkerranden kunnen bijdragen aan de aanwezigheid en effectiviteit van bestrijders en bestuivers, enerzijds door te functioneren als brongebied waar de aantallen insecten kunnen toenemen en van waaruit zij zich kunnen verspreiden over de akkers, en anderzijds door in essentiële hulpbronnen te voorzien die de bestrijders tijdens het seizoen nodig hebben en die in de aangrenzende gewassen vaak niet aanwezig zijn. Daarnaast kunnen akkerranden uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater reduceren, helpen erosie tegen te gaan en bijdragen aan de esthetische waarde van het landschap. Bovendien kan hier een deel van de populatie nuttige insecten overleven tijdens het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Voor met name kruipende bestrijders kan de vegetatie in kruidige en grasrijke akkerranden beschutting, overwinteringsplaatsen en voedsel bieden waardoor deze geschikte leefgebieden zijn. Inderdaad bevatten deze randen vaak hogere dichtheden loopkevers (Carabidae), kortschildkevers (Staphylinidae) en spinnen (Arachnidae) (44), mogelijk ten gevolge van de vegetatiestructuur en bodembedekking (20, 45).

Ook zogenoemde “beetle banks”, verhoogde grasachtige vegetatie in het midden van percelen, zijn voor dit doel ontworpen (15, 46). Meerjarige bloemenranden blijken in dit opzicht echter even effectief als de grasrijke beetle banks en leveren bovendien essentieel voedsel voor vliegende bestrijders. Om te functioneren als brongebied, is het van belang dat de akkerranden groot genoeg en permanent zijn, weinig verstoring kennen, gefaseerd wordt beheerd om voldoende grondbedekking in de winter te leveren en dat ze verbonden zijn met andere brongebieden. Aangezien bloeiende planten en (on)kruiden zeldzaam zijn geworden in moderne landbouwgebieden, wordt het belang van bloeiende akkerranden steeds groter. Er zijn echter meerdere factoren die de effectiviteit van bloemrijke akkerranden wezenlijk bepalen en het is belangrijk dat het aanleggen van *functionele* akkerranden wordt gebaseerd op beschikbare wetenschappelijke inzichten (24). Ten eerste is het van belang om bij de soortensamenstelling rekening te houden met de plagen die moeten worden bestreden, welke bestrijders van deze plagen in de regio voorkomen, welke bloemen belangrijk zijn voor deze bestrijders (zie kader 1 “Functionele bloemrijke vegetatie”), en wat hun bloeiperiode is. Voor bestuiving is het belangrijk dat de randen met name bloemen bevatten die bloeien buiten de periode dat het gewas bestoven dient te worden, zodat nectar en stuifmeel beschikbaar zijn gedurende de hele vliegperiode van de bestuivers. Tenslotte is het van belang bij de samenstelling van de vegetatie plantensoorten uit te sluiten die als ernstige onkruiden gelden of die eventueel plagen en ziekten kunnen stimuleren (zie kader 3 “Risico’s van het gebruik van potentieel problematische soorten”).

Ook houtige landschapselementen zoals hagen kunnen bijdragen aan de aanwezigheid en effectiviteit van bestrijders en bestuivers. In de winter vormen houtige elementen een reservoir voor overwinterende bestrijders zoals lieveheersbeestjes (47), loopkevers, kortschildkevers en spinnen (41, 48) waarbij in het bijzonder de vorming van een strooisellaag van belang lijkt (15). In de lente kunnen houtige elementen vliegende bestrijders en bestuivers voedsel bieden voordat dit aanwezig is in het

gewas. Bomen en struiken kunnen functioneren als bron van nectar en/of stuifmeel vroeg in het seizoen, mits ze toegankelijke bloemen bezitten of veel stuifmeel produceren. Meerdere houtachtigen produceren bovendien extraflorale nectar, die al vroeg en gedurende langere periodes beschikbaar is. Eveneens van belang is dat bomen en struiken alternatieve prooien aanbieden zoals (niet-plaagvormende) bladluizen en andere herbivoren (zie kader 2 “Haagbomen en hun functies voor natuurlijke plaagbestrijding”). Burgio en collega’s (47) en van Rijn (21) suggereerden dat er grote verschillen bestaan in geschiktheid van houtige soorten als reservoir voor bestrijders. In beide studies werd de hoogste dichtheid bestrijders gevonden op soorten die veel bladluizen herbergen (21, 47). Soorten die bekend zijn als waardplant voor plaagvormende bladluizen kunnen beter worden vermeden (zie kader 3 “Risico’s van het gebruik van potentieel problematische soorten”).

Kader 2: Haagbomen en hun functies voor natuurlijke plaagbestrijding

Hagen en andere houtige landschapselementen kunnen een belangrijke rol spelen bij de ondersteuning van natuurlijke plaagbestrijding. Voor bestrijders hebben ze de volgende functies:

- de bast en de strooisellaag onder de bomen bieden bescherming voor met name de overwinteringsstadia van de bestrijders;
- bladluizen, bladvlinders en andere herbivoren in de hagen en houtige elementen zijn prooi voor (vooral) de larvale stadia van de bestrijders, terwijl de honingdauw die bladluizen afscheiden een extra suikerbron voor volwassen bestrijders kan zijn;
- de bloemen kunnen toegankelijke nectar en stuifmeel bieden, essentieel voor veel vliegende bestrijders.
- Bovendien heeft een aantal haagsoorten extraflorale nectarklieren die ook buiten de bloei voor makkelijk bereikbare suiker zorgen.

Net als bij de keuze van bloeiende kruiden, geldt echter ook hier dat niet alle soorten (even) geschikt zijn om biologische bestrijders te stimuleren.

Vooraf in het voorjaar, voordat de bloemen en bladluizen aanwezig zijn op de akker, kan de beschikbaarheid van geschikte bloemen en prooien essentieel zijn voor de opbouw van de bestrijder-populaties (49). Deze FAB-functie van houtige landschapselementen wordt sterk bepaald door de soortensamenstelling, maar ook door het beheer. Op veel houtige soorten zitten specialistische bladluissoorten die onderling sterk verschillen in hun aantalsontwikkeling. Ook verschilt de geschiktheid en periode van de bloesem. In onderstaande tabel staan deze verschillen aangegeven voor de meest voorkomende inheemse bomen en struiken. Onderzoek laat zien dat soorten die in het voorjaar een of beide typen voedsel bieden door meer bestrijders worden bezocht (21, 50). Door een variatie aan soorten aan te planten die in verschillende perioden nectar, pollen en prooi bieden kunnen bestrijders over een langere periode voedsel vinden in de haag en zo een populatie opbouwen die later de akkergewassen kan koloniseren (49). Dit kan worden bereikt door uit onderstaande tabel soorten met een goede ondersteuning van bestrijders (++) in voorlaatste kolom) uit zowel boven, midden als onderin de tabel te kiezen. Soorten die een (winter)waardplant zijn voor plaagvormende insecten kunnen mogelijk beter worden vermeden in gebieden waar gewassen worden verbouwd die gevoelig zijn voor deze plaagsoorten.

Tabel K2: Algemene bomen van hagen en houtwallen met hun functies voor plaagbestrijding, geordend naar bloeiperiode (-: afwezig, +: redelijk, ++: goed, +++: zeer goed, leeg: geen gegevens beschikbaar). Florale nectar en stuifmeel op basis van [drachtplanten.nl] en Van Hoorde, Hermy, Rotthier and Jacobs (51). Overige informatie gebaseerd op van Rijn (21) en lopend vervolgonderzoek. 'Ondersteuning bestrijders' geeft (als samenvattend oordeel) het aantal waargenomen bestrijders op de betreffende soort weer.

Nederlandse naam	Soortnaam	Max. hoogte (m)	Extraflorale nectar	Florale nectar bron*	Stuifmeel bron	Bloeiperiode (maand)	Bron van prooien	Periode prooien	Ondersteuning bestrijders	Winterwaarde voor plaagsoort**:
Hazelaar	<i>Corylus avellana</i>	6	-	-	+++	1-3	+++	5-7	++	
Zwarte els	<i>Alnus glutinosa</i>	24	-	-	++	1-3	++	6	+	
Gele kornoelje	<i>Cornus mas</i>	6	-	++	+++	3	-			
Grauwe wilg	<i>Salix cinerae</i>	10		+++	++	3-4	++	4-6	+	
Sleedoorn	<i>Prunus spinosa</i>	3	+	++	++	3-4	+++	5-6	++	
Veldesdoorn	<i>Acer campestre</i>	18		+++	+	4	++	4-5	++	
Vogelkers	<i>Prunus padus</i>	15	+	+	+	4	+++	4-5	++	Perzikbladluis ¹ , vogelkersluis ²
Schietwilg	<i>Salix alba</i>	20	+	+++	+++	4	+	6	+	zevenbladluis ³
Gewone Esdoorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	30	-	+++	++	4-5	++		+	
Eenstijlige meidoorn	<i>Crataegus monogyna</i>	4.5	-	+	+	4-5	+++	5-6	++	bacterievuur ⁴
Kardinaalsmuts	<i>Euonymus europaeus</i>	6	-	+	+	4-5	++	4-6	++	zwarte bonenluis ⁵
Gelderse roos	<i>Viburnum opulus</i>	4	+	+	+	5	++	5-6	++	zwarte bonenluis ⁵
Rode kornoelje	<i>Cornus sanguinea</i>	3	-	+	+	5	++	5, 9-10	+	
Lijsterbes	<i>Sorbus aucuparia</i>	9		+	+	5	++		++	
Vuilboom	<i>Frangula alnus</i>	3	-	++	++	5	-			vuilboomluis ⁶
Wilde liguster	<i>Ligustrum vulgare</i>	3	-	+	+	5-6	-			
Hondsroos	<i>Rosa canina</i>	3	+	-	+++	5-6	++	5-6	+	roos-grasluis ² , aardappeltopluis ⁶
Gewone vlier	<i>Sambucus nigra</i>	7	+	+	+	5-6	++	6	+	
Linde	<i>Tilia sp.</i>	35		+++	+++	6-7	+++	5-6	++	

*)Florale nectar aanbod: +: 1-50 kg/ha, ++: 51-100 kg/ha, +++: >100 kg/ha Van Hoorde, Hermy, Rotthier and Jacobs (51).

**) Genoemde soorten zijn plaag, ziekte of vector in de volgende gewassen: (1) Diverse gewassen, (2) Graan, (3) Peen, (4) Fruitbomen, (5) Suikerbiet, boon, (6) Aardappel.



Foto 7: Bomen en struiken ondersteunen bestrijders in het voorjaar door de combinatie van prooien en bloemen.

Kader 3: Risico's van het gebruik van potentieel problematische soorten

Veel plaaginsecten en gewaspathogenen kunnen zich ook ontwikkelen op andere plantsoorten, zogeheten alternatieve waardplanten. Bovendien kunnen ook sommige plagen van bepaalde bloemen profiteren. Het vermijden van alternatieve waardplanten of plaagstimulerende plantensoorten op of om de akker kan voorkómen dat ziekten en plagen ongewild gestimuleerd worden. Alternatieve waardplanten kunnen met name problematisch zijn wanneer deze aanwezig zijn in een ander seizoen dan het gewas, waardoor plaaginsecten of pathogenen zich kunnen handhaven of zelfs populaties kunnen opbouwen in afwezigheid van het gewas. Een voorbeeld hiervan zijn houtige gewassen die als winterwaard voor bepaalde bladluizen of (roest)schimmels kunnen dienen. Bloemen die door nectar- of pollen-etende plagen kunnen worden benut kunnen echter ook *tijdens* de gewasperiode deze plagen stimuleren (28, 52). Door een gerichte keuze van bloeiende kruiden of haagbeplantingen kunnen deze problemen echter ondervangen worden (39). Hierbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat bestrijders en plaaginsecten veelal verschillende plantensoorten exploiteren (53, 54). Op basis van beschikbare studies kan men zodoende tot een gefundeerde samenstelling van landschapselementen komen waarmee gericht nuttige insecten ondersteund worden en stimulering van ziekten en plagen wordt vermeden.

3 Invloed van landschapselementen op de aanwezigheid en effectiviteit van nuttige organismen

Landschapselementen moeten niet alleen voorzien in de levensbehoeften van bestrijders en bestuivers, maar deze hulpbronnen moeten ook daadwerkelijk gevonden en gebruikt worden door de nuttige insecten (33) en dit moet vervolgens ook resulteren in betere bestuiving en plaagbestrijding in het gewas. Alleen dan kan FAB bijdragen aan een verhoogde opbrengst en/of kwaliteit van het gewas, dan wel tot een verlaging van het gewasbeschermingsmiddelengebruik.

De laatste drie decennia hebben deze aspecten in toenemende mate belangstelling van onderzoekers gekregen (55). Om voedselopname aan te tonen, kan bijvoorbeeld gekeken worden naar gewichtstoename van individuele insecten (56), of men kan via darmanalyse de aanwezigheid van stuifmeel of nectarsuikers aantonen (57). Ondanks dat er relatief veel bewijs is dat bloemrijke akkerranden en houtige elementen een hogere dichtheid en diversiteit aan bestrijders en bestuivers kunnen bevatten, is het minder vaak onderzocht of dit ook leidt tot een hogere dichtheid in nabijgelegen gewassen en of dit zich vertaalt in meer effectieve biologische plaagbestrijding en bestuiving (41, 58, 59).

In de volgende tekst zal per type landschapselement worden geïnventariseerd wat er bekend is over hun effect op de aanwezigheid en effectiviteit van bestuivers en van kruipende en vliegende bestrijders en of dit vooral op perceels- danwel landschapsschaal plaatsvindt.

3.1 Bloemrijke akkerranden

3.1.1 Akkerranden en plaagbestrijding

Akkerranden zijn een bekende methode om natuurlijke vijanden van plagen te stimuleren. Diverse studies laten zien dat akkerranden met bloemen die geselecteerd zijn op geschiktheid voor vliegende bestrijders leiden tot verhoogde dichtheden van de larven van deze bestrijders in het gewas, waaronder gaasvliegen, lieveheersbeestjes en zweefvliegen (60-64). Maar ook de activiteit van sluipwespen, gemeten als het percentage bladluizen of rupsen dat geparasiteerd is, was hoger in aanwezigheid van nectar-biedende akkerranden (60, 65). Veel van deze studies lieten ook zien dat plaagdichtheden significant lager waren in aanwezigheid van deze akkerranden. Omdat de effecten van de bloemenrand alleen op vrij korte afstand van akkerranden (5-50 m) zijn gemeten, is het echter nog niet duidelijk op welke afstand de vliegende bestrijders nog effectief zijn. Voorlopige resultaten uit de Hoeksche Waard geven aan dat het effect van een bloemrijke akkerrand op bladluizendichtheden nog meetbaar is tot op 100-150 meter in het aardappelgewas (35).

Duelli en collega's (66) constateerden al dat veel landschapselementen hoge dichtheden aan roofkevers en spinnen herbergen, maar dat dit maar deels soorten betreft die op de akkers worden aangetroffen, waar ze bijdragen aan de plaagbestrijding. Uit recenter onderzoek blijkt dat de uitwisseling tussen akkers en landschapselementen van veel nuttige spin- en keverfamilies beperkt is tot habitats en gewassen met vergelijkbare structuur, zoals graanakkers en grassige akkerranden (67-

69). Voor de kevers lijken voornamelijk de bedekking van de akker en de grondbewerking bepalend te zijn voor hun dichtheid en effectiviteit.

Ook in boomgaarden is de aanwezigheid van een- of meerjarige bloemrijke vegetatie herhaaldelijk in verband gebracht met hogere dichtheden bestrijders (zowel spinnen als lieveheersbeestjes en gaasvliegen), een betere bestrijding van verschillende soorten bladluizen (70-74) en minder beschadigd fruit (71). Veel van deze bloemrijke stroken waren echter niet geoptimaliseerd voor bestrijders, waardoor de effectiviteit wellicht nog aanzienlijk kan worden verhoogd.

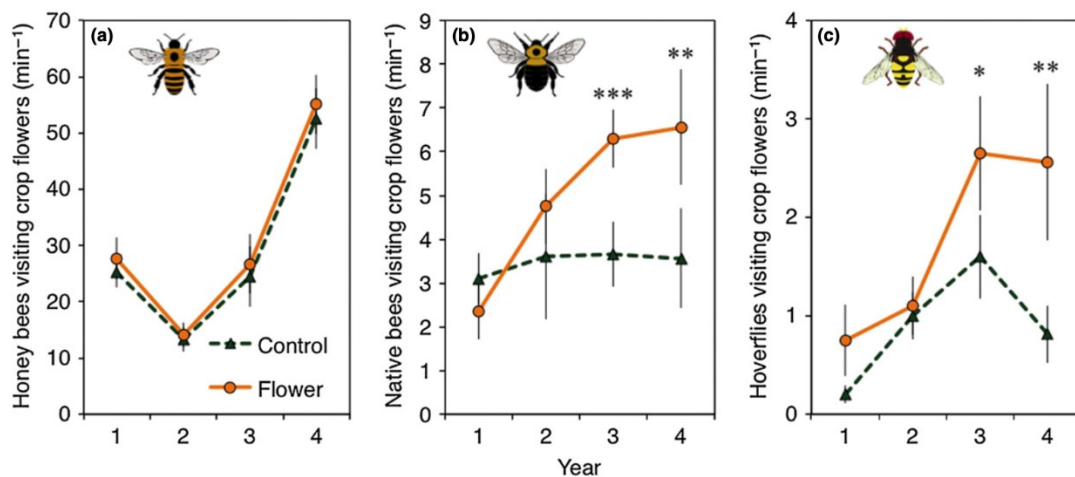


Fig. 3. Het aanleggen van een strook met meerjarige wilde bloemen naast blauwe-besplantages leidde na enkele jaren tot meer bloembezoek in het gewas door wilde bijen (b) en zweefvliegen (c), maar niet door honingbijen (a) (75).

3.1.2 Akkerranden en bestuiving

Onderzoek van (75) laat zien dat de aanleg van bloemenranden na enkele jaren kan leiden tot een hogere dichtheid van bestuivers in gewassen (Blauwe bes, fig. 3) en specifiek van wilde bijen en zweefvliegen. Terwijl in het eerste jaar het gewas door de concurrentie van de bloemstroken mogelijk minder bezoek van de aanwezige wilde bijen kreeg, werd dat in volgende jaren meer dan goed gemaakt door een toename van het aantal wilde bijen. In boomgaarden met gericht samengestelde bloemstroken steeg het bezoek van appelbloesem door wilde bijen en vliegen met 40% (76). Er zijn echter ook voorbeelden waarin er geen verschil in dichtheid van bestuivers werd gevonden in gewassen (w.o. blauwe bes, kers en appel) naast bloemenranden ten opzichte van controle-randen, terwijl de bloemenranden zelf een hogere dichtheid en diversiteit van bestuivers herbergden (77). Voordat bloemenranden de bestuiving van het gewas kunnen stimuleren zal aan twee voorwaarden moeten worden voldaan: de bloemen in de randen moeten geschikt zijn voor de soorten die het gewas bestuiven en de bloeiperiode dient complementair te zijn aan die van het gewas (78). De geconstateerde positieve effecten van bloemrijke vegetatie op de aanwezigheid van bestuivers in andere studies (77, 79) suggereren dat optimalisatie voor belangrijke bestuivers mogelijk is.

Wanneer de effecten op plaagbestrijding en bestuiving worden samengenomen, lijkt de aanleg van de juiste bloemrijke randen effectief en zelfs opbrengst-neutraal, suggererend dat het verlies aan gewasareaal door de aanleg van bloemrijke akkerranden wordt gecompenseerd door een hogere productie op het overblijvende areaal (58, 80, 81). In een gewasrotatie met o.a. de bestuivingsgevoelige veldboon leidde het gebruik van 3 of 8% van het land voor bloemrijke akkerranden na enkele jaren tot hogere productiviteit ondanks het licht gereduceerde gewasareaal ('ecologische intensificatie': Pywell, *et al.* (80)).



Foto 8: Eenjarige akkerrand naast aardappelveld met o.a. korenbloem, boekweit, klaproos en zonnebloem in de Hoeksche Waard.

3.2 Hagen

Met hagen worden hier alle houtige, lijnvormig landschapselementen aangeduid, dus inclusief heg, struweelhaag, bossingel e.d. Terwijl bij het onderzoek naar akkerranden de nadruk ligt op de effecten op het aangrenzend gewas, wordt van andere, meer houtige landschapselementen vaak meer hun gezamenlijke effect op grotere ruimtelijke schaal bestudeerd (10). Echter, om ook maatregelen te kunnen nemen op het niveau van boerenbedrijven is het van belang te weten wat het effect van landschapselementen zoals hagen op nabijgelegen percelen is. De Engelse literatuur bevat veel studies naar de biodiversiteit en het belang van 'hedgerows'. Hiermee worden erfafscheidingen van bomen en struiken bedoeld, inclusief de bijbehorende kruidlaag. Deze hagen herbergen een enorme

biodiversiteit en leveren in potentie veel ecosysteemdiensten (82). Mede door hun nabijheid bij landbouwpercelen kunnen ze ook bijdragen aan bestuiving en plaagbestrijding in landbouwgewassen (83, 84). Hoewel de samenstelling van bestaande hagen vaak nog bepaald is door hun voormalige functies zoals veekering, productie van gebruikshout of windscherm, kan ook hier de samenstelling bij herstel of aanleg mede worden afgestemd op de FAB-functies.

3.2.1 Hagen en plaagbestrijding

Door het bieden van beschutting en overwinteringshabitat en van voedsel in de vorm van prooien, nectar en pollen, vooral in perioden deze dat elders schaars zijn, kunnen hagen een belangrijke ondersteuning bieden aan bestrijders van plagen zoals spinnen, lieveheersbeestjes, zweefvliegen en sluipwespen (15, 85, 86). Veel studies laten positieve relaties zien tussen de totale lengte aan houtige elementen in de omgeving en de dichtheid aan bestrijders in de akkers (87) of de parasiteringsgraad van plagen (88, 89). Echter, dit zijn primair studies waar veel semi-natuurlijke elementen samen zijn genomen als maat voor 'landschapscomplexiteit' (bijv. Thies, Roschewitz and Tschardt (90) en het is dus vaak niet duidelijk welke kruidige of houtige elementen hierin bepalend zijn voor het effect (zie paragraaf Landschapssamenstelling), laat staan dat de soortensamenstelling in beschouwing is genomen.

Studies waarin het effect van hagen op het aangrenzende perceel is gemeten zijn veel zeldzamer dan bovengenoemde landschapsstudies. Albrecht, *et al.* (58) noemen er maar één (19) waarin geen lokaal effect op kruipende bestrijders of plaagbestrijding werd vastgesteld. Andere studies vonden wel bewijs voor de verspreiding van kruipende (spinnen en kortschildkevers) en vliegende bestrijders (parasitaire wespen, lieveheersbeestjes en zweefvliegen) van hagen naar aangrenzende gewassen (50, 91-93), waar deze kunnen leiden tot betere plaagbestrijding. Terwijl Garratt en collega's (50) geen significant effect vonden van hagen op de mate waarin bladluizen geparasiteerd werden, vonden Morandin en collega's (94) een hogere dichtheid lieveheersbeestjes en minder bladluizen in velden grenzend aan hagen, waar bovendien het effect op 100 meter van de hagen groter was dan op 200 meter. Beide studies lieten zien dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen minder frequent nodig was in de aanwezigheid van hagen dan in hun afwezigheid. Mogelijk zijn de effecten van hagen niet altijd heel lokaal en is vooral het totaal aan hagen in de omgeving belangrijk (95, 96).

Gemengde hagen, zoals traditioneel in de landbouw worden gebruikt, zijn in het algemeen niet specifiek samengesteld met het oog op het aanbod van hulpbronnen voor bestuivers of biologische bestrijders. Dat betekent dat de effectiviteit van gemengde hagen wellicht nog verder verhoogd kan worden wanneer hier wel rekening mee wordt gehouden (zie kader 2 "Haagbomen en hun functies voor natuurlijke plaagbestrijding"). Onder de algemeen gebruikte haagsoorten bevindt zich een aanzienlijk aantal die bloemnectar en pollen bieden (zie tabel K2). Het feit dat ze bovendien veelal vroeg in het seizoen bloeien is eveneens een pluspunt, maar het is niet altijd bekend in hoeverre de bloemnectar van deze soorten bereikbaar is voor biologische bestrijders. Daarnaast biedt een aantal haagsoorten, zoals vlier, wilg, sleedoorn, roos en Gelderse roos extraflorale nectar die zeer goed

bereikbaar is. Tenslotte bieden veel haagsoorten ook schuilplekken voor roofmijten (acarodomatia (97)). Verder bieden hagen vaak ook ruimte aan wilde kruiden die ook een rol kunnen spelen bij de ondersteuning van bestrijders (98).

3.2.2 Hagen en bestuiving

Door het bieden van beschutting, nestgelegenheid en bloemen kunnen hagen wilde bestuivers ondersteunen (79, 83, 99). Doordat veel houtige planten (zoals wilgen) vroeg in het jaar bloeien, kunnen ze voor bestuivers een belangrijke aanvulling vormen op kruidige planten. Ook bieden hagen nestgelegenheid in de vorm van dunbegroeide en onverstoorde grond voor bijv. zandbijen, alsook in de vorm van dood hout en holle stengels voor metselbijen (100). Ze worden dan ook regelmatig in verband gebracht met een hogere diversiteit (101, 102) en aantallen bestuivers (50, 102). Ononderbroken hagen met veel diversiteit herbergen meer bijen dan gefragmenteerde hagen met simpelere soortensamenstelling (50). Morandin and Kremen (93) vonden aanwijzingen voor verspreiding van bestuivers uit hagen naar het aangrenzend gewas, maar dit leidde niet altijd tot meer bloemvisitaties en hogere zaadzetting (102). Ook hier geldt dat deze effecten alleen zijn te verwachten als de bloemen in de hagen geschikt zijn voor de bestuivers van het gewas en de bloeiperiode complementair is aan die van het gewas en de overige vegetatie. Waar dit het geval is, zou, volgens een studie uit Californië, een investering in de aanleg en restauratie van hagen door het effect op de bestuiving door wilde bijen in 7 jaar terugverdiend kunnen worden bij gewassen waar bestuiving door honingbijen gelimiteerd is (103).



Foto 9: Houtige landschapselementen bieden beschutting en voedsel voor bestrijders en bestuivers, vooral wanneer de gewassen nog weinig te bieden hebben.

3.3 Landschapssamenstelling en plaagbestrijding

Naast semi-natuurlijke vegetatie in de randen van de percelen heeft ook het landschap eromheen een belangrijke rol bij het ondersteunen van nuttige insecten en hun ecosysteemdiensten. Meerdere meta-analyses tonen het belang van landschapssamenstelling en -configuratie aan, waarbij vaak zowel de dichtheid als de diversiteit van bestrijders toeneemt met het aandeel semi-natuurlijke landschapselementen in de omgeving (7, 10, 11, 104, 105). Ook de dichtheid en diversiteit van bestuivers is vaak groter als het omliggende landschap meer semi-natuurlijke landschapselementen bevat (8, 106, 107). Effecten van omringend landschap op indicatoren voor bestrijding (zoals afname van de plaagdichtheid) en bestuiving (zoals vrucht- en zaadsetting) zijn vaak minder eenduidig, en hiervoor zijn verschillende verklaringen.

Als gevolg van landschapscompletering (zie kader 4) zal de effectiviteit van bloemstroken of hagen langs akkers afhankelijk zijn van de samenstelling van het landschap eromheen. Deze interactie tussen effecten op lokale en landschapsschaal heeft het laatste decennium meer aandacht gekregen (106, 108). Zo vonden Scheper en collega's dat bloemrijke akkerranden het aantal bestuivers laat toenemen, maar alleen als er ook andere landschapselementen aanwezig waren (109) en vooral in landschappen met voldoende vroegbloeiende bloemen (110). Grab en collega's (111) vonden dat bloemstroken de bestuiving van aardbeien verbeterden, maar alleen waar het aandeel natuurlijk habitat in het (New Yorkse) landschap boven de 25% lag. Ook de dichtheid en effectiviteit van bestrijders is soms hoger bij een combinatie van randvegetaties en meer landschapselementen in het landschap eromheen (108). Gegeven dat de verwachte complementariteit van diverse landschapselementen voor verschillende systemen heel verschillend kan zijn, is het niet verrassend dat reviews die voor het karakteriseren van het landschap alleen grove habitatcategorieën gebruiken (bossen, struiken, kruiden) geen eenduidige uitkomsten laten zien (112). Als bij de analyses rekening wordt gehouden met het gewas zijn de effecten van landschapssamenstelling vaak al duidelijker (104, 112). Een recentere review laat bovendien zien dat niet zozeer de oppervlakte als wel de omtrek (de lengte van de randen) van de landschapselementen bepalend is voor het effect van de landschapselementen (87, 105).

Ook indien landschapselementen preciezer worden geclassificeerd, kunnen tussen vegetatietypes nog steeds grote verschillen bestaan in de aanwezigheid van geschikte voedselbronnen voor de belangrijke bestrijders of bestuivers. Er is daarom nog veel inzicht te winnen als ook de soortensamenstelling van de landschapselementen wordt gerelateerd aan eigenschappen en behoeften van de bestrijders bij het kwantificeren van de functionaliteit van landschapselementen (41, 105, 108). Dat betekent dat ook bij het beheer en de aanleg van landschapselementen de effectiviteit kan worden verhoogd wanneer rekening wordt gehouden met de specifieke eisen van bestrijders en bestuivers (113).

Kader 4: Landschapscompletering

Bestuivers en bestrijders zijn vaak van meerdere soorten habitat afhankelijk omdat ze gedurende het jaar verschillende hulpbronnen nodig hebben en deze hulpbronnen in het agrarisch landschap vaak over verschillende habitats zijn verdeeld. Zo vinden zweefvliegen die in het voorjaar uit winterrust komen nog weinig prooi in de akkers en is de eerste generatie vooral afhankelijk van de bladluispopulaties en de bloemen die zich als eerste op bomen en struiken ontwikkelen. Later in het voorjaar vinden de volwassen zweefvliegen vaak wel de prooi voor hun larven in akkergewassen, maar niet de bloemen waarmee ze zichzelf in leven houden. Voor dat laatste zullen ze bloemrijke akkerranden of bermen in de buurt moeten kunnen vinden. Voor de zweefvliegen zijn hagen, akkers en akkerranden dus complementair: alleen waar al die soorten habitat (of habitats met vergelijkbare functies) dichtbij elkaar aanwezig zijn kan de zweefvliegpopulatie zich voldoende ontwikkelen. Als dat het geval is zou je het landschap voor de zweefvlieg 'compleet' kunnen noemen (49, 114). Dit heeft als gevolg dat het effect van een landschapselement (bijv. akkerrand) afhankelijk is van de aanwezigheid van andere landschapselementen (bijv. houtige, zie figuur K4). Zo bleek dat bij een studie het effect van akkerranden op de bestuiving van aardbeien afhangt van het aandeel bos in het omliggende landschap (111).

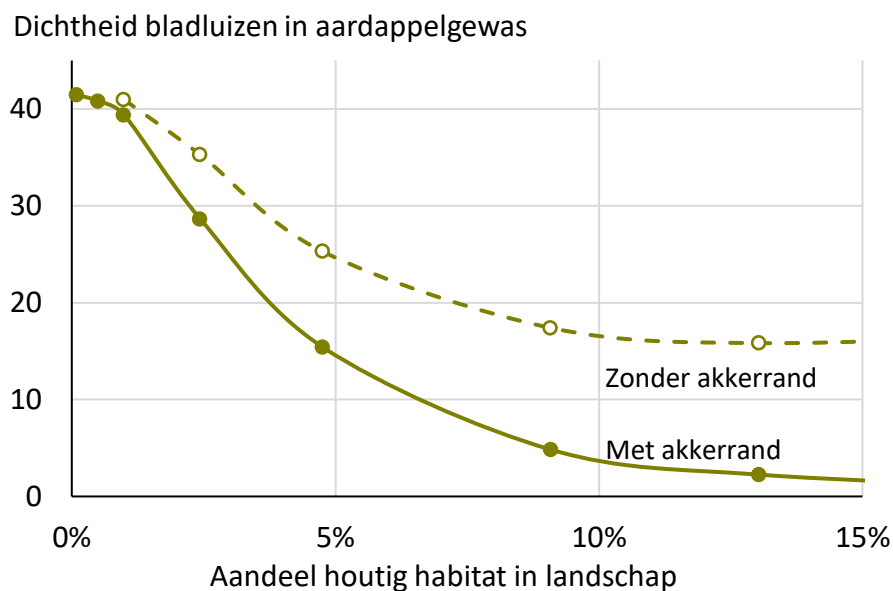


Fig. K4. De effecten op het plaagniveau in het gewas van een akkerrand en van houtige habitats in het landschap versterken elkaar, indien de habitats complementair zijn voor de bestrijder, volgens model van (49).

3.4 FAB en onkruidbestrijding

Onkruiden spelen in FAB een dubbele rol. Hun naam duidt op hun schadelijke rol: door met gewassen te concurreren om water, voedingsstoffen en licht kunnen ze de opbrengst van de gewassen verminderen. Net als andere planten op en rond de velden, kunnen onkruiden echter ook bestrijders en bestuivers ondersteunen en daarmee, op een indirecte manier, zelfs de opbrengst van de gewassen vergroten (115-117). Een aantal onkruiden hebben bloemen met zeer toegankelijk nectar en kunnen daarmee de overleving van vliegende bestrijders vergroten (zie Tabel K1, (78)). Ook kunnen onkruiden specifieke herbivoren huisvesten die als alternatieve prooien of gastheren kunnen dienen (118-120). Het voordeel van bloeiende onkruiden t.o.v. bloemen in de akkerranden is dat ze meer verspreid door het veld staan en dus de bestrijders het veld in lokken en houden waar ze nodig zijn. Verder kunnen onkruiden zorgen voor bodembedekking, wat gunstig is voor kruipende bestrijders (121). Mogelijk zorgen deze effecten ervoor dat velden met een grotere diversiteit aan planten gewoonlijk een grotere diversiteit en dichtheid aan predatoren herbergen (122), maar geen grotere dichtheid aan plagen (123). Deze nuttige rol van onkruiden betekent dat het maximaal bestrijden van onkruiden niet altijd het beste is voor de productie (124, 125). Mogelijk kunnen methoden van selectief onkruidbeheer worden ontwikkeld die de concurrentie tot een minimum beperken maar wel de ecosysteemdiensten ondersteunen (126).

Toch is beheersing van onkruiden in veel gevallen essentieel. Ook hier kan FAB deels een oplossing bieden (127). Er zijn namelijk ook allerlei organismen die helpen bij het onderdrukken van onkruiden. Dit begint met het verwijderen van de zaden voor- of nadat deze op de grond terecht zijn gekomen. Je kan hierbij denken aan zaadetende vogels, muizen en mieren, maar in de akkerbouw lijkt vooral een gunstige rol voor loopkevers weggelegd (128). Een deel van de loopkevers is omnivoor en predeert behalve op insecten en andere beestjes ook op zaden (zoals diverse *Bembidion* en *Pterostichus* soorten); andere soorten zijn pure zaadeters (zoals *Harpalus* soorten). Een grote experimentele studie liet zien dat loopkevers veel meer kleine zaden eten die rijk zijn aan vetten dan zaden van andere soorten (129). Onder de meest gegeten zaden waren ook lastige onkruiden zoals melganzevoet, straatgras en gekroesde melkdistel. Een studie die zowel de productie als de consumptie van onkruidzaden in Nederlandse graanvelden heeft gemeten, constateerde grote variatie in consumptie afhankelijk van het weer en de tijd van het jaar. Over een heel seizoen genomen werd de consumptie geschat op 32 tot 70% van de productie, indien de zaden aan de oppervlakte bleven liggen. Als de zaden al na twee weken in de grond werden gewerkt, lagen deze waarden 14% lager (130).

Conditie die zaad-predatie kunnen vergroten zijn grotendeels dezelfde als die de plaag-predatie door kruipende bestrijders kunnen vergroten, dus niet-kerende grondbewerking en bedekking van de bodem (127). Ploegen is echter ook een belangrijke manier om de onkruiddruk te verminderen, omdat een deel van het recent gevallen onkruidzaad zo diep in de bodem terecht komt dat het niet kan kiemen. Ploegen geeft echter ook een flinke verstoring van het bodemleven en vermindert de overlevingskansen van zaadeters (131, 132). Bovendien zijn de onkruidzaden na het ploegen nauwelijks meer bereikbaar voor zaadeters en blijven veel zaden in de grond aanwezig, waardoor een deel na een nieuwe grondbewerking opnieuw aan de oppervlakte komt en alsnog kan kiemen (133).

De grond bedekt houden, tussen teelten in of in het stadium dat het gewas zelf nog klein is, creëert gunstige omstandigheden voor kruipende bestrijders waaronder zaadeters (121). Bodembedekkers hebben behalve een direct onderdrukkend effect op onkruid ook een gunstig effect op kruipende bestrijders, en bij de juiste keuze ook op vliegende bestrijders. In situaties dat er voor een extra teelt van groenbemesters geen ruimte is, kan ook overwogen worden onkruidbestrijding uit te stellen om zo gunstiger condities te behouden voor zaadeters. Dit geeft de schijnbaar paradoxale situatie dat het tijdelijk laten staan van onkruid eraan bij kan dragen in een later stadium minder last te hebben van onkruid. Ook het aanbrengen van akkerranden of stroken met vegetatie in de akkers kan zaadeters habitat bieden op momenten dat er geen gewas op het veld staat (134), hoewel de invloed op zaadpredatie beperkt lijkt tot enkele tientallen meters vanaf deze stroken (135).



Foto 10: Ook akkeronkruiden kunnen functioneel zijn voor ondersteuning plaagbestrijding: Snorzwefvlieg op Melganzevoet.

3.5 FAB en bescherming tegen ziekten

De ziektedruk, en de daaruit ontstane opbrengst- en kwaliteitsverliezen, zijn sterk afhankelijk van het gewas, de regio en het teeltsysteem. Onder Europese omstandigheden zijn aardappelen sterk onderhevig aan schimmel-, bacteriële en virale ziekten. De meest beruchte is aardappelziekte, die onder vochtige condities enorme verliezen kan veroorzaken. Granen zijn vaak gevoelig voor roest en meeldauw en peulvruchten hebben vooral last van bodempathogenen.

Ziekten kunnen worden bevorderd door de keuze van vatbare gewascultivars, maar ook door teeltmethoden zoals een beperkte gewasrotatie, of een te hoge stikstofbemesting. Gewassen die veel nutriënten krijgen groeien over het algemeen dichter, waardoor een microklimaat ontstaat dat gunstig is voor schimmels en bacteriën. Bovendien trekt het donkergroene blad bladluizen aan die virussen overdragen. Het gebruik van synthetische gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen heeft eveneens bijgedragen aan de vatbaarheid van onze gewassen. Onder deze chemische paraplu werden rotaties ingekort of volledig opgeheven en werden meer vatbare variëteiten geteeld.

Naast deze factoren werkt het gebrek aan biodiversiteit in de landbouw de ziektedruk op verschillende manieren in de hand. Behalve de reductie in landschapselementen en de daaruit voortvloeiende beperkte botanische diversiteit is de beperkte genetische diversiteit van de geteelde gewassen een verder belangrijk element. In de afgelopen eeuw is de gewasdiversiteit met 75% gereduceerd. Het telen op steeds grotere percelen, maar ook de veredeling op genetische uniformiteit voor mechanisatie en industrialisatie van voedselverwerking, hebben bijgedragen aan deze dramatische achteruitgang van de gewasdiversiteit.

Er zijn een aantal methoden om de biodiversiteit in de landbouw te verhogen en zodoende de vatbaarheid van gewassen voor ziektes te verlagen. Diversiteit in de tijd kan worden verhoogd door ruimere vruchtwisseling en door afwisseling van gewassen met bodembedekkers of groenbemesters. Diversiteit in de ruimte kan verhoogd worden door de perceelgrootte te reduceren, door strokenteelten of rassenmengsels met verschillende resistenties te telen en door het gebruik van bloeiende akkerranden en/of haagbeplantingen.

Kleinere percelen en onderbrekingen met verschillende vegetatiestructuren zoals heggen en windhagen verminderen over het algemeen de ziektedruk omdat kleinere percelen minder sporen produceren waarvan bovendien een kleiner deel een verder gelegen vatbaar veld bereikt. (Bloeiende) FAB randen kunnen een bron zijn van ziekte-antagonisten en kunnen van hieruit over het gewas verspreid worden. Dit betreft o.a. insecten en mijten die plantenschimmels, zoals meeldauw, kunnen onderdrukken (136, 137). Heggen en hagen fungeren bovendien als windscherm wat het invliegen van ziektesporen kan reduceren. Het verminderen van wind, alsmede de geleverde schaduw dragen echter ook bij tot het minder snel drogen van het gewas in de ochtenduren of na regen, hetgeen bepaalde ziektes weer kan bevorderen.

Rotaties zijn sinds jaar en dag een efficiënt middel tegen bodem-gebonden plantenziekten. Bodem- en residu-gebonden ziekteverwekkers worden met de tijd afgedood door onder andere regenwormen en micro-organismen in de bodem en door het gebrek aan geschikte gastheren. Zo is er bijvoorbeeld geen fungicide nodig om *Sclerotinia* in koolzaad te bestrijden, zolang deze in ruime vruchtwisselingsschema's van minimaal vier jaar wordt geteeld. Echter door het inkorten van de rotaties werd het vaak noodzakelijk deze ziekte chemisch te bestrijden. Het gebruik van bodembedekkers of tussenvruchten verhoogt de organische stof in de bodem en zorgt voor extra voedsel voor regenwormen en micro-organismen. Sommige groenbedekkers (bijvoorbeeld sommige mosterdsoorten, komkommerkruid, wikke en *Tagetes*) dragen rechtstreeks bij tot het onderdrukken van bepaalde ziekteverwekkers.

Sommige soorten kunnen gemengd geteeld worden. Een bekend voorbeeld is de gecombineerde teelt van granen met peulvruchten, bijvoorbeeld gerst met erwten of rogge met wintererwten (138, 139). De erwten worden ondersteund door de graanhalmen en tegelijkertijd fixeren zij stikstof en onderdrukken zij het onkruid. De geoogste vruchten kunnen eenvoudig mechanisch worden gescheiden of kunnen gecombineerd worden gebruikt als veevoer. Problemen met roest en meeldauw in granen worden verminderd in dergelijke mengsels. Ondergroei van laagblijvende vlinderbloemigen,

zoals witte of ondergrondse klaver kan van direct nut zijn voor een graangewas door het fixeren van stikstof en als methode om onkruid te onderdrukken. Het gebladerte van tussengewassen en ondergroei vermindert regenspatten en kan zodoende de verspreiding van plantenziekten verminderen.

Het gebruik van een mengsel aan gewascultivars kan ook een efficiënte manier zijn om de ziektedruk te reduceren (138). Mengsels van graanvariëteiten worden veel gebruikt in biologische teelten maar zijn ook officieel aanbevolen voor conventionele teelten in bv Denemarken, het VK, Zwitserland en delen van de VS.

4 Wat betekent dit voor de landbouw in de praktijk? Een aantal voorbeelden

Ecosysteemdiensten zoals bestuiving en plaagbestrijding zijn vaak gewasspecifiek. Hier volgt daarom een inventarisatie van de mogelijkheden en beperkingen van FAB-maatregelen in gewassen die belangrijk zijn in Nederland, zoals aardappel, tarwe, suikerbiet, kool en de fruitteelt, waaronder appel en peer en blauwe bessen. Vervolgens beschrijven we het perspectief voor andere teelten, gebaseerd op deze inventarisatie.

4.1 Aardappel

Bij dit gewas moet onderscheid worden gemaakt tussen consumptie- en zetmeelaardappelen en de productie van pootgoed. Belangrijke plagen in deze teelten zijn bladluizen (aardappeltopluis, vuilboomluis, wegedoornluis en groene perzikluis) en de coloradokever, die respectievelijk directe zuig- en vraatschade veroorzaken. Daarnaast kunnen bladluizen ook virussen overbrengen die vooral problematisch zijn in pootgoed. Als gevolg van het risico op virusoverdracht is de schadedrempel voor pootaardappelen zeer laag (“nultolerantie”) en worden percelen in gangbare teelten vaak preventief bespoten (140). Nultolerantie is in de praktijk echter nauwelijks te realiseren aangezien ook (preventief) insecticidegebruik de plaaginsecten niet volledig uitroeit en tevens de omgeving ongeschikt maakt voor bestrijders. De overdracht van virussen gebeurt door bladluizen die de virussen vroeg in het seizoen van buiten de percelen binnenbrengen. Dit kunnen ook soorten zijn voor wie aardappel geen geschikte waardplant is en die dus in aardappel geen kolonies zullen vormen. FAB-maatregelen om de onderdrukking van bladluizen te versterken zullen dus op vooral landschapsschaal moeten plaatsvinden. Wetenschappelijk begeleide veldexperimenten zonder insecticiden moeten uitwijzen welke (FAB) maatregelen de kans op virusoverdracht verlagen.

In consumptieaardappel blijkt het toepassen van FAB-maatregelen al effectief. Bladluizen hebben een groot aantal natuurlijke vijanden zoals zweefvliegen, gaasvliegen, lieveheersbeestjes, sluipwespen, spinnen en loopkevers, die deels kunnen worden bevorderd door bloeiende akkerranden en hagen eventueel aangevuld met bestaande landschapselementen. Specifiek samengestelde bloeiende akkerranden kunnen het aantal en de diversiteit van bestrijders doen toenemen en de plaagdruk van bladluizen aanzienlijk reduceren (63). Dit resultaat is in lijn met praktijkervaringen opgedaan in de FAB-projecten in o.a. de Hoeksche Waard, waar bloemrijke akkerranden zorgden voor een hoge dichtheid aan bladluisbestrijders (met name zweefvliegen en gaasvliegen) en voor een snelle onderdrukking van bladluizen in het gewas (35). In deze projecten zijn gedurende 6 jaar jaarlijks tientallen percelen met akkerranden gemonitord, waarbij het in geen enkel geval nodig bleek bestrijdingen tegen bladluizen uit te voeren, terwijl dit in andere gebieden wel gebruikelijk is. De aanwezigheid van de coloradokever bleek echter nog wel reden om op sommige percelen een bespuiting uit te voeren. De coloradokever, oorspronkelijk uit Amerika, heeft geen gespecialiseerde natuurlijke vijanden in Nederland. Belangrijke bottleneck voor veel generalistische bestrijders is het hoge gehalte aan giftige alkaloiden, afkomstig

uit de aardappel, dat de kevers bevatten. Akkerranden blijken voor de bestrijding van deze plaag zowel positieve als negatieve effecten te hebben (141), waarbij hun selectiviteit mogelijk weer een rol speelt. Onderzoek naar het effect van meerjarige FAB randen op aantallen Coloradokevers is lopende in de Hoeksche Waard, in België en in Duitsland. Ook zijn er machines in ontwikkeling voor de mechanische verwijdering van Coloradokevers (142). De machines maken gebruik van de neiging van deze kevers zich te laten vallen bij verstoring.

4.2 Tarwe

Belangrijke plagen in tarwe zijn graanhaantjes en verschillende soorten bladluizen. De bladluizen en graanhaantjes kennen dezelfde bestrijders als bladluizen in aardappel, maar in granen spelen ook sluipwespen een belangrijke rol (143, 144). De aanwezigheid van o.a. sluipwespen en zweefvliegen kan ook hier worden bevorderd met gericht samengestelde bloemrijke akkerranden (6, 44, 62, 145-147). De effecten van akkerranden op de plaagdruk en opbrengst zijn echter minder consistent. Dit is zeker gedeeltelijk toe te schrijven aan het gebrek aan gericht-samengestelde FAB randen in de meeste studies: studies waar geselecteerde plantenmengsels werden gebruikt vonden sterke positieve effecten op bestrijding van bladluizen (145) en bladhaantjes (62, 147), terwijl studies zonder selectie van plantenmengsels geen of nauwelijks effect van bloemenranden vonden (44, 146, 148). Van de gangbare graan- en aardappeltelers met FAB randen die deelnamen aan het project Bloeiend Bedrijf in 2012 heeft op basis van gewasinspecties 67% het insecticidegebruik verminderd, waarbij 40% geheel geen insecticiden meer heeft gespoten in de gewassen bij de akkerrand (149). In het eerdergenoemde project in de Hoeksche Waard bleek dat bladluizen en graanhaantjes in percelen met akkerranden nooit dichtheden bereikten waarbij chemische gewasbescherming nodig was (35).

4.3 Suikerbiet

Sinds het verbod in 2019 van zaadbehandelingen met een drietal neonicotinoïden (imidacloprid, clothianidine en thiamethoxam) moeten akkerbouwers op zoek naar alternatieven voor de bestrijding van groene perzikluis en, in mindere mate, zwarte bonenluis, bietenkevers en bietenvliegen. Het verbod van deze insecticiden stuitte op veel onrust onder de boeren, voornamelijk door angst voor oogstverlies omdat er voor telers weinig alternatieven beschikbaar zijn om vergelingsvirussen, vooral overgebracht door groene perzikbladluizen, voldoende te kunnen bestrijden. Het verbod heeft tot een toename van het gebruik van insecticiden in de bietenteelt geleid (150). In tegenstelling tot de situatie in pootaardappelen treedt ook schade op doordat het virus na eerste infectie door koloniserende bladluizen verder in het gewas wordt verspreid. Omdat suikerbietentelers gebruik maken van een schadedrempel om vergelingsziekte te beheersen, zou FAB hier kunnen bijdragen aan het laaghouden van de bladluisdichtheid, en daarmee van de virusoverdracht, mits dit tijdig in het seizoen plaats vindt. De schadedrempel is namelijk vroeg in het seizoen nog laag (2 perzikbladluizen per 10 suikerbietplanten in april) waarna deze geleidelijk oploopt (naar 5 in de tweede helft van juni en 50 in de eerste helft van juli). Na 15 juli is er zelfs geen schadedrempel meer, omdat virusbesmettingen dan niet meer leiden tot opbrengstderving. Monitoring, dat in zekere mate reeds wordt toegepast door

telers en industrie middels de bestaande bladluiswaarschuwingdienst, kan dus uitwijzen of correctie met de nog wel beschikbare middelen nodig is (151). Helaas zijn deze waarschuwingen niet perceelspecifiek en houden zodoende geen rekening met positieve effecten van lokaal opgebouwde populaties aan biologische bestrijders. Wetenschappelijk onderzoek, samen met de grote suikerproducenten, naar de effectiviteit van landschapselementen op de bestrijding van plagen in suikerbiet is lopende in Nederland, België, Duitsland en Frankrijk. De eerste resultaten uit Nederland laten zien dat in mei vaak nog niet voldoende bestrijders aanwezig zijn om bladluizen in suikerbieten te beheersen, terwijl in juni en juli de bestrijders in de bietenteelt toenemen (152). Mogelijk is het stimuleren van kruipende bestrijders, die vroeg in het jaar actief zijn, hiervoor een oplossing (bijvoorbeeld door minimale grondbewerking), aangevuld met FAB-maatregelen gericht op vliegende bestrijders van bladluizen later in het (voor)jaar.

4.4 Kool

De vele vormen van kool (*Brassica oleracea*: witte kool, rode kool, bloemkool, broccoli, boerenkool, spruitkool) kunnen aangetast worden door een veelheid aan plaagsoorten. Zo worden koolplanten gegeten door de rupsen van vlinders (zoals verschillende koolwitjes, koolmotje en kooluil), door de larven van de koolvlieg, bladluizen (zoals melige koolluis en perzikluis), koolwittevlies en tabakstrips. Kool is één van de weinige gewassen die een Europese oorsprong hebben (153), waardoor er ook veel inheemse natuurlijke vijanden zijn die bovengenoemde plagen aanvallen. Elk van de koolplagen heeft een of meer specialistische sluipwespen en andere parasitoiden, naast een aantal meer generalistische predatoren (154-157).

Sluipwespen hebben nectar nodig voor overleving en energie om te vliegen. Studies waarbij geen geschikte nectarplanten voor de sluipwespen aanwezig waren laten onvoldoende plaagbestrijding zien (158), terwijl natuurlijke bestrijding van bijvoorbeeld kooluil of koolmotje wél effectief kan zijn als zulke planten aanwezig zijn (13, 159, 160). Een potentiële complicatie is wel dat veel koolplagen, zoals de vlinders, de koolvlieg en de tabakstrips zelf ook profijt hebben van beschikbaarheid van nectar (52), waardoor de keuze van bloemplanten zeer nauw luistert. Onderzoek naar de aantrekkelijkheid en geschiktheid van bloemplanten voor zowel de plagen als hun bestrijders laten zien dat selectieve mengsels mogelijk zijn voor de effectieve bestrijding van koolmotje (34, 39), kooluil (159) en koolwitje (39), maar voor de koolvlieg lijken deze nog niet gevonden te zijn (161). Voor trips is het onderzoek hiernaar gaande (van Rijn & Allema, in prep.).

En nieuwe experimentele benadering is het combineren van nectarplanten voor sluipwespen met vangplanten voor het koolmotje, hetgeen veelbelovende resultaten oplevert (162). Bij deze methode is het wel belangrijk de vangplanten op tijd te verwijderen, zodat zij voor de plaag geen tijdelijke brug naar de volgende teelt kunnen vormen (163). Behalve met nectar en stuifmeel kunnen de bestrijderpopulaties ook versterkt worden door het aanbieden van alternatieve gastheren of prooien, met zogenaamde bankierplanten. Die methode is o.a. uitgewerkt voor sluipwespen en rovers van koolwittevlies (164).

Naast specifieke bloemrijke vegetatie op en om de percelen speelt ook het landschap op wat grotere schaal een rol bij het in stand houden van de bestrijder-populaties (165). Zo bleek de parasitering en predatie van koolmotjes en koolluis samen te hangen met verschillende maten van landschapscomplexiteit (88, 166, 167). Een mogelijke verklaring is dat landschapscomplexiteit samenhangt met de kans dat er wilde waardplanten met koolplaagsoorten in het landschap aanwezig zijn, waarop gespecialiseerde bestrijders zich kunnen handhaven wanneer er geen geschikt koolgewas in het veld staat (168, 169). Dergelijke planten kunnen echter ook door koolplagen gebruikt worden om “koolvrije” periodes te overbruggen (170).

Omdat het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen tegen één plaag de natuurlijke plaagbestrijding van de andere plagen aanzienlijk verstoort, zal vaak een mix van biologische methoden moeten worden toegepast. Voor plagen waarvoor de natuurlijke plaagbestrijding (nog) niet voldoende werkt, kunnen microbiële middelen (*Bt*, entomopathogene virussen, schimmels of aaltjes) worden ingezet, of resistentere rassen worden geselecteerd (157).



Foto 11: Sluipwesp voedt zich met extraflorale nectar beschikbaar op het omwindsel van Korenbloem.

4.5 Fruitteelt

In tegenstelling tot akkerbouwgewassen, die doorgaans eenjarig zijn, hebben we bij fruitteelt te maken met meerjarige gewassen. In potentie kunnen er een groot aantal plagen voorkomen, maar het aantal plagen dat daadwerkelijk problemen veroorzaakt is beperkt. Door de inzet van minder breedwerkende middelen nemen een aantal plagen die voor lange tijd geen probleem hebben veroorzaakt weer in betekenis toe. Als gevolg van de zeer hoge kwaliteitseisen worden er in boomgaarden gewoonlijk veel chemische gewasbeschermingsmiddelen toegepast, en is er zodoende veel te winnen met het verduurzamen en weerbaarder maken van de fruitteelt. In de laatste decennia is er groeiend aantal (inter)nationale onderzoeken uitgevoerd naar de effectiviteit van (wind)hagen en bloemrijke ondergroei rondom of tussen de bomenrijen om natuurlijke plaagbestrijding en bestuiving te bevorderen. In Nederland zijn appel, peer en (in toenemende mate) blauwe bes de belangrijkste houtige fruitgewassen.

4.5.1 Appel en peer

In appelboomgaarden is een veelheid aan plagen actief, w.o. Groene appelwants, Appelbloedluis, Roze appelluis en Appelbladroller. In peer zijn bladluizen minder schadelijk, maar zijn bladvlooien weer belangrijke plagen. In de laatste decennia zijn er diverse (Europese) onderzoeken uitgevoerd naar de effectiviteit van (wind)hagen en bloemrijke ondergroei rondom of tussen de bomenrijen om natuurlijke plaagbestrijding en bestuiving te bevorderen. Bloemstroken tussen de bomenrijen beperken echter het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen die toegepast mogen worden. Campbell en collega's (76) laten zien dat de keuze van bloemsoorten sterk bepalend is voor welke nuttige insecten gestimuleerd worden. Vlinderbloemigen trokken vooral hommels en honingbijen aan, terwijl nectarplanten met open bloemen vooral door solitaire bijen en bestrijders werden bezocht. De aanwezigheid van het laatstgenoemde type mengsel bleek inderdaad te leiden tot verhoogde dichtheden nuttige insecten in boomgaarden en verhoogde predatie. Er werd echter geen effect op bladluisdichtheden of vruchtzetting gevonden. Dit komt doordat in de er boomgaarden waar deze studies plaatsvonden al relatief veel bestuivers aanwezig waren.

Omdat perenbloesem niet erg aantrekkelijk is voor honingbijen (171, 172), is het belang van natuurlijke bestuiving door solitaire bijen, en dus van bloemrijke vegetatie die deze kunnen bevorderen, in peer mogelijk groter. Hogere bloemvisitatie door bestuivende insecten in appel en peer leidt tot een hogere vruchtkwaliteit en opbrengst (173, 174). Andere onderzoekers (79, 175) zagen een toename van nuttige insecten geassocieerd met bloemrijke randen, maar vonden geen aanwijzingen voor betere plaagbestrijding of bestuiving, mogelijk als gevolg van het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. De aanwezigheid van oorwormen leidt tot een sterke vermindering in gewasbeschadiging door o.a. Appelbloedluis (176, 177) en Perenbladvlo (178). Oorwormen kunnen worden bevorderd door goede ontwatering en bodemstructuur en door hagen rondom de boomgaard, vooral van Zwarte Els (178). Ook roofwantsen, andere bestrijders van Perenbladvlo, worden door elzenhagen bevorderd (179, 180). Een meta-analyse van 22 studies rondom plaagbestrijding in appel-, peer-, en perzikboomgaarden vond dat hagen in veruit de meeste gevallen leidden tot betere plaagbestrijding, terwijl slechts enkele studies wezen op een neutraal of negatief effect (Tougeron et al., 2022). We moeten echter onder ogen zien dat wellicht niet alle plagen in de fruitteelt (voldoende) effectief kunnen worden bestreden door middel van FAB (bv in het geval van Boswantsen en Appelbloesemkevers). Sommige plagen kunnen juist profiteren van de meer bloeiende kruiden, zoals de Groene Appelwants, wat vraagt om meer onderzoek naar de specificiteit van deze relaties (181) zodat daarmee bij de samenstelling van de kruidenmengsels rekening kan worden gehouden.

De problematiek met honingdauw-producerende plagen, zoals bladluizen en bladvlooien in boomgaarden, is vaak te wijten aan mieren die de honingdauw verzamelen en de honingdauw-producerende plaaginsecten beschermen tegen hun natuurlijke vijanden. Het inbrengen van suikerbronnen kan een simpele en effectieve strategie zijn om de mieren te verzadigen, waardoor de natuurlijke vijanden de plagen vaak snel onder controle kunnen brengen (182).

4.5.2 Blauwe bes

Ook in de blauwe bessenteelt is er een grote diversiteit aan plagen, zowel inheemse soorten met een groot aantal waardplanten (bv taxuskever, gewone dopluis, gele blauwebessenluis en kleine wintervlinder) als ook invasieve plagen, zoals de uit Azië overgekomen Suzuki fruitvlieg (78). Van Rijn & Wäckers (78) geven een inventarisatie van de mogelijkheden deze plagen te bestrijden en bestuiving te bevorderen door middel van bloeiende planten en beschrijven welke bloemen geschikt zijn voor de ondersteuning van inheemse bestrijders en bestuivers in blauwe bes. Bovendien geven ze aan dat de aanleg van bloemenranden waarschijnlijk weinig tot geen risico op toename van plagen oplevert, aangezien de meeste plagen, met uitzondering van de taxuskever, alleen leven op houtige vegetatie. In het geval van hagen is het wel van belang bij de samenstelling rekening te houden met het feit dat sommige houtige soorten alternatieve waardplant voor plagen zijn. Voor bestuiving zijn diverse wilde bijen effectiever dan de honingbij (183) omdat het pollen bij de blauwe bes losgetrild moet worden en met name hommels (o.a. Akkerhommel en Aardhommel) hiertoe in staat zijn. Van Rijn & Wäckers (78) geven ook een overzicht van de bloemsoorten die het meest geschikt zijn om deze bestuivers te ondersteunen.

Onderzoek naar de effectiviteit van bloemrijke vegetatie op plaagbestrijding en bestuiving in de blauwe bessenteelt is voornamelijk uitgevoerd in de VS en Canada. Deze studies laten zien dat bloemenranden met boekweit (184) of andere nectar- en stuifmeelhoudende soorten (75, 185) niet alleen kunnen bijdragen aan een grotere en meer diverse groep bestuivers, maar ook aan meer bloemvisitatie en hogere vruchtzetting, waarbij de kosten voor de aanleg na 4 jaar was terugverdiend door verhoogde opbrengst (75, 185). Onderzoek naar het effect van FAB op plaagbestrijding is niet bekend. Blaauw and Isaacs (186) zagen echter wel een effect van bloembepanting op de aanwezigheid van bestrijders en vonden indicaties voor betere plaagbestrijding in nabijheid van bloembepantingen.

4.6 Perspectief voor andere teelten

Samenvattend lijkt de aanleg van akkerranden veelal effectief in het ondersteunen van ecosysteemdiensten in de geïnventariseerde gewassen. In de meeste gevallen zijn meer data voorhanden over het effect op de natuurlijke vijanden en bestuivers, dan over het effect op indicatoren voor de ecosysteemdiensten zelf, zoals vraatschade, vruchtzetting, gewasopbrengst of pesticidegebruik. Resultaten rond de ecosysteemdiensten zijn vaak inconsistent, waarbij de inconsistentie zeker deels verklaard wordt doordat de soortensamenstelling van de onderzochte randen of hagen vaak niet was aangepast aan de behoeften van de bestrijders en bestuivers. Bovendien kan het omringend landschap van invloed zijn op het effect van lokale maatregelen zoals de aanleg van akkerranden (111, 187) en tenslotte kunnen positieve effecten in enkele studies gemaskeerd worden door het toepassen van chemische gewasbescherming met nadelige effecten voor natuurlijke vijanden en bestuivers (188). Bovendien zien we dat de mogelijkheden en problemen voor FAB gewasafhankelijk zijn, waarbij de schadedrempel van het gewas een rol speelt. Monitoring van de aanwezigheid van plagen en virusvectoren wordt tot op heden beperkt toegepast (met suikerbiet als gunstige uitzondering), maar lijkt essentieel om onnodig gebruik van

gewasbeschermingsmiddelen te vermijden (zie Kader 5 'Scouting en FAB'). Dit is specifiek van belang voor het tijdig ingrijpen wanneer zich plagen voordoen die tot op heden nog niet succesvol worden bestreden door natuurlijke vijanden of waarbij een natuurlijke vijand in het Nederlands landschap ontbreekt, zoals in geval van coloradokever. Al met al zijn er perspectieven voor bijna alle teelten die alleen met goed onderzoek en veldproeven verder ontwikkeld kunnen worden (189).

Het is duidelijk dat voor het bevorderen van functionele agrobiodiversiteit detailkennis nodig is, en dat deze voor veel productiesystemen nog niet volledig voorhanden is. Veelal is wél uitgebreide kennis aanwezig over de plagen en hun bestrijders of over het gewas en haar bestuivers, alsook een zekere mate van kennis omtrent de behoeften van de bestrijders en bestuivers. Het knelpunt is veelal het identificeren van de soorten planten en de typen landschapselementen die voorzien in alle behoeften van de bestrijders en bestuivers, en hiervoor is duidelijk onderzoek nodig. Dit onderzoek kan bestaan uit het observeren van de bestrijders en bestuivers in het veld, eventueel aangevuld met laboratoriumproeven. Veldobservaties kunnen bijvoorbeeld duidelijk maken waar bepaalde soorten overwinteren en welke voedselbronnen de verschillende levensstadia gebruiken. Experimenten in het laboratorium kunnen de observaties verder testen, bijvoorbeeld of een bloemsoort die in het veld veel wordt bezocht door een bepaald levensstadium inderdaad pollen en nectar van voldoende kwaliteit voor overleving, ontwikkeling, en/of reproductie biedt.

Daarnaast is het noodzakelijk om praktijkgericht onderzoek te doen met consortia van boeren, praktijkonderzoekers en wetenschappers, waarbij verschillende FAB-maatregelen worden gecombineerd en worden getest in het betreffende agro-ecosysteem. Hierbij is de realisatie dat verschillende maatregelen die ieder op zich FAB-bevorderend zijn niet noodzakelijkerwijs tot synergie leiden uiterst belangrijk. Het is daarom aan te bevelen dat wordt getracht om zulk praktijkgericht onderzoek zo in te richten dat verschillende combinaties van FAB-maatregelen worden getest. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met de effecten van het omringende landschap. Ecologische theorie is daarbij vaak onontbeerlijk: per slot van rekening is het beheer van bestrijders en bestuivers niets meer of minder dan toegepaste populatiedynamica.



Foto 12: Strokenteelt met tarwe, veldbonen en bloemranden

Kader 5: Scouting en FAB

FAB-maatregelen hebben alleen een positief effect op plaagbestrijding als heel selectief met chemische gewasbeschermingsmiddelen wordt omgegaan. Deze middelen hebben immers bijna altijd een negatief effect op de bestrijders, wat een versterkte opleving van plagen tot gevolg kan hebben (190). Dit betekent dat de teler deze middelen alleen zou moeten toepassen, wanneer de schadedrempel voor een bepaalde ziekte of plaag overschreden wordt. Bij het achterwege laten van scouting, mist de teler inzicht in de plaag- of ziektedruk. Dit gebrek aan informatie werkt het preventief spuiten en/of “kalender-spuiten” in de hand, wat betekent dat er veel onnodige bespuitingen uitgevoerd worden. Zonder scouting blijft ook het positieve effect van FAB-maatregelen op de plaagbestrijding buiten beeld en zal de gewenste reductie van gewasbeschermingsmiddelen niet gerealiseerd kunnen worden.

Alleen door monitoring van ziekte- en plaagdruk kan de teler onderbouwd beoordelen of een interventie al dan niet noodzakelijk is. De traditionele schadedrempels zijn gebaseerd op tellingen van alleen plaagorganismen of ziektesymptomen, en kunnen worden verbeterd. Er zijn inmiddels bijvoorbeeld ook schadedrempels ontwikkeld die rekening houden met de aanwezigheid van natuurlijke vijanden (140). Een bladluiskolonie waarop zich reeds natuurlijke bestrijders hebben gevestigd zal immers minder problemen geven dan een vergelijkbare kolonie zonder bestrijders. Door het aantal bestrijders mee te nemen bij het bepalen van schadedrempels wordt scouting accurater en kan het aantal onnodige bespuitingen verder worden gereduceerd.

Hoewel het gebruik van schadedrempels al decennialang gepropageerd wordt, wordt scouting in de landbouwpraktijk maar beperkt toegepast. Hiervoor is een aantal verklaringen te geven:

- Het scouten van percelen wordt als arbeidsintensief gezien (maar zie onder);
- Men vertrouwt schadedrempels niet en spuit als verzekering tegen vermeend schaderisico;
- Men baseert zich op adviseurs van gewasbeschermingsmiddelenfabrikanten;
- In een aantal gewassen (bv uien) zijn er geen schadedrempels voorhanden, of zijn de beschikbare schadedrempels niet gestandaardiseerd.

Het niet toepassen van schadedrempels leidt ertoe dat er regelmatig onnodig gespoten wordt. De kosten van deze onnodige bespuitingen voor de landbouwer worden over het algemeen niet meegewogen. Een rekenvoorbeeld laat zien dat het kosten/baten plaatje echter vaak in het voordeel van scouten uitpakt:

Om een graan- of aardappelperceel van 5 hectare te scouten moet je 30 minuten rekenen. Over het seizoen zal men dat gemiddeld 4 keer moeten herhalen. Dat komt dus neer op 2 uur per jaar per perceel. Bij gebruik van scouting en drempelwaardes blijkt vaak dat zeker de helft van de normaal uitgevoerde bespuitingen niet nodig zijn. Scouting bespaart dus bespuitingen. Voor iedere behandeling die achterwege gelaten kan worden betekent dit een besparing van 1,5 uur arbeid per 5 hectare (of indien uitgevoerd door een loonwerker €25/ha = €125), alsmede een besparing aan productkosten van €20-€40/ha = €100-€200. Bij het uitsparen van één behandeling zijn (in dit voorbeeld) de kosten van het scouten al terugverdiend.

Daarnaast worden bij een (on)nodige chemische behandeling ook vaak het merendeel van de in het gewas aanwezige natuurlijke bestrijders afgedood (zelfs bij selectieve middelen). Ook hieraan kan een prijskaartje worden gehangen, dat momenteel echter amper in beeld is. Onze studies hebben aangetoond dat in één hectare gewas al snel 20.000 bladluisbestrijdende sluipwespen zitten, naast 5000 lieveheersbeestjes, 5000 zweefvliegen en 3000 gaasvliegen (Wäckers, pers. comm.). Samen met alle andere bestrijders zorgen zij ervoor dat de plaagpopulaties niet uit hand lopen. Als je deze bestrijders zou moeten kopen, zou je daar €2000-€3000 voor moeten neertellen.

5 Toegevoegd effect van gewas- en akkerbeheer

Maatregelen zoals gewasrotatie, mengteelt (waaronder bv. strokenteelt en bosakkerbouw), grondbewerking, onkruidbeheer, bemesting en het gebruik van groenbemesters kunnen de functionele agrobiodiversiteit ondersteunen en zo ook bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding bevorderen. Bovendien kunnen deze maatregelen onkruid- en ziektebestrijding en bodem- en waterkwaliteit ten goede komen.

Gewassen die naast elkaar geteeld worden in mengteelten en bosakkerbouw kunnen een bijdrage leveren aan het stimuleren van nuttige insecten, waardoor de gewassen indirect een positief effect hebben op elkaar. Meerdere reviews laten zien dat mengteelt in veruit de meeste gevallen bevorderlijk is voor plaagbestrijding (191-193). Net als bij de vegetatie in bloemrijke akkerranden of hagen, is dit positieve effect echter afhankelijk van de soortensamenstelling van de gecombineerde gewassen. Ook hier geldt dat onvoldoende doordachte combinaties minder nuttige effecten zullen genereren of zelfs nadelige effecten kunnen hebben (Kader 3). Een voorbeeld van een succesvolle combinatie is strokenteelt met graan en akkerbonen, waarin biologische plaagbestrijding vaak effectiever is dan in een monocultuur van graan. Dit is onder meer te verklaren doordat akkerbonen extraflorale nectar produceren waarmee bestrijders zich kunnen voeden (194-196).

Strokenteelten zouden kunnen leiden tot verminderde aantrekkingskracht van plagen doordat de sterkte van plaag-aantrekkende geurstimuli van het gewas afneemt, of deze door de geuren van de niet-waardplant gemaskeerd wordt (196, 197). Daarbij kan ook gekozen worden voor een gewas dat afwerende geurstoffen produceert in combinatie met een vanggewas ("trap crop") dat de plagen juist aantrekt om deze weg te leiden van het primaire gewas (Push-pull technologie (198, 199)). De effectiviteit van afwerende geurstoffen blijkt echter vaak beperkt omdat plaaginsecten, zoals de meeste organismen, gewinning vertonen en bovendien kunnen leren de waardplanten te lokaliseren ondanks de afwerende signalen van omliggende planten. Bovendien, zo argumenteren Finch & Collier (2012), is er weinig bewijs dat specialistische plaaginsecten in de praktijk worden aangetrokken tot "trap crops" vanaf een afstand groter dan 5 meter door de lage hoeveelheid vluchtige stoffen die worden uitgescheiden door planten (200). Ook zien ze in de praktijk geen bewijs voor de afstotende werking van niet-waardplanten. Het is dus vaak niet goed bekend welke aspecten van strokenteelt precies zorgen voor het overwegend positieve aspect op plaagbestrijding en wat hun relatieve bijdrage is, maar zulke kennis zal zeker bijdragen tot meer effectieve bestrijding en bestuiving. In Nederland lopen momenteel diverse onderzoeken naar strokenteelt (201).

Naast de effecten van mengteelt op nuttige insecten kunnen bovengenoemde maatregelen ook op andere manieren ecosysteemdiensten, zoals plaag-, onkruid- en ziektebestrijding, ondersteunen en bovendien bodem- en waterkwaliteit ten goede komen. Gewasrotatie kan bijvoorbeeld de kans op accumulatie van plagen, ziekten (voornamelijk schimmels en nematoden en in mindere mate bacteriën en virussen, (202) en onkruiden in de bodem verminderen. Dit omdat rotatie (gewasdiversiteit in de

tijd) voorkomt dat ziekten, plagen en onkruiden die het best aangepast zijn aan een bepaald gewas gedurende meerdere jaren populaties kunnen opbouwen (202, 203). Door de verschillende wortelstructuur van de diverse gewassen in rotatie en mengteelten kan de structuur en kwaliteit van de bodem worden verbeterd (Wezel et al., 2014), hetgeen resulteert in verminderde erosie, betere waterinfiltratie en -retentie en vaak ook hogere opbrengsten (204-206). Een ander aspect dat bijdraagt aan verbetering van de bodemkwaliteit is de verhoging van het aandeel organisch materiaal en voedingsstoffen door middel van (groen)bemesters, bijvoorbeeld door het gebruik van stikstof-fixerende vlinderbloemigen zoals klavers (207, 208) en door verminderde verstoring van het bodemleven door niet te ploegen (206, 208). Niet ploegen heeft daarnaast ook een positief effect op bestrijders die in de bodem leven, zoals loopkevers en roofmijten (209, 210) en ondersteunt op deze manier zowel nuttige micro-organismen als nuttige insecten. De bovengenoemde maatregelen kunnen de activiteit van functionele micro-organismen (waaronder Mycorrhiza-schimmels en plantgroei-stimulerende rhizobacteriën) doen toenemen, die vervolgens helpen voedingsstoffen beschikbaar te maken en daarmee bijdragen aan het weerbaar maken van het gewas tegen plagen, ziekten, onkruiden en abiotische stress (206, 210). Bovendien zouden antagonisten van plantenziekten (waaronder *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) zich beter kunnen vestigen in bodems met hogere diversiteit en meer organisch materiaal, waardoor bodempathogenen worden bestreden via competitie om nutriënten, antagonisme of hyper-parasitisme (review in {Raaijmakers, 2009 #7876}). De interacties tussen bodemorganismen en de plant kunnen ook effect hebben op plaagbestrijding en bestuiving bovengronds via zogenaamde bovengrondse-ondergrondse interacties (211, 212). De aanwezigheid van functionele bodemorganismen kan bijvoorbeeld leiden tot betere plaagbestrijding door het activeren (primen) van het immuunsysteem van de plant en het verhogen van de aantrekkelijkheid voor bestuivers (213). De verhoogde plantkwaliteit kan echter soms ook de vatbaarheid van de plant voor plagen verhogen.

De hierboven genoemde maatregelen verminderen in theorie de noodzaak voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en chemische meststoffen (206). Naast hun voordelen hebben deze maatregelen vaak ook hun beperkingen (206, 214). Mengteelten kunnen ook een negatief effect hebben op de opbrengst ten gevolge van competitie tussen de gewassen (215). Niet ploegen kan in gangbare teeltsystemen soms de noodzaak voor het gebruik van chemische meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen tegen onkruiden verhogen (204, 216) omdat het alternatief van mechanisch onkruidbeheer arbeidsintensief en kostbaar is. Bovendien vraagt het implementeren van FAB-ondersteunende maatregelen om kennis en tijdsinvestering doordat de complexiteit van het beheer omhooggaat. Daarnaast zijn gangbare oogsttechnieken en machinerie ongeschikt in sommige complexere systemen (206). Voor sommige maatregelen (zoals push-pull technologie) zijn de resultaten rondom effectiviteit wisselend en/of beperkt en uitgebreidere evaluatie is nodig (199, 206, 215). Zo zijn zowel op het wetenschappelijk als technologisch vlak nieuwe ontwikkelingen nodig om de omschakeling naar duurzamer akker- en gewasbeheer te ondersteunen in samenhang met landschap-gerelateerde FAB-maatregelen.

6 Toepassing van aanvullende producten

In het voorgaande is geïnventariseerd hoe we teelten kunnen verduurzamen door ecosysteemdiensten (voornamelijk natuurlijke plaagbestrijding en bestuiving) te ondersteunen door middel van FAB. Sinds 1970 is er daarnaast groeiende aandacht voor de inzet van geproduceerde macro- en micro-organismen als biologische bestrijdingsproducten, met name in bedekte teelten zoals kassen en tunnels (217), en welke aspecten van FAB kunnen bijdragen aan een optimaal habitat voor geïntroduceerde nuttige organismen, zoals alternatieve prooien en voedselsupplementen (218-220). Een deel van deze producten en strategieën kan ook toegepast worden in open teelten.

6.1 Geproduceerde bestrijders

Het inzetten van sluipwespen, roofmijten en roofinsecten is een succes gebleken in de bedekte teelt van groenten, sierplanten en bessen. Er zijn tientallen biologische bestrijders verkrijgbaar die in kassen en tunnels worden ingezet. In open teelten is het inzetten van biologische bestrijders veel minder courant, hoewel er ook hier een aantal successen is, zoals het grootschalig gebruik van sluipwespen ter bestrijding van stengelboorders in mais (Europa) en suikerriet (Brazilië). Er is een aantal redenen waarom het grootschalig loslaten van bestrijders met name in bedekte teelten gebeurt. Allereerst geeft de hogere opbrengst van bedekte teelten meer financiële speelruimte voor het inzetten van biologische bestrijding. Verder kan men bestrijders relatief makkelijk bijvoeren met bijvoorbeeld stuifmeel of alternatieve prooien omdat deze teelten niet beregend worden (218, 220). Ook de bestrijders zelf profiteren van het feit dat zij in gesloten systemen niet bloot staan aan weer en wind en van het feit dat klimaatfactoren zoals temperatuur en droogte gecontroleerd zijn. Tenslotte zorgen de vrij gesloten kassen ervoor dat ingezette bestrijders in het gewas blijven en de vijanden van deze bestrijders weg worden gehouden.

Met deze factoren in het achterhoofd kan men gekweekte bestrijders selecteren en strategieën ontwikkelen die eventueel ook in open teelten ingezet zouden kunnen worden. Het uitzetten van gekweekte bestrijders zal binnen het (beperkte) budget van de telers moeten passen, d.w.z. hetzij het gebruik van goedkope bestrijders, hetzij het inoculeren van het gewas met kleinere aantallen bestrijders die vervolgens een populatie kunnen opbouwen. In open systemen kunnen landbouwers gebruik maken van van nature voorkomende bestrijders, die in bedekte teelten vaak afwezig zijn, zeker wanneer deze door FAB-maatregelen gestimuleerd kunnen worden. In onze meerjarige experimenten in de Hoeksche Waard is gebleken dat de soorten natuurlijke bestrijders die domineren sterk variëren van jaar tot jaar. Het ene jaar worden bladluizen bijvoorbeeld met name door zweefvliegen onderdrukt, terwijl er het volgende jaar weinig zweefvliegen zijn maar wel veel gaasvliegen. Het derde jaar zie je dan bijvoorbeeld met name sluipwespen. Wanneer er van nature al tienduizenden zweefvliegen per hectare aanwezig zijn, is het vrijlaten van extra zweefvliegen overbodig, en het kan (onder bepaalde voorwaarden) effectiever zijn om die soorten bestrijders uit te zetten die op dat moment niet aanwezig zijn. Ook hier kan scouting dus een belangrijk gereedschap zijn om landbouwers

te helpen de juiste bestrijders te kiezen en zodoende de efficiëntie van de biologische bestrijding gericht te verhogen. Het gebruik van FAB-landschapselementen zal er ook toe bijdragen dat het vrijlaten van biologische bestrijders effectiever kan gebeuren. Doordat die elementen nectar en stuifmeel bieden die geschikt zijn voor bestrijders, zullen uitgezette bestrijders langer overleven en meer nakomelingen produceren dan in een omgeving zonder geschikte nectar en stuifmeelbronnen (13, 221). Een agrarisch ecosysteem dat de juiste hulpbronnen biedt zal ook ertoe bijdragen dat uitgezette bestrijders minder noodzaak hebben om het ecosysteem te verlaten (222).

6.2 Microbiële middelen

Planten leven van nature in interactie met een groot aantal micro-organismen waarbij de interacties kunnen variëren van symbiotisch tot parasitair. Nuttige micro-organismen kunnen voor planten verschillende functies vervullen, zoals het verhogen van biotische en abiotische stresstolerantie en ziekteresistentie (gereviewd door Köhl en collega's {Köhl, 2019 #7880}). Ook kunnen micro-organismen de efficiëntie verhogen waarmee voedingsstoffen worden opgenomen uit de bodem (223). Ziekten en plagen kunnen afnemen als gevolg van directe antagonistische werking van nuttige micro-organismen; bijvoorbeeld door de secretie van fungiciden door *Bacillus* soorten (224, 225) en de parasitering van insecten door de schimmel *Beauveria bassiana* (226). Ook kunnen micro-organismen het natuurlijke immuunsysteem van de planten activeren (primen). Hierdoor kunnen microbiële bestrijdingsmiddelen mogelijk het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen verlagen. Van Lenteren en collega's (217) geven een overzicht van wereldwijd geregistreerde microbiële biologische bestrijdingsmiddelen en voor welke doeleinden deze worden ingezet (223).

In Nederland zijn een aantal microbiële producten toegelaten voor gebruik in de vollegrondsteelten (tabel in Appendix). Dit betreft een aantal antagonistische schimmelpreparaten (bv op basis van *Conothirium* of *Trichoderma*-soorten/stammen), als ook bacteriepreparaten (*Bacillus*, *Pseudomonas*). In België zijn daarnaast ook antagonistische schimmelpreparaten op basis van *Gliocladium* en de bacterie *Streptomyces* toegelaten. In andere landen, met name in de VS, is de keuze aan toegelaten microbiële biologische bestrijders aanzienlijk breder. De oorzaak hiervan ligt met name in de eenvoudiger en snellere toelatingsprocedure (van Lenteren et al., 2018). De toegelaten toepassingen variëren van zaadbehandeling, grondbehandeling, plant tray behandeling, tot gewasbespuiting en entomovectoring (gerichte toepassing van biologische producten via insecten (227)).

De efficiëntie van microbiële biologische bestrijders in vollegrondsteelten is vaak meer variabel dan in substraatteelten. Dit is te verklaren door de grotere diversiteit aan bodemleven in de vollegrond waarmee toegevoegde organismen meer concurrentie en andere negatieve interacties ondervinden. Ook de lagere bodemtemperatuur kan de effectiviteit remmen.

Antagonisten kunnen echter ook gestimuleerd worden, bv door het gebruik van groenbemesters of andere maatregelen die het aandeel organische stof in de bodem verhogen en de bodemstructuur verbeteren. Deze maatregelen kunnen daarnaast ook direct bijdragen aan de ziekteonderdrukking.

Groenbemesters kunnen tevens worden gebruikt in zogeheten “biologische grondontsmetting”. Hierbij worden de groenbemesters (maar ook eventueel andere gewasresten of organisch materiaal) de bodem ingewerkt en wordt deze vervolgens met plasticfolie afgedekt. Hierdoor wordt de zuurstof aan de grond onttrokken en verteert het organisch materiaal anaeroob. De hierbij vrijgekomen afbraakproducten doden aaltjes en bodempathogenen af.

Bepaalde groenbemesters kunnen ook worden ingezet voor “biofumigatie”. Dit betreft fumigatie op basis van door planten geproduceerde stoffen. Hiervoor kunnen onder andere kruisbloemigen (mosterdsoorten, bladrammenas, ...) en gewassen zoals Sorghum gebruikt worden. Wanneer deze worden geklepeld of fijngehakseld en vervolgens worden ondergewerkt, ontstaan in de bodem isothiocyانات (bij kruisbloemigen) of blauwzuurachtige stoffen (bij Sorghum), die kunnen helpen om wortellessieaaltjes te onderdrukken. Biofumigatie blijkt niet altijd eenvoudig, onder meer omdat de gebruikte gewassen in de groeifase als waardplant voor de wortellessieaaltjes kunnen dienen. Effectiever blijkt het gebruik van *Tagetes* (Afrikaantjes), aangezien hierbij ook de groeiende plant de wortellessieaaltjes afdoodt. Het gebruik van *Tagetes* valt zodoende strikt genomen niet onder biofumigatie.

:

7 Functionele vegetaties en hun natuurwaarde

Landschapselementen in het agrarische gebied, zoals akkerranden, hagen en oevers, tegenwoordig aangeduid als de groen-blaauwe dooradering (228), dienen een veelheid aan functies, waarvan natuurlijke plaagbestrijding en bestuiving in dit rapport centraal staan. Het recentelijk gelanceerde Aanvalplan Landschap van Stichting Deltaplan Biodiversiteitsherstel (229) ziet in deze stapeling van ecosysteem-diensten een belangrijk rede om langs deze weg een deel van de biodiversiteit in Nederland weer te herstellen. Kleine en lineaire landschapselementen hebben voor de biodiversiteit en natuurbehoud ook een aantal voordelen ten opzichte van gebiedsdekkende natuur:

- De groen-blaauwe dooradering kan voor extra verspreidings- en verbindingsmogelijkheden zorgen (228, 230).
- Door de verwevenheid van groen-blaauwe elementen met het landschap waarin een variatie aan ander landgebruik plaatsvindt, zijn op veel meer plaatsen de juiste combinaties van deelhabitats aanwezig waar soorten van afhankelijk zijn (zie kader 4 “landschapscompletering”). Denk hierbij aan de zangvogels die nestelen in bosschages maar foerageren in grasland (231), of de kikkers die profijt hebben van slootjes in de nabijheid van opgaande begroeiing (232).
- Lineaire landschapselementen hebben veel meer randen en juist de randen bieden plaats aan meer soorten dan de centraal-gelegen delen van de elementen. Dit komt mede doordat in de randen een grotere variatie in omstandigheden voorkomt, zoals gradiënten in lichtintensiteit, vocht en voedingsstoffen (233).

Het verhogen van biodiversiteit en het behoud van soorten van omwille van de intrinsieke waarde van natuur vraagt vaak andere maatregelen dan het stimuleren van soorten ten behoeve van ecosysteemdiensten zoals plaagbestrijding en bestuiving (234, 235). Waar bij behoud van biodiversiteit vaak de focus ligt op zeldzame en/of beschermde (rode-lijst-)soorten, ligt bij FAB de nadruk op het beschermen van de (vaak niet-zeldzame) functionele aspecten van biodiversiteit. De vraag is hier of dit omgekeerd wel het geval is en hoe we de meerdere doelstellingen zo goed mogelijk kunnen verenigen. MacFayden en collega's (2012) benadrukken dat synergie tussen de twee doelen zeker mogelijk is, maar dat investering in de één niet per se leidt tot het behalen van de ander. Meta-analyses laten inderdaad zien dat het ongericht verhogen van biodiversiteit vaak slechts een beperkt en onvoorspelbaar effect op plaagbestrijding heeft (7, 58, 236). Omgekeerd leidt het inbrengen van op FAB gerichte bloemranden of hagen in een bloemenarm agrarisch landschap vaak wel tot een verhoging van biodiversiteit in het algemeen (33, 198). Het ondersteunen van bedreigde soorten vraagt wel om een andere benadering dan het ondersteunen van algemeen voorkomende soorten (237). Om de afname van biodiversiteit door intensivering in de landbouw tegen te gaan, lijkt het dus zeker relevant in kaart te brengen hoe synergiën tussen deze doelen kunnen worden bereikt. Hieronder geven we daartoe een aanzet voor een aantal groepen die bescherming behoeven.

7.1 Planten

Eenjarige akkerranden die voor FAB worden aangelegd bestaan uit soorten die snel kiemen en veel bloemen produceren, die toegankelijk nectar en stuifmeel bieden voor bestrijders en een veelheid aan andere insecten. Deze doelstelling leidt vaak tot een mengsel van inheemse en uitheemse/ingeburgerde soorten (zie bijv. tabel K1) en dit zijn niet de soorten die voor soortbehoud ingezaaid zouden kunnen worden. Zeldzame akkeronkruiden zouden hier best onderdeel van kunnen uitmaken (238, 239), maar zaad van lokale oorsprong is maar zeer beperkt beschikbaar en daarmee veel te duur om standaard in akkerranden op te nemen.

Meerjarige FAB-akkerranden worden wel standaard met inheemse soorten ingezaaid (tabel K1), hoewel het zaadmateriaal vaak niet van binnenlandse bronnen afkomstig is. Als de randen een aantal jaren kunnen blijven liggen, vestigen zich ook andere, wilde, plantensoorten. Omdat de bodems vaak voedselrijk zijn en het maaisel niet standaard wordt verwijderd, vindt over de jaren vergrassing plaats (35, 240). De meeste diversiteit kan dan ook worden verwacht op voedselarmere bodems en daar waar verschalingsbeheer wordt toegepast.

In hagen worden gewoonlijk inheemse soorten bomen en struiken aangeplant (tabel K2), maar het kweekmateriaal is waarschijnlijk lang niet altijd van lokale oorsprong (241). Naarmate de elementen er langer staan vestigen zich gewoonlijk spontaan steeds meer soorten, houtige planten maar (als het beheer dat toelaat) vooral ook kruiden. Oudere hagen herbergen dan ook een groot aantal wilde plantensoorten, waaronder veel soorten waarvoor elders in het agrarisch landschap weinig ruimte is (242, 243).



Foto 13: Akkerranden (met rode klaver) worden ook door de zeldzame Moshommel benut (Foto Gert Huijzers).

7.2 Insecten

Het verminderd gebruik van chemische middelen en de aanleg van soortenrijke akkerranden, hagen en andere landschapselementen leidt tot een hogere insectendiversiteit (76, 104). Akkerranden kunnen in enkele gevallen ook zeldzame soorten ondersteunen (109, 244). Engels onderzoek heeft laten zien dat hagen ('hedgerows') een enorme diversiteit aan insecten en andere geleedpotigen herbergen, waaronder veel soorten spinnen, kevers, vliegen, wantsen, bijen en wespen (245, 246). Een unieke studie aan één (geriefhout)bosje in Zuid-Holland leverde 327 soorten aan braconide sluipwespen op, waarvan 28 soorten nog niet bekend waren voor Nederland (247). Voor twee groepen insecten die vanuit de natuurbescherming extra aandacht krijgen wordt hieronder de combinatie met FAB nader bekeken.

7.2.1 Bijen

Hoewel het doel van FAB is de meer functionele soorten te ondersteunen, kunnen bloemrijke akkerranden ook de dichtheid en diversiteit van bijensoorten in het algemeen verhogen (59, 81, 109, 244, 248-250). Voor dit effect lijkt de plantdiversiteit in zijn algemeenheid minder van belang dan het aandeel bloeiende planten en de aanwezigheid van enkele nectarrijke soorten die voor bijen zeer aantrekkelijk zijn (59). Hommels en honingbijen maken hierbij bijna alleen gebruik van bloemen met dieper gelegen nectar, zoals klavers en andere vlinderbloemigen, terwijl vele solitaire bijen en bestrijders gebruik maken van bloemen met makkelijk bereikbare nectar (76). De dichtheid en diversiteit van hommels en solitaire bijen neemt aanvankelijk vaak toe met de leeftijd en successie van de vegetatie, waarbij de meeste studies pas een significant effect van de randen op bestuivers vinden in het 2e of 3e jaar na aanleg (59, 248). Oudere randen zijn weer minder succesvol doordat grassen dominant worden (35, 248, 251). Toch kunnen akkerranden soms ook zeldzame bijensoorten ondersteunen (109). Aan de westrand van de Hoeksche Waard, een hotspot van de zeldzame zandhommel en moshommel, worden bijvoorbeeld hoge aantallen van deze soorten in de akkerranden aangetroffen, met name daar waar extra klaver en wikke aan het mengsel is toegevoegd (252). Zo'n aanpassing kan ten koste gaan van de functie voor plaagbestrijders, maar kan, zeker bij iets bredere randen (6 meter of meer), ook prima gecombineerd worden. Ook houtige landschapselementen zijn belangrijk voor de ondersteuning van wilde bijen: o.a. vroeg-vliegende soorten zijn afhankelijk van vroegbloeiende bomen en struiken, zoals wilgen. Als de elementen ook een bloeiende kruidenlaag bevatten kunnen ook later-vliegende soorten profiteren (50). Houtige landschapselementen kunnen ook nestgelegenheid bieden voor bijen, maar waarschijnlijk zijn vaak aanvullende maatregelen nodig om de condities daarvoor te verbeteren (253, 254). Hier gaat het ondersteunen van biodiversiteit en functionaliteit dus hand in hand.

7.2.2 Vlinders

Vlinders profiteren over het algemeen van hogere dichtheden en soortenrijkdom van bloemen in de omgeving (255), dus de functionele bloemrijke vegetatie in akkerranden en hagen kan ook helpen bij

het behoud van vlinders. Een Zweedse studie liet zien dat akkerranden een aanzienlijk deel van de plaatselijk aanwezige vlindersoorten ondersteunden, waaronder voornamelijk algemene soorten (244, 255). Ook bij de monitoring van akkerranden in de Hoeksche Waard werden ca. 25 dagactieve vlindersoorten vaker dan eens per jaar waargenomen (35). De aanwezigheid van nectarplanten die voor vlinders geschikt zijn is een eerste voorwaarde (256). Daarnaast kunnen akkerranden ook waardplanten bevatten waar rupsen van diverse soorten zich mee voeden (244). Omdat veruit de meeste vlindersoorten geen gewassen als waardplant hebben, kan hier biodiversiteitsbehoud en FAB prima samengaan, zolang erop wordt gelet dat nectar- en waardplanten van plaagvormende soorten (zoals kruisbloemigen voor koolplagen) worden vermeden (34).

7.3 Vogels

In Nederland is er veel aandacht voor de afnemende aantallen weide- en akkervogels, die voor hun overleving in grote mate afhankelijk zijn van onze landbouwgebieden omdat ze er de winter doorbrengen, er broeden en/of foerageren (257). Deze afname is waarschijnlijk het gevolg van intensivering en schaalvergroting en bijbehorend verlies van landschapselementen (258). Er zijn dan ook veel initiatieven om akkervogels te ondersteunen door middel van agrarisch natuurbeheer, met name in de vorm van akkerranden en vogelakkers. Deze kunnen vogels ondersteunen door bescherming en voedsel (zaden, insecten en muizen) te bieden (149), en akkerranden kunnen ook bijdragen aan de overleving van vogels door beperking van het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen die het broedsucces en voedselaanbod kunnen verlagen (259). Er zijn echter maar weinig degelijke evaluaties van het effect van dergelijke maatregelen op het voorkomen van akkervogels uitgevoerd (260). Een inventarisatie in de provincie Groningen door Kenniscentrum Grauwe Kiekendief toonde het belang aan van enkele agrarische natuurmaatregelen, zoals kruidenrijke akkerranden, bepaalde broedgewassen en vogelakkers voor de aanwezigheid van Grauwe Kiekendief, Geelgors en Grasmus, maar er werden geen effecten gevonden op o.a. de Veldleeuwerik, Gele kwikstaart, Graspieper, Blauwborst, Kneu, Kievit of Scholekster. Duits onderzoek toonde wel aan dat meerjarige bloemrijke akkerranden met inheemse plantsoorten een positief effect kunnen hebben op het voorkomen van meerdere soorten akkervogels zoals de Grasmus, Veldleeuwerik en Kwartel (261). Akkerranden lijken in het najaar een belangrijk voedselhabitat voor akkervogels te zijn, waarbij kruidenrijkere akkerranden meer insectenetende vogels (zoals grasmus en paapje) aantrekken (262). Zaadetende akkervogels zoals putter en kneu lijken vooral af te komen op akkerranden met zaadvormende planten zoals wilde chicorei, kaardebol en riet.

Een deel van onze akkervogels foerageert weliswaar op de akkers, maar zoekt tegelijkertijd veiligheid en broedgelegenheid in hagen en bosranden. Vogels als Grasmus, Kneu, Goudvink, Groenling, Geelgors en Tortelduif komen dan ook vooral voor als agrarisch land wordt doorsneden door hagen of grenst aan bossen (231, 263); een voorbeeld van landschapscompletering (zie kader 4). Oud Engels onderzoek laat zien dat gebieden met een hoge dichtheid aan hagen gemiddeld drie keer zoveel soorten zangvogels herbergen dan boomloze gebieden (264). Ook in Nederland worden hoge aantallen en een

grote diversiteit aan (zang)vogels aangetroffen in haagrijke landschappen, zoals het Maasheggengebied (265). Nu wordt het broedsucces van sommige weide- en akkervogels nog als argument gebruikt om agrarisch gebieden open te houden; hagen bieden echter kansen aan veel andere vogelsoorten (266) en zijn bovendien belangrijk voor FAB en andere vormen van biodiversiteit.

7.4 Zoogdieren

Kleine zoogdieren kunnen een bijdrage leveren aan de biodiversiteit in het agrarisch landschap. Ze kunnen als voedsel dienen voor predatoren waaronder roofvogels, en hebben zo een effect op hogere niveaus in de voedselketen (267). Daarnaast omvat deze groep enkele kwetsbare soorten zoals de hamster. Specifiek ontworpen landschapselementen hebben ervoor gezorgd dat er weer levensvatbare hamsterpopulaties zijn in Nederland, nadat deze in 2002 waren uitgestorven (268). Hamsters floreren bij bloemrijke akkerranden en open landschappen, waardoor ze waarschijnlijk ook worden beschermd met akkerranden die ontworpen zijn voor natuurlijke plaagbestrijding (269). Andere kleine zoogdieren zoals spits- en woelmuizen worden juist meer ondersteund door grasrijke akkerranden (270, 271). Aan het stimuleren van woelmuizen zit echter ook een keerzijde omdat deze schade aan het gewas kunnen toebrengen (272, 273). Naast knaagdieren kunnen ook andere zoogdieren profijt hebben van akkerranden en andere functionele landschapselementen. Vleermuizen, bijvoorbeeld, komen meer voor in de nabijheid van kruidige (insectenrijke) akkerranden en zijn gebaat bij hagen om zich te voeden en te verplaatsen (274).

Samengevat, zal het gebruik van FAB-stimulerende vegetatie niet alleen de bestuivers en/of bestrijders bevorderen, maar ook andere groepen organismen. Daarnaast heeft het gebruik van FAB-elementen die toegespitst zijn op bestrijders het belangrijke aanvullende voordeel dat hiermee het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen drastisch gereduceerd kan worden, hetgeen een belangrijke bijdrage levert aan het natuurbeheer (275). FAB-elementen die op bestrijders gericht zijn leveren zodoende een oplossing voor de twee hoofdoorzaken van de achteruitgang van verschillende groepen soorten zoals insecten en weide- en akkervogels: ze diversifiëren het landschap en bieden een alternatief voor het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Dit belangrijke tweede punt is een specifiek voordeel van de FAB-benadering, en komt niet of nauwelijks nog voor in de regelingen voor het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb). Functionele agrobiodiversiteit dient daarom zo veel mogelijk worden gestimuleerd om de achteruitgang van soorten in het agrarisch landschap te stoppen.

8 Literatuur

1. Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, . . . de Kroon H (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos One* 12(10):e0185809.
2. Barendregt A, Zeegers T, Steenis W, & Jongejans E (2022) Forest hoverfly community collapse: Abundance and species richness drop over four decades. *Insect Conservation and Diversity* 15(5):510-521.
3. IUCN (2022) Over one third of hoverflies threatened with extinction in Europe. <https://www.iucn.org/press-release/202210/over-one-third-hoverflies-threatened-extinction-europe-iucn-red-list>.
4. Pekas A, De Craecker I, Boonen S, Wäckers FL, & Moerkens R (2020) One stone; two birds: concurrent pest control and pollination services provided by aphidophagous hoverflies. *Biological Control* 149:104328.
5. van Rijn PCJ & Wäckers FL (2016) Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology* 53(3):925-933.
6. Ramsden MW, Menendez R, Leather SR, & Wäckers F (2015) Optimizing field margins for biocontrol services: The relative role of aphid abundance, annual floral resources, and overwinter habitat in enhancing aphid natural enemies. *Agriculture Ecosystems & Environment* 199:94-104.
7. Bianchi FJJA, Booij CJH, & Tscharntke T (2006) Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 273(1595):1715-1727.
8. Ricketts TH, Regetz J, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Bogdanski A, . . . Viana BF (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11(5):499-515.
9. Taki H, Okabe K, Yamaura Y, Matsuura T, Sueyoshi M, Makino S, & Maeto K (2010) Effects of landscape metrics on Apis and non-Apis pollinators and seed set in common buckwheat. *Basic and Applied Ecology* 11(7):594-602.
10. Chaplin-Kramer R, O'Rourke ME, Blitzer EJ, & Kremen C (2011) A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14(9):922-932.
11. Rusch A, Chaplin-Kramer R, Gardiner MM, Hawro V, Holland J, Landis D, . . . Bommarco R (2016) Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 221:198-204.
12. LNV (2020) Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming (LNV), p 58.
13. Winkler K, Wäckers FL, Bukovinskine-Kiss G, & van Lenteren JC (2006) Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic and Applied Ecology* 7(2):133-140.
14. Pfiffner L & Luka H (2000) Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment* 78(3):215-222.
15. Pywell RF, James KL, Herbert I, Meek WR, Carvell C, Bell D, & Sparks TH (2005) Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. *Biological Conservation* 123(1):79-90.
16. Sarthou JP, Badoz A, Vaissiere B, Chevallier A, & Rusch A (2014) Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment* 194:17-28.
17. Veres A, Toth F, Kiss J, Fetyko K, Orosz S, Lavigne C, . . . Bohan D (2012) Spatio-temporal dynamics of Orius spp. (Heteroptera: Anthocoridae) abundance in the agricultural landscape. *Agriculture Ecosystems & Environment* 162:45-51.

18. Landis DA, Wratten SD, & Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45:175-201.
19. Sutter L, Amato M, Jeanneret P, & Albrecht M (2018) Overwintering of pollen beetles and their predators in oilseed rape and semi-natural habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment* 265:275-281.
20. Geiger F, Wäckers FL, & Bianchi FJJA (2009) Hibernation of predatory arthropods in semi-natural habitats. *Biocontrol* 54(4):529-535.
21. van Rijn PCJ (2014) Which shrubs and trees can conserve natural enemies of aphids in spring? *IOBC-WPRS Bulletin* 100:137-141.
22. Wäckers FL, van Rijn PCJ, & Bruin J (2005) *Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications* (Cambridge University Press).
23. Lundgren JG (2009) *Relationships of Natural Enemies and Non-prey Foods* (Springer Science & Business Media).
24. Wäckers FL & van Rijn PCJ (2012) Pick and mix: selecting flowering plants to meet the requirements of target biological control insects. *Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management*, eds Gurr GM, Wratten SD, Snyder WE, & Read DMY (John Wiley & Sons), pp 139-165.
25. van Rijn PCJ, Kooijman J, & Wäckers FL (2013) The contribution of floral resources and honeydew to the performance of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Biological Control* 67(1):32-38.
26. Villa M, Santos SAP, Benhadi-Marin J, Mexia A, Bento A, & Pereira JA (2016) Life-history parameters of *Chrysoperla carnea* s.l. fed on spontaneous plant species and insect honeydews: importance for conservation biological control. *Biocontrol* 61(5):533-543.
27. Wäckers FL (2004) Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29(3):307-314.
28. Campbell AJ, Biesmeijer JC, Varma V, & Wäckers FL (2012) Realising multiple ecosystem services based on the response of three beneficial insect groups to floral traits and trait diversity. *Basic and Applied Ecology* 13(4):363-370.
29. Jervis M (1998) Functional and evolutionary aspects of mouthpart structure in parasitoid wasps. *Biological Journal of the Linnean Society* 63(4):461-493.
30. Patt JM, Hamilton GC, & Lashomb JH (1997) Foraging success of parasitoid wasps on flowers: Interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 83(1):21-30.
31. Waser NM, Chittka L, Price MV, Williams NM, & Ollerton J (1996) Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* 77(4):1043-1060.
32. Wäckers FL & Bonifay C (2004) How to be sweet? Extrafloral nectar allocation by *Gossypium hirsutum* fits optimal defense theory predictions. *Ecology* 85(6):1512-1518.
33. Olson DM & Wäckers FL (2007) Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology* 44(1):13-21.
34. Winkler K, Wäckers FL, Termorshuizen AJ, & van Lenteren JC (2010) Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. *Biocontrol* 55(6):719-727.
35. van Rijn PCJ, Klompe M, Elzerman S, Vlaswinkel MET, & Huiting H (2019) The role of flower-rich field margin strips for pollinators, natural enemies and pest control in arable fields. *IOBC-WPRS Bulletin* 143:56-60.
36. van Rijn PCJ (2012) The suitability of field margin flowers as food source for *Chrysoperla* lacewings. *IOBC-WPRS Bulletin* 75:213-216.
37. Russell M (2015) A meta-analysis of physiological and behavioral responses of parasitoid wasps to flowers of individual plant species. *Biological Control* 82:96-103.
38. Géneau CE, Wäckers FL, Luka H, Daniel C, & Balmer O (2012) Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. *Basic and Applied Ecology* 13(1):85-93.

39. Winkler K, Wäckers FL, Kaufman LV, Larraz V, & van Lenteren JC (2009) Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biological Control* 50(3):299-306.
40. Munir S, Dosdall LM, & Keddie A (2018) Selective effects of floral food sources and honey on life-history traits of a pest–parasitoid system. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 166(6):500-507.
41. Holland JM, Bianchi FJJA, Entling MH, Moonen AC, Smith BM, & Jeanneret P (2016) Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest Management Science* 72(9):1638-1651.
42. Schirmel J, Albrecht M, Bauer PM, Sutter L, Pfister SC, & Entling MH (2018) Landscape complexity promotes hoverflies across different types of semi-natural habitats in farmland. *Journal of Applied Ecology* 55(4):1747-1758.
43. Tamburini G, Bommarco R, Wanger TC, Kremen C, van der Heijden MGA, Liebman M, & Hallin S (2020) Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances* 6(45):eaba1715.
44. Mansion-Vaquerie A, Ferrante M, Cook SM, Pell JK, & Lovei GL (2017) Manipulating field margins to increase predation intensity in fields of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Applied Entomology* 141(8):600-611.
45. Woodcock BA, Westbury DB, Potts SG, Harris SJ, & Brown VK (2005) Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107(2-3):255-266.
46. Thomas MB, Wratten SD, & Sotherton NW (1991) Creation of island habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods - predator densities and emigration. *Journal of Applied Ecology* 28(3):906-917.
47. Burgio G, Ferrari R, Pozzati M, & Boriani L (2004) The role of ecological compensation areas on predator populations: an analysis on biodiversity and phenology of Coccinellidae (Coleoptera) on non-crop plants within hedgerows in Northern Italy. *Bulletin of Insectology* 57:1-10.
48. Maudsley M, Seeley B, & Lewis O (2002) Spatial distribution patterns of predatory arthropods within an English hedgerow in early winter in relation to habitat variables. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89(1-2):77-89.
49. van Rijn PCJ (2016) Landschapscompletering voor een betere plaagbeheersing. *Landschap* 33(1):41-43.
50. Garratt MPD, Senapathi D, Coston DJ, Mortimer SR, & Potts SG (2017) The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agriculture Ecosystems & Environment* 247:363-370.
51. Van Hoorde A, Hermy M, Rotthier B, & Jacobs F (1996) *Bijenplantengids* (Koninklijke Vlaamse Imkersbond) p 95.
52. Wäckers FL, Romeis J, & van Rijn P (2007) Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology* 52(1):301-323.
53. Winkler K, Wäckers FL, Stingli A, & van Lenteren JC (2005) *Plutella xylostella* (diamondback moth) and its parasitoid *Diadegma semiclausum* show different gustatory and longevity responses to a range of nectar and honeydew sugars. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 115(1):187-192.
54. Carrie RJG, George DR, & Wäckers FL (2012) Selection of floral resources to optimise conservation of agriculturally-functional insect groups. *Journal of Insect Conservation* 16(4):635-640.
55. de Geus J, van Gurp H, van Alebeek F, Bos M, Janmaat L, Molendijk L, . . . Vlaswinkel M (2011) Eindrapportage FAB2 2008-2011: functionele agro biodiversiteit. (ZLTO Projecten).
56. Wäckers FL (1996) A comparison of flowering herbs with respect to their nectar accessibility for the parasitoid *Pimpla turionellae*. *Exp Appl Entomol*, pp 177-182.
57. Steppuhn A & Wäckers FL (2004) HPLC sugar analysis reveals the nutritional state and the feeding history of parasitoids. *Functional Ecology* 18(6):812-819.

58. Albrecht M, Kleijn D, Williams NM, Tschumi M, Blaauw BR, Bommarco R, . . . Sutter L (2020) The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters* 23(10):1488-1498.
59. Lowe EB, Groves R, & Gratton C (2021) Impacts of field-edge flower plantings on pollinator conservation and ecosystem service delivery - A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 310:10.
60. Pollier A, Guillomo L, Tricault Y, Plantegenest M, & Bischoff A (2018) Effects of spontaneous field margin vegetation on the regulation of herbivores in two winter crops. *Basic and Applied Ecology* 27:71-82.
61. Woodcock BA, Bullock JM, McCracken M, Chapman RE, Ball SL, Edwards ME, . . . Pywell RF (2016) Spill-over of pest control and pollination services into arable crops. *Agriculture Ecosystems & Environment* 231:15-23.
62. Tschumi M, Albrecht M, Entling MH, & Jacot K (2015) High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 282(1814):189-196.
63. Tschumi M, Albrecht M, Collatz J, Dubsky V, Entling MH, Najar-Rodriguez AJ, & Jacot K (2016) Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops. *Journal of Applied Ecology* 53(4):1169-1176.
64. Pfister SC, Schirmel J, & Entling MH (2017) Aphids and their enemies in pumpkin respond differently to management, local and landscape features. *Biological Control* 115:37-45.
65. Jonsson M, Straub CS, Didham RK, Buckley HL, Case BS, Hale RJ, . . . Wratten SD (2015) Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity. *Journal of Applied Ecology* 52(5):1274-1282.
66. Duelli P, Studer M, Marchand I, & Jakob S (1990) Population-movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* 54(3):193-207.
67. Mestre L, Schirmel J, Hetz J, Kolb S, Pfister SC, Amato M, . . . Entling MH (2018) Both woody and herbaceous semi-natural habitats are essential for spider overwintering in European farmland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 267:141-146.
68. Birkhofer K, Fevrier V, Heinrich AE, Rink K, & Smith HG (2018) The contribution of CAP greening measures to conservation biological control at two spatial scales. *Agriculture Ecosystems & Environment* 255:84-94.
69. Jowett K, Milne AE, Metcalfe H, Hassall KL, Potts SG, Senapathi D, & Storkey J (2019) Species matter when considering landscape effects on carabid distributions. *Agriculture Ecosystems & Environment* 285:13.
70. Campbell AJ, Wilby A, Sutton P, & Wäckers FL (2017) Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture Ecosystems & Environment* 239:20-29.
71. Cahenzli F, Pfiffner L, & Daniel C (2017) Reduced crop damage by self-regulation of aphids in an ecologically enriched, insecticide-free apple orchard. *Agronomy for Sustainable Development* 37(6):8.
72. Herz A, Cahenzli F, Penvern S, Pfiffner L, Tasin M, & Sigsgaard L (2019) Managing floral resources in apple orchards for pest control: ideas, experiences and future directions. *Insects* 10(8):24.
73. Wyss E, Niggli U, & Nentwig W (1995) The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. *Journal of Applied Entomology* 119(7):473-478.
74. Wyss E (1995) The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 75(1):43-49.
75. Blaauw BR & Isaacs R (2014) Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology* 51(4):890-898.
76. Campbell AJ, Wilby A, Sutton P, & Wäckers F (2017) Getting more power from your flowers: multi-functional flower strips enhance pollinators and pest control agents in apple orchards. *Insects* 8(3):18.

77. Wood TJ, Gibbs J, Rothwell N, Wilson JK, Gut L, Brokaw J, & Isaacs R (2018) Limited phenological and dietary overlap between bee communities in spring flowering crops and herbaceous enhancements. *Ecological Applications* 28(7):1924-1934.
78. van Rijn PCJ & Wäckers FL (2016) Bloemplanten voor bestuiving en plaagbestrijding in blauwe bessen: Project Bloem & Bes. *Universiteit van Amsterdam*.
79. von Königsłow V, Fornoff F, & Klein AM (2022) Pollinator enhancement in agriculture: comparing sown flower strips, hedges and sown hedge herb layers in apple orchards. *Biodiversity and Conservation* 31(2):433-451.
80. Pywell RF, Heard MS, Woodcock BA, Hinsley S, Ridding L, Nowakowski M, & Bullock JM (2015) Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 282(1816):20151740.
81. Venturini EM, Drummond FA, Hoshide AK, Dibble AC, & Stack LB (2017) Pollination reservoirs in Lowbush Blueberry (Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology*:tow285.
82. Dover JW (2019) *The ecology of hedgerows and field margins* (Routledge, UK, Abingdon) p 280.
83. Kremen C, Albrecht M, & Ponisio L (2019) Restoring pollinator communities and pollination services in hedgerows in intensively managed agricultural landscapes *The Ecology of Hedgerows and Field Margins*, ed Dover JW (Routledge, Abingdon, UK), pp 163-185.
84. Holland JM (2019) Contribution of hedgerows to biological control *The Ecology of Hedgerows and Field Margins*, ed Dover JW (Routledge, Abingdon, UK), pp 123-162.
85. Hemptinne J (1988) Ecological requirements for hibernating *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) and *Coccinella septempunctata* [Col.: Coccinellidae]. *Entomophaga* 33(4):505-515.
86. Sarthou JP, Ouin A, Arrignon F, Barreau G, & Bouyjou B (2005) Landscape parameters explain the distribution and abundance of *Episyrphus balteatus* (Diptera : Syrphidae). *European Journal of Entomology* 102(3):539-545.
87. Yang L, Xu L, Liu B, Zhang Q, Pan YF, Li Q, . . . Lu YH (2019) Non-crop habitats promote the abundance of predatory ladybeetles in maize fields in the agricultural landscape of northern China. *Agriculture Ecosystems & Environment* 277:44-52.
88. Bianchi FJJA, Goedhart PW, & Baveco JM (2008) Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. *Landscape Ecology* 23(5):595-602.
89. Alignier A, Raymond L, Deconchat M, Menozzi P, Monteil C, Sarthou JP, . . . Ouin A (2014) The effect of semi-natural habitats on aphids and their natural enemies across spatial and temporal scales. *Biological Control* 77:76-82.
90. Thies C, Roschewitz I, & Tscharnkte T (2005) The landscape context of cereal aphid-parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 272(1559):203-210.
91. Haenke S, Kovacs-Hostyanszki A, Frund J, Batary P, Jauker B, Tscharnkte T, & Holzschuh A (2014) Landscape configuration of crops and hedgerows drives local syrphid fly abundance. *Journal of Applied Ecology* 51(2):505-513.
92. Morandin L, Long RF, Pease C, & Kremen C (2011) Hedgerows enhance beneficial insects on farms in California's Central Valley. *California Agriculture* 65(4):197-201.
93. Morandin LA & Kremen C (2013) Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications* 23(4):829-839.
94. Morandin LA, Long RF, & Kremen C (2014) Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 189:164-170.
95. Marino PC & Landis DA (1996) Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications* 6(1):276-284.
96. Dainese M, Montecchiari S, Sitzia T, Sigura M, & Marini L (2017) High cover of hedgerows in the landscape supports multiple ecosystem services in Mediterranean cereal fields. *Journal of Applied Ecology* 54(2):380-388.
97. Ferreira JAM, Cunha DFS, Pallini A, Sabelis MW, & Janssen A (2011) Leaf domatia reduce intraguild predation among predatory mites. *Ecological Entomology* 36(4):435-441.

98. Gareau TLP, Letourneau DK, & Shennan C (2013) Relative densities of natural enemy and pest insects within California hedgerows. *Environmental Entomology* 42(4):688-702.
99. Kremen C & M'Gonigle LK (2015) Small-scale restoration in intensive agricultural landscapes supports more specialized and less mobile pollinator species. *Journal of Applied Ecology* 52(3):602-610.
100. Antoine CM & Forrest JRK (2021) Nesting habitat of ground-nesting bees: a review. *Ecological Entomology* 46(2):143-159.
101. Hannon LE & Sisk TD (2009) Hedgerows in an agri-natural landscape: Potential habitat value for native bees. *Biological Conservation* 142(10):2140-2154.
102. Sardinas HS & Kremen C (2015) Pollination services from field-scale agricultural diversification may be context-dependent. *Agriculture Ecosystems & Environment* 207:17-25.
103. Morandin LA, Long RF, & Kremen C (2016) Pest control and pollination cost-benefit analysis of hedgerow restoration in a simplified agricultural landscape. *Journal of Economic Entomology* 109(3):1020-1027.
104. Dainese M, Martin EA, Aizen MA, Albrecht M, Bartomeus I, Bommarco R, . . . Steffan-Dewenter I (2019) A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances* 5(10):13.
105. Martin EA, Dainese M, Clough Y, Baldi A, Bommarco R, Gagic V, . . . Steffan-Dewenter I (2019) The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters* 22(7):1083-1094.
106. Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, . . . Kremen C (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16(5):584-599.
107. Kremen C, Williams NM, & Thorp RW (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(26):16812-16816.
108. Jankovic M, Plecas M, Sandic D, Popovic A, Petrovic A, Petrovic-Obradovic O, . . . Gagic V (2017) Functional role of different habitat types at local and landscape scales for aphids and their natural enemies. *Journal of Pest Science* 90(1):261-273.
109. Scheper J, Holzschuh A, Kuussaari M, Potts SG, Rundlof M, Smith HG, & Kleijn D (2013) Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss - a meta-analysis. *Ecology Letters* 16(7):912-920.
110. Scheper J, Bommarco R, Holzschuh A, Potts SG, Riedinger V, Roberts SPM, . . . Kleijn D (2015) Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology* 52(5):1165-1175.
111. Grab H, Poveda K, Danforth B, & Loeb G (2018) Landscape context shifts the balance of costs and benefits from wildflower borders on multiple ecosystem services. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 285(1884).
112. Karp DS, Chaplin-Kramer R, Meehan TD, Martin EA, DeClerck F, Grab H, . . . 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.
113. Perovic DJ, Gamez-Virues S, Landis DA, Wäckers FL, Gurr GM, Wratten SD, . . . Desneux N (2018) Managing biological control services through multi-trophic trait interactions: review and guidelines for implementation at local and landscape scales. *Biological Reviews* 93(1):306-321.
114. Dunning JB, Danielson BJ, & Pulliam HR (1992) Ecological processes that effect populations in complex landscapes. *Oikos* 65:169-175.
115. Diehl E, Wolters V, & Birkhofer K (2012) Arable weeds in organically managed wheat fields foster carabid beetles by resource-and structure-mediated effects. *Arthropod-Plant Interactions* 6(1):75-82.

116. Barbercheck ME & Wallace J (2021) Weed-insect interactions in annual cropping systems. *Annals of the Entomological Society of America* 114(2):276-291.
117. Rollin O, Benelli G, Benvenuti S, Decourtye A, Wratten SD, Canale A, & Desneux N (2016) Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1):22.
118. Bugg RL, Ehler IE, & Wilson LT (1987) Effect of common knotweed (*Polygonum aviculare*) on abundance and efficiency of insect predators of crop pests. *Hilgardia* 55(7):1-52.
119. Kozar F, Brown M, & Lightner G (1994) Spatial distribution of homopteran pests and beneficial insects in an orchard and its connection with ecological plant protection. *Journal of Applied Entomology* 117(1-5):519-529.
120. Landis DA, Menalled FD, Costamagna AC, & Wilkinson TK (2005) Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53(6):902-908.
121. Gallandt ER, Molloy T, Lynch RP, & Drummond FA (2005) Effect of cover-cropping systems on invertebrate seed predation. *Weed Science* 53(1):69-76.
122. Albajes R, Lumbierres B, & Pons X (2009) Responsiveness of Arthropod Herbivores and Their Natural Enemies to Modified Weed Management in Corn. *Environmental Entomology* 38(3):944-954.
123. Lichtenberg EM, Kennedy CM, Kremen C, Batary P, Berendse F, Bommarco R, . . . Crowder DW (2017) A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology* 23(11):4946-4957.
124. DiTommaso A, Averill KM, Hoffmann MP, Fuchsberg JR, & Losey JE (2016) Integrating insect, resistance, and floral resource management in weed control decision-making. *Weed Science* 64(4):743-756.
125. Smith RG, Warren ND, & Cordeau S (2020) Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures? *Weed Science* 68(2):186-194.
126. Storkey J & Westbury DB (2007) Managing arable weeds for biodiversity. *Pest Management Science* 63(6):517-523.
127. Petit S, Cordeau S, Chauvel B, Bohan D, Guillemin JP, & Steinberg C (2018) Biodiversity-based options for arable weed management. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38(5):21.
128. Westerman P, Hofman A, Vet L, & Van Der Werf W (2003) Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95(2-3):417-425.
129. Gaba S, Deroulers P, Bretagnolle F, & Bretagnolle V (2019) Lipid content drives weed seed consumption by ground beetles (Coleoptera, Carabidae) within the smallest seeds. *Weed Research* 59(3):170-179.
130. Westerman PR, Wes JS, Kropff MJ, & Van der Werf W (2003) Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* 40(5):824-836.
131. Trichard A, Alignier A, Biju-Duval L, & Petit S (2013) The relative effects of local management and landscape context on weed seed predation and carabid functional groups. *Basic and Applied Ecology* 14(3):235-245.
132. Sarabi V (2019) Factors that influence the level of weed seed predation: A review. *Weed Biology and Management* 19(3):61-74.
133. Chauhan BS, Singh RG, & Mahajan G (2012) Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Protection* 38:57-65.
134. Labruyere S, Ricci B, Lubac A, & Petit S (2016) Crop type, crop management and grass margins affect the abundance and the nutritional state of seed-eating carabid species in arable landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 231:183-192.
135. Hof AR & Bright PW (2010) The impact of grassy field margins on macro-invertebrate abundance in adjacent arable fields. *Agriculture Ecosystems & Environment* 139(1-2):280-283.
136. Sutherland AM & Parrella MP (2009) Mycophagy in Coccinellidae: review and synthesis. *Biological Control* 51(2):284-293.

137. Pijnakker J, Moerkens R, Vangansbeke D, Duarte M, Bellinkx S, Benavente A, . . . Wäckers F (2022) Dual protection: A tydeoid mite effectively controls both a problem pest and a key pathogen in tomato. *Pest Management Science* 78(1):355-361.
138. Demie DT, Doering TF, Finckh MR, van der Werf W, Enjalbert J, & Seidel SJ (2022) Mixture x Genotype Effects in Cereal/Legume Intercropping. *Frontiers in Plant Science* 13:17.
139. Timaeus J, Ruigrok T, Siegmeier T, & Finckh MR (2022) Adoption of Food Species Mixtures from Farmers' Perspectives in Germany: Managing Complexity and Harnessing Advantages. *Agriculture-Basel* 12(5):22.
140. Visser A, Vlaswinkel M, Wal Evd, Willemse J, & Alebeek Fv (2011) FAB en gewasbescherming. Het belang van goed waarnemen. (Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO), Praktijkonderzoek Plant & Omgeving).
141. Werling BP & Gratton C (2010) Local and broadscale landscape structure differentially impact predation of two potato pests. *Ecological Applications* 20(4):1114-1125.
142. Field-Workers (2021) Colorado Beetle Catcher.
143. Vollhardt IMG, Tschardt T, Wäckers FL, Bianchi FJJA, & Thies C (2008) Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 126(3-4):289-292.
144. Luske B, Janmaat L, Bos MM, & Daniels L (2014) Geïntegreerde beheersing van het graanhaantje. (Louis Bolk Instituut, Driebergen, NL).
145. Hatt S, Lopes T, Boeraeve F, Chen JL, & Francis F (2017) Pest regulation and support of natural enemies in agriculture: Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecological Engineering* 98:240-245.
146. Mei ZL, de Groot GA, Kleijn D, Dimmers W, van Gils S, Lammertsma D, . . . Scheper J (2021) Flower availability drives effects of wildflower strips on ground-dwelling natural enemies and crop yield. *Agriculture Ecosystems & Environment* 319:11.
147. Tschumi M, Albrecht M, Baertschi C, Collatz J, Entling MH, & Jacot K (2016) Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture Ecosystems & Environment* 220:97-103.
148. Vollhardt IMG, Bianchi FJJA, Wäckers FL, Thies C, & Tschardt T (2010) Spatial distribution of flower vs. honeydew resources in cereal fields may affect aphid parasitism. *Biological Control* 53(2):204-213.
149. Bos MM & Musters CJM (2014) De effectiviteit van akkerranden in het vervullen van maatschappelijke diensten Een overzicht uit wetenschappelijke literatuur en praktijk ervaringen. in *CML rapport*, ed de Snoo GR (CML Institute of Environmental Sciences, Leiden University).
150. Dodde H (2019) Perzikluis grote zorg voor bietentelers. *Nieuwe Oogst* (17 mei 2019).
151. Raaijmakers E (2021) Bladluiswaarschuwingsdienst 2020. (De bladluiswaarschuwingsdienst is een samenwerking tussen Cosun Beet Company, Delphy team Zuidwest en IRS).
152. Raaijmakers E, Maassen J, Buijze A, & Chouinard N (2022) Evaluation of the aphid warning system to control virus yellows in the Netherlands. *Poster 78th IIRB Congress*.
153. Harvey JA & Wagenaar R (2006) Development of the herbivore *Pieris rapae* and its endoparasitoid *Cotesia rubecula* on crucifers of field edges. *Journal of Applied Entomology* 130(9-10):465-470.
154. Mesmin X, Maret M, Vincent M, Daniel L, Gardin P, Raitif J, . . . Le Ralec A (2022) Biological control at work: demonstrating the complementary effects of natural enemies on two contrasting pests and the damage they cause. *Journal of Pest Science* 95(2):653-667.
155. Pollard E (1971) Hedges. VI. Habitat diversity and crop pests: a study of *Brevicoryne brassicae* and its syrphid predators. *Journal of Applied Ecology*:751-780.
156. Herrera RA, Cotes B, Agusti N, Tasin M, & Porcel M (2021) Using flower strips to promote green lacewings to control cabbage insect pests. *Journal of Pest Science*.
157. Furlong MJ, Wright DJ, & Dosdall LM (2013) Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. *Annual Review of Entomology* 58:535-558.

158. Gonzalez-Rodriguez AL & Macchiavelli R (2003) Dynamics of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), in cabbage under intercropping, biological control and *Bt*-based sprays. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 87(1-2):31-49.
159. Geneau CE, Wackers FL, Luka H, Daniel C, & Balmer O (2012) Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. *Basic and Applied Ecology* 13(1):85-93.
160. Luka H, Barloggio G, & Pfiffner L (2016) Flower strips control pests in vegetable production and ecologically upgrade arable land. *Agrarforschung Schweiz* 7(6):268-275.
161. Nilsson U, Rannback LM, Anderson P, Eriksson A, & Ramert B (2011) Comparison of nectar use and preference in the parasitoid *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae) and its host, the cabbage root fly, *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae). *Biocontrol Science and Technology* 21(9):1117-1132.
162. Shrestha B, Finke DL, & Pinero JC (2019) The "botanical triad": the presence of insectary plants enhances natural enemy abundance on trap crop plants in an organic cabbage agro-ecosystem. *Insects* 10(6):14.
163. van Rijn P, den Belder E, Elderson J, Vlaswinkel M, & van Alebeek F (2008) Perspectives for functional agro biodiversity in Brussels sprouts. *IOBC/WPRS Bulletin* 2008(34):121-124.
164. Laurenz S & Meyhofer R (2021) Conservation of non-pest whiteflies and natural enemies of the cabbage whitefly *Aleyrodes proletella* on perennial plants for use in non-crop habitats. *Insects* 12(9):8.
165. Bischoff A, Pollier A, Lamarre E, Salvadori O, Cortesero A-M, Le Ralec A, . . . Jaloux B (2016) Effects of spontaneous field margin vegetation and surrounding landscape on Brassica oleracea crop herbivory. *Agriculture Ecosystems & Environment* 223:135-143.
166. Jonsson M, Buckley HL, Case BS, Wratten SD, Hale RJ, & Didham RK (2012) Agricultural intensification drives landscape-context effects on host-parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology* 49(3):706-714.
167. Chaplin-Kramer R & Kremen C (2012) Pest control experiments show benefits of complexity at landscape and local scales. *Ecological Applications* 22(7):1936-1948.
168. Aartsma Y, Hao YY, Dicke M, van der Werf W, Poelman EH, & Bianchi F (2020) Variation in parasitoid attraction to herbivore-infested plants and alternative host plant cover mediate tritrophic interactions at the landscape scale. *Landscape Ecology* 35(4):907-919.
169. Geiger F, Bianchi F, & Wäckers FL (2005) Winter ecology of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Braconidae : Aphidiidae). *Journal of Applied Entomology* 129(9-10):563-566.
170. Kok LT (2008) Crucifer pests and their management. *Encyclopedia of Entomology*, ed Capinera JL (Springer Science & Business Media), pp 1113–1122.
171. Quinet M, Warzee M, Vanderplanck M, Michez D, Lognay G, & Jacquemart AL (2016) Do floral resources influence pollination rates and subsequent fruit set in pear (*Pyrus communis* L.) and apple (*Malus x domestica* Borkh) cultivars? *European Journal of Agronomy* 77:59-69.
172. Smessaert J, Van Geel M, Verreth C, Crauwels S, Honnay O, Keulemans W, & Lievens B (2019) Temporal and spatial variation in bacterial communities of "Jonagold" apple (*Malus x domestica* Borkh.) and "Conference" pear (*Pyrus communis* L.) floral nectar. *MicrobiologyOpen* 8(12):15.
173. Ji XY, Wang JY, Dainese M, Zhang H, Chen YJ, Cavalieri A, . . . Wan NF (2022) Ground cover vegetation promotes biological control and yield in pear orchards. *Journal of Applied Entomology* 146(3):262-271.
174. Staton T, Walters R, Smith J, Breeze T, & Girling R (2021) Management to Promote Flowering Understoreys Benefits Natural Enemy Diversity, Aphid Suppression and Income in an Agroforestry System. *Agronomy-Basel* 11(4):17.
175. McKerchar M, Potts SG, Fountain MT, Garratt MPD, & Westbury DB (2020) The potential for wildflower interventions to enhance natural enemies and pollinators in commercial apple orchards is limited by other management practices. *Agriculture Ecosystems & Environment* 301:12.

176. Helsen HHM, Trapman M, Polfliet M, & Simonse JJ (2004) Presence of the common earwig *Forficula auricularia* L. in apple orchards and its impact on the woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). *IOBC-WPRS Bulletin* 30:4.
177. Mueller TF, Blommers LHM, & Mols PJM (1988) Earwig (*Forficula-auricularia*) predation on the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 47(2):145-152.
178. Helsen HHM & Winkler K (2019) Oorwormen in de boomgaard. (Wageningen Research, Wageningen, NL).
179. Drukker B, Scutareanu P, & Sabelis MW (1995) Do anthocorid predators respond to synomones from *Psylla*-infested pear trees under field conditions. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 77(2):193-203.
180. Scutareanu P, Lingeman R, Drukker B, & Sabelis MW (1999) Cross-correlation analysis of fluctuations in local populations of pear psyllids and anthocorid bugs. *Ecological Entomology* 24(3):354-362.
181. Helsen HHM (2019) Kruidachtige waardplanten van de groene appelwants. (Wageningen Research, Wageningen, NL).
182. Perez-Rodriguez J, Pekas A, Tena A, & Wäckers FL (2021) Sugar provisioning for ants enhances biological control of mealybugs in citrus. *Biological Control* 157:104573.
183. Javorek SK, Mackenzie KE, & Vander Kloet SP (2002) Comparative pollination effectiveness among bees (Hymenoptera : Apoidea) on lowbush blueberry (Ericaceae : *Vaccinium angustifolium*). *Annals of the Entomological Society of America* 95(3):345-351.
184. McCallum RS, McLean NL, & Cutler GC (2021) The impact of planting buckwheat strips along lowbush blueberry fields on beneficial insects. *Canadian Journal of Plant Science* 101(2):166-176.
185. Venturini EM, Drummond FA, Hoshida AK, Dibble AC, & Stack LB (2017) Pollination reservoirs for wild bee habitat enhancement in cropping systems: a review. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41(2):101-142.
186. Blaauw BR & Isaacs R (2015) Wildflower plantings enhance the abundance of natural enemies and their services in adjacent blueberry fields. *Biological Control* 91:94-103.
187. Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, & Thies C (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8(8):857-874.
188. van Alebeek F (2015) Duurzaamheidseffecten van akkerranden. Wetenschappelijke en praktische onderbouwing van duurzaamheidsaspecten van akkerranden. (Wageningen UR Een Helpdeskvraag t.b.v. Stichting Veldleeuwrik).
189. Allema B, van Rozen K, Helsen H, Huiting H, Verbeek M, & van Tol R (2020) Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen: voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden. (Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Wageningen, NL), p 50.
190. Janssen A & van Rijn PCJ (2021) Pesticides do not significantly reduce arthropod pest densities in the presence of natural enemies. *Ecology Letters* 24(9):2010-2024.
191. Risch SJ, Andow D, & Altieri MA (1983) Agroecosystem diversity and pest-control - data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology* 12(3):625-629.
192. Andow DA (1991) Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
193. Letourneau DK, Armbrrecht I, Salguero Rivera B, Montoya Lerma J, Jimenez Carmona E, Constanza Daza M, . . . Reyes Trujillo A (2011) Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21(1):9-21.
194. Asiry K (2013) Role of cereal-legume intercropping on invertebrate community abundance. 4:1-16.
195. Engel V, Fischer MK, Wäckers FL, & Völkl W (2001) Interactions between extrafloral nectaries, aphids and ants: are there competition effects between plant and homopteran sugar sources? *Oecologia* 129(4):577-584.

196. Rahman Khondoker Z (2021) Cereal-legume intercropping: an eco-friendly land-use system for sustainable agriculture and pest management. *International Journal of Zoology and Animal Biology* 4(5).
197. Theunissen J, Booij CJH, & Lotz LAP (1995) Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 74(1):7-16.
198. Gurr G, Wratten SD, & Altieri MA (2004) *Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods* (Csiro Publishing, Collingwood, Australia).
199. Khan ZR, Midega CAO, Pittchar JO, Murage AW, Birkett MA, Bruce TJA, & Pickett JA (2014) Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push–pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 369(1639):20120284.
200. Finch S & Collier RH (2012) The influence of host and non-host companion plants on the behaviour of pest insects in field crops: Influence of host and non-host plants on insect behaviour. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 142(2):87-96.
201. Ditzler L, van Apeldoorn DF, Schulte RPO, Tittonell P, & Rossing WAH (2021) Redefining the field to mobilize three-dimensional diversity and ecosystem services on the arable farm. *European Journal of Agronomy* 122:15.
202. Curl EA (1963) Control of Plant Diseases by Crop Rotation. *Botanical Review* 29(4):413-479.
203. Horrocks RD & Vallentine JF (1999) The role of harvested forages. *Harvested Forages*, (Elsevier), pp 3-13.
204. Holland JM (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103(1):1-25.
205. Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, . . . Valantin-Morison M (2009) Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29(1):43-62.
206. Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian J-F, Ferrer A, & Peigné J (2014) Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34(1):1-20.
207. Bedoussac L, Journet E-P, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Jensen ES, . . . Justes E (2015) Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35(3):911-935.
208. Bullock DG (1992) Crop rotation. *Critical Reviews in Plant Sciences* 11(4):309-326.
209. Kromp B (1999) Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74(1-3):187-228.
210. Roger-Estrade J, Anger C, Bertrand M, & Richard G (2010) Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research* 111(1):33-40.
211. van der Putten WH, Bardgett RD, de Ruiter PC, Hol WHG, Meyer KM, Bezemer TM, . . . Wardle DA (2009) Empirical and theoretical challenges in aboveground–belowground ecology. *Oecologia* 161(1):1-14.
212. Veen GF, Wubs ERJ, Bardgett RD, Barrios E, Bradford MA, Carvalho S, . . . Vet LEM (2019) Applying the Aboveground-Belowground Interaction Concept in Agriculture: Spatio-Temporal Scales Matter. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:300.
213. A'Bear AD, Johnson SN, & Jones TH (2014) Putting the 'upstairs–downstairs' into ecosystem service: What can aboveground–belowground ecology tell us? *Biological Control* 75:97-107.
214. Médiène S, Valantin-Morison M, Sarthou J-P, de Tourdonnet S, Gosme M, Bertrand M, . . . Doré T (2011) Agroecosystem management and biotic interactions: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 31(3):491-514.
215. Ratnadass A, Fernandes P, Avelino J, & Habib R (2012) Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 32(1):273-303.

216. Teasdale JR, Coffman CB, & Mangum RW (2007) Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agronomy Journal* 99(5):1297-1305.
217. van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ, & Urbaneja A (2018) Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *Biocontrol* 63(1):39-59.
218. Messelink GJ, Bennison J, Alomar O, Ingegno BL, Tavella L, Shipp L, . . . Wäckers FL (2014) Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *Biocontrol* 59(4):377-393.
219. Messelink GJ, Lambion J, Janssen A, & van Rijn PCJ (2021) Biodiversity in and around greenhouses: benefits and potential risks for pest management. *Insects* 12(10):16.
220. Pijnakker J, Vangansbeke D, Duarte M, Moerkens R, & Wäckers FL (2020) Predators and parasitoids-in-first: From inundative releases to preventative biological control in greenhouse crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4:595630.
221. van Rijn PCJ, van Houten YM, & Sabelis MW (2002) How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. *Ecology* 83(10):2664-2679.
222. Stapel JO, Cortesero AM, DeMoraes CM, Tumlinson JH, & Lewis WJ (1997) Extrafloral nectar, honeydew, and sucrose effects on searching behavior and efficiency of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *Environmental Entomology* 26 (3):617-623.
223. van Lenteren JC, Bolckmans K, Köhl J, Ravensberg WJ, & Urbaneja A (2018) Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *Biocontrol* 63(1):39-59.
224. Gao Z, Zhang B, Liu H, Han J, & Zhang Y (2017) Identification of endophytic *Bacillus velezensis* ZSY-1 strain and antifungal activity of its volatile compounds against *Alternaria solani* and *Botrytis cinerea*. *Biological Control* 105:27-39.
225. Jamali H, Sharma A, Roohi, & Srivastava AK (2020) Biocontrol potential of *Bacillus subtilis* RH5 against sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*. *Journal of Basic Microbiology* 60(3):268-280.
226. Gao Y, Reitz SR, Wang J, Xu X, & Lei Z (2012) Potential of a strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) as a biological control agent against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Biocontrol Science and Technology* 22(4):491-495.
227. Iqbal M, Jützel M, França SC, Wäckers F, Andreasson E, & Stenberg JA (2022) Bee-Vectored *Aureobasidium pullulans* for Biological Control of Gray Mold in Strawberry. *Phytopathology*® 112(2):232-237.
228. Geertsema W, Grashof C, Meeuwssen H, Schotman A, Van Turnhout C, & Van Swaay C (2004) Kwaliteit van groenblauwe dooradering en voorkomen van vogels, vlinders en planten. (Alterra, Wageningen, NL).
229. SamenVoorBiodiversiteit (2022) Aanvalsplan Landschap. Realisatie van 10% groenblauwe dooradering. (Stichting Deltaplan Biodiversiteitsherstel).
230. Grashof-Bokdam CJ, Chardon JP, Vos CC, Foppen RPB, WallisDeVries M, van der Veen M, & Meeuwssen HAM (2009) The synergistic effect of combining woodlands and green veining for biodiversity. *Landscape Ecology* 24(8):1105-1121.
231. Fuller RJ, Hinsley SA, & Swetnam RD (2004) The relevance of non-farmland habitats, uncropped areas and habitat diversity to the conservation of farmland birds. *Ibis* 146:22-31.
232. Pope SE, Fahrig L, & Merriam NG (2000) Landscape complementation and metapopulation effects on leopard frog populations. *Ecology* 81(9):2498-2508.
233. Duelli P, Obrist MK, & Fluckiger PF (2002) Forest edges are biodiversity hotspots - Also for Neuroptera. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 48:75-87.
234. Bianchi FJJA, Mikos V, Brussaard L, Delbaere B, & Pulleman MM (2013) Opportunities and limitations for functional agrobiodiversity in the European context. *Environmental Science & Policy* 27:223-231.

235. Kleijn D, Rundlof M, Scheper J, Smith HG, & Tscharntke T (2011) Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology & Evolution* 26(9):474-481.
236. Grass I, Albrecht J, Jauker F, Diekötter T, Warzecha D, Wolters V, & Farwig N (2016) Much more than bees—Wildflower plantings support highly diverse flower-visitor communities from complex to structurally simple agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 225:45-53.
237. Kleijn D, Winfree R, Bartomeus I, Carvalheiro LG, Henry M, Isaacs R, . . . Potts SG (2015) Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications* 6:7414.
238. van den Dool E (2008) Bescherming akkerflora in de Provincie Utrecht. *De Levende Natuur* 109(3):131-133.
239. Wietzke A, Albert K, Bergmeier E, Sutcliffe LME, van Waveren CS, & Leuschner C (2020) Flower strips, conservation field margins and fallows promote the arable flora in intensively farmed landscapes: Results of a 4-year study. *Agriculture Ecosystems & Environment* 304:11.
240. Smith H, Feber RE, Morecroft MD, Taylor ME, & Macdonald DW (2010) Short-term successional change does not predict long-term conservation value of managed arable field margins. *Biological Conservation* 143(3):813-822.
241. van Kemenade L, Maes B, Copini P, & Brinkkemper O (2021) Behoud genenbronnen van autochtone bomen en struiken in de Bossenstrategie. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 18(172):37-40.
242. van den Berge S, Tessens S, Baeten L, Vanderschaeve C, & Verheyen K (2019) Contrasting vegetation change (1974-2015) in hedgerows and forests in an intensively used agricultural landscape. *Applied Vegetation Science* 22(2):269-281.
243. Litza K, Alignier A, Closset-Kopp D, Ernoult A, Mony C, Osthaus M, . . . Diekmann M (2022) Hedgerows as a habitat for forest plant species in the agricultural landscape of Europe. *Agriculture Ecosystems & Environment* 326:14.
244. Haaland C, Naisbit RE, & Bersier L-F (2011) Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* 4(1):60-80.
245. Pollard KA & Holland JM (2006) Arthropods within the woody element of hedgerows and their distribution pattern. *Agricultural and Forest Entomology* 8(3):203-211.
246. Maudsley MJ (2000) A review of the ecology and conservation of hedgerow invertebrates in Britain. *Journal of Environmental Management* 60(1):65-76.
247. van Achterberg K (2007) Geriefhoutbosjes: hotspots voor sluipwespen. *Entomologische Berichten* 67(6):204-208.
248. Albrecht M, Knecht A, Riesen M, Rutz T, & Ganser D (2021) Time since establishment drives bee and hoverfly diversity, abundance of crop-pollinating bees and aphidophagous hoverflies in perennial wildflower strips. *Basic and Applied Ecology* 57:102-114.
249. Bukovinszky T, Verheijen J, Zwerver S, Klop E, Biesmeijer JC, Wäckers FL, . . . Kleijn D (2017) Exploring the relationships between landscape complexity, wild bee species richness and reproduction, and pollination services along a complexity gradient in the Netherlands. *Biological Conservation* 214:312-319.
250. Zamorano J, Bartomeus I, Grez AA, & Garibaldi LA (2020) Field margin floral enhancements increase pollinator diversity at the field edge but show no consistent spillover into the crop field: a meta-analysis. *Insect Conservation and Diversity* 13(6):519-531.
251. Steffan-Dewenter I & Tscharntke T (2001) Succession of bee communities on fallows. *Ecography* 24(1):83-93.
252. Huijzers G (2021) De zandhommel in de HW, uniek voor Nederland. *Waardzegger (Hoekschewaards Landschap)* (sept-2021):18-19.
253. Sardinias HS, Ponisio LC, & Kremen C (2016) Hedgerow presence does not enhance indicators of nest-site habitat quality or nesting rates of ground-nesting bees. *Restoration Ecology* 24(4):499-505.

254. Lye GC, Park K, Osborne J, Holland J, & Goulson D (2009) Assessing the value of Rural Stewardship schemes for providing foraging resources and nesting habitat for bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae). *Biological Conservation* 142(10):2023-2032.
255. Aviron S, Herzog F, Klaus I, Schüpbach B, & Jeanneret P (2011) Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. *Restoration Ecology* 19(4):500-508.
256. Feber RE, Smith H, & MacDonald DW (1996) The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *The Journal of Applied Ecology* 33(5):1191.
257. Kleyheeg E, Vogelzang T, van der Zee I, & van Beek M (2020) Boerenlandvogelbalans 2020. (Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen / LandschappenNL, De Bilt, NL).
258. Benton TG, Bryant DM, Cole L, & Crick HQP (2002) Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39(4):673-687.
259. Boatman ND, Brickle NW, Hart JD, Milsom TP, Morris AJ, Murray AWA, . . . Robertson PA (2004) Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds: Indirect effects of pesticides. *Ibis* 146:131-143.
260. Klaassen R, Schultinga M, Sirks A, Kleyheeg E, & Wiersma P (2022) Evaluatie van de effecten van het agrarisch natuurbeheer op voorkomen en trends van akkervogels in de provincie Groningen 2015 – 2020. (Grauwe Kiekendief – Kenniscentrum Akkervogels, Scheemda, NL).
261. Schmidt A, Fartmann T, Kiehl K, Kirmer A, & Tischew S (2022) Effects of perennial wildflower strips and landscape structure on birds in intensively farmed agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* 58:15-25.
262. Fokker C & Klaassen R (2021) Belang van akkerranden voor insecten- en zaadetende vogels in het najaar. *De Levende Natuur* 122(2).
263. Hinsley SA & Bellamy PE (2019) Birds of hedgerows and other field boundaries *The Ecology of Hedgerows and Field Margins*, ed Dover JW (Routledge, Abingdon, UK), pp 210-232.
264. O'Conner RJ (1984) The importance of hedges to songbirds. *Agriculture and the Environment*, ed Jenkins D (NERC, UK), pp 117-122.
265. Braam A & Lansing P (2015) Heggen en vogels in de Maasvallei: relaties tussen vogelrijkdom, heghoogte en beheersovereenkomsten. (Provincie Noord-Brabant, Den Bosch).
266. Klaassen R, de Vries S, Ringelberg E, & Mulder PH (2022) Geelgors en grasmus blij met struweel in akkerland. *De Levende Natuur* 123(2):54-59.
267. Askew NP, Searle JB, & Moore NP (2007) Agri-environment schemes and foraging of barn owls *Tyto alba*. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118(1-4):109-114.
268. La Haye M, Müskens D, Kats R, Kuiters AT, & Siepel H (2010) Agri-environmental schemes for the Common hamster (*Cricetus cricetus*). Why is the Dutch project Successful? *Aspects of Applied Biology* 100.
269. Fischer C & Wagner C (2016) Can agri-environmental schemes enhance non-target species? Effects of sown wildflower fields on the common hamster (*Cricetus cricetus*) at local and landscape scales. *Biological Conservation* 194:168-175.
270. Broughton RK, Shore RF, Heard MS, Amy SR, Meek WR, Redhead JW, . . . Pywell RF (2014) Agri-environment scheme enhances small mammal diversity and abundance at the farm-scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 192:122-129.
271. Shore RF, Meek WR, Sparks TH, Pywell RF, & Nowakowski M (2005) Will Environmental Stewardship enhance small mammal abundance on intensively managed farmland? *Mammal Review* 35(3-4):277-284.
272. Fischer C, Gayer C, Kurucz K, Riesch F, Tschardt T, & Batáry P (2018) Ecosystem services and disservices provided by small rodents in arable fields: Effects of local and landscape management. *Journal of Applied Ecology* 55(2):548-558.
273. Rodríguez-Pastor R, Luque-Larena JJ, Lambin X, & Mougeot F (2016) "Living on the edge": The role of field margins for common vole (*Microtus arvalis*) populations in recently colonised Mediterranean farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 231:206-217.

274. Blary C, Kerbiriou C, Le Viol I, & Barré K (2021) Assessing the importance of field margins for bat species and communities in intensive agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 319:107494.
275. Alblas E, Kloppe M, Dieleman W, & van Rijn P (2021) Adviesnota - FABulous Farmers. (Interreg NW Europe, <https://www.fabulousfarmers.eu/nl/nieuws/nederlandse-adviesnota>).

Bijlage

Tabel B1: Lijst met toegelaten microbiële producten voor de Nederlandse en Belgische markt (open teelten). Gebaseerd op gegevens van Ctgb (NL) en Fytoweb (BE). (Samengesteld door Soraya de Carvalho França)

Productnaam	Soort / stam	Toegelaten/Ingezet tegen	Geregistreerd in NL/B (4/10/22)	Gewassen
LALSTOP Contans	<i>Coniothyrium minitans</i> CON/M/91-08	Sclerotia of Sclerotinia spp.	NL & BE	Alle gewassen
LALSTOP K61 (voorheen Mycostop)	<i>Streptomyces</i> K61	Bodempathogenen	BE	Alle gewassen
Prestop	<i>Gliocladium catenulatum</i> J1446	Bodempathogenen (Phytophthora, Fusarium, Pythium, etc) en bovengrondse pathogenen (Botrytis)	BE	Groenten, kruiden en aardbei
Asperello T34 Biocontrol	<i>Trichoderma asperellum</i> T34	Bodempathogenen (Fusarium)	BE	Sierteelt
Trianium	<i>Trichoderma harzianum</i> T-22	Bodempathogenen	NL & BE	Meerdere gewassen
Vintec	<i>Trichoderma atroviride</i> SC1	Esca, Botrytis	NL & BE	Druif, laanbomen, struiken, bessen (enkel in NL)
Botector/ Blossom protector	<i>Aureobasidium pullulans</i> DSM 14940 & 14941	Botrytis en Erwinia amylovora	NL & BE	Bessen en steenvruchten
Serenade ASO	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> QST 713	Echte meeldauw, Botrytis	NL & BE	Verschillende groenten, bessen en fruit
Serifel	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MBI 600	Echte meeldauw , Botrytis en andere pathogenen	NL	Granen, groenbemesters, groenten en fruit
Taegro	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB 24	Echte meeldauw , Botrytis en andere pathogenen	NL	Granen, groenbemesters, groenten (bonen) en bessen
AMYLO-X	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i> D 747	Echte meeldauw , Botrytis en andere pathogenen	NL	Granen, groenbemesters, groenten (bonen) en bessen
Cerall	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> MA 342	Zaadbehandeling tegen Fusarium, Septoria en andere pathogenen	NL & BE	Tarwe, rogge, triticale (enkel in BE)
Votivo	<i>Bacillus firmus</i> I-1582	Zaadbehandeling tegen nematoden	NL & BE	Bieten, mais (enkel in NL)