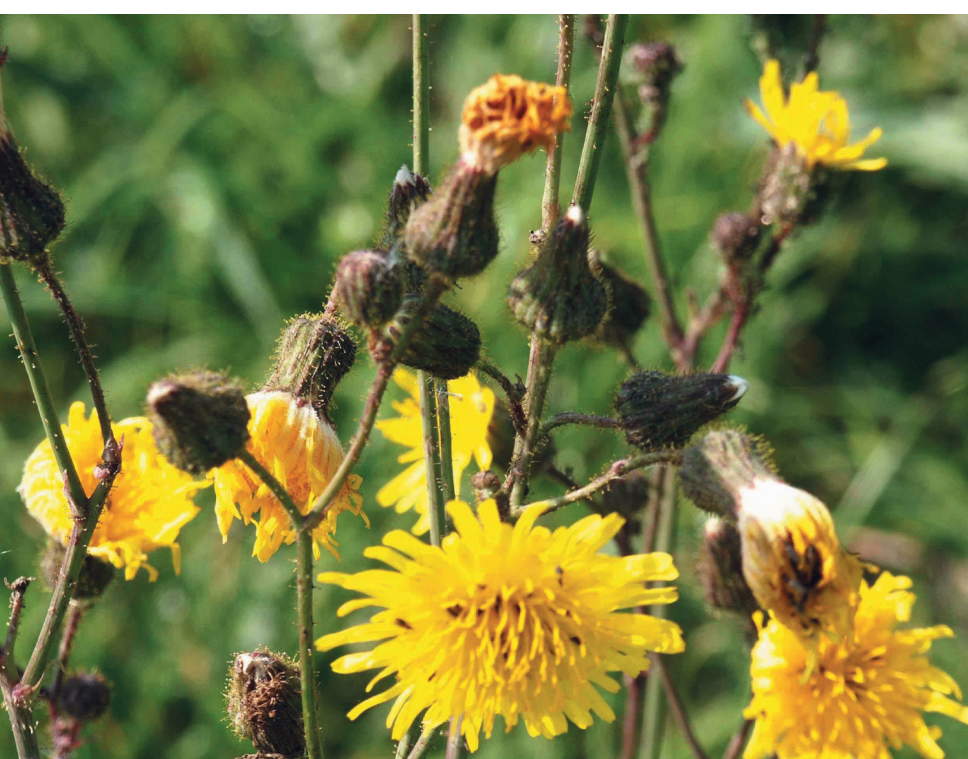




Een andere kijk op onkruid

Interacties tussen onkruidbeheer, onkruid, plagen en natuurlijke vijanden

Kees Booij & Rommie van der Weide





Een andere kijk op onkruid

Interacties tussen onkruidbeheer, onkruid, plagen en natuurlijke vijanden

Kees Booij¹ & Rommie van der Weide²

¹ Plant Research International B.V., Wageningen

² Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad

© 2005 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 15 per exemplaar.

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.plant@wur.nl
Internet : www.plant.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Onkruiden in het teeltsysteem	5
3. Onkruidbeheersingsmethoden	7
4. Onkruiden als infectiebron van schadelijke organismen	9
5. Effecten van onkruid-gewas interacties op plaagontwikkeling.	11
6. Onkruiden als bron van pollen en nectar voor natuurlijke vijanden en bestuivers	13
7. Onkruidzaden als voedsel voor natuurlijke vijanden	15
8. Insecten als onkruidonderdrukker	17
9. Onkruiden als schuilplaats, overwinterings- plek voor natuurlijke vijanden	19
10. Insecten op onkruiden als voedselbron voor natuurlijke vijanden	21
11. Effecten van mulching en afdekmaterialen op plagen en hun antagonisten.	23
12. Effecten van mechanische en fysische onkruidbestrijding op plagen en hun antagonisten	25
13. Effecten van herbiciden op plagen en hun antagonisten	27
14. Conclusies en aanbevelingen	29
Bronnen	31

Samenvatting

Dit rapport is het resultaat van een studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij binnen LNV programma 397 Gewasbescherming om de plaats van onkruiden en onkruidbeheersing in een geïntegreerde context met andere disciplines in beeld te brengen.

Onkruidbeheersing is een centraal thema in de gewasbescherming vanwege de hoge arbeidskosten die hier vaak mee gemoeid zijn (m.n. in de biologische landbouw) en de impact van herbiciden op het milieu. De aanwezigheid van onkruid en teelttechnische ingrepen die met onkruidbeheersing samengaan hebben een grote invloed op zowel schadelijk als nuttige organismen in het teeltsysteem. Enerzijds via de bodembewerkingen, en nevenwerking van herbiciden en anderzijds door de mate waarin onkruiden in de teelten voorkomen (als waardplant en voedsel voor organismen en via beschutting en microklimaat).

Dit rapport geeft een beeld van de vele interacties die er zijn tussen onkruiden, onkruidbeheersing, insecten en hun natuurlijke vijanden. Inzicht in deze interactie kan bijdragen om een betere strategie voor onkruidbeheer te ontwikkelen voor duurzame bedrijfsystemen. De conclusies van dit rapport kunnen als volgt worden samengevat:

- Onkruiden zijn een potentiële infectiebron voor een beperkt aantal plagen in bepaalde teelten maar risico's zijn zelden goed gekwantificeerd
- Onkruiden hebben een positieve life-support functie voor natuurlijke vijanden en bestuivers maar deze productiefactor wordt overschaduwd door de concurrentie van onkruid met het gewas.
- Directe effecten van onkruidbeheersingsmethoden op insectenplagen en natuurlijke vijanden zijn slechts beperkt onderzocht en de invloed op opbrengst/kwaliteit is slecht in een enkel geval aangetoond.
- Onkruiden dragen bij aan de biodiversiteit (planten, insecten, vogel) van het agrarische gebied.
- Een selectiever onkruidbeheer (tolerantie, soortspecifiek, aangepaste methoden) zou kunnen bijdragen aan een betere balans tussen positieve en negatieve aspecten, maar hiervoor is nog te weinig kennis aanwezig.
- Positieve functies van onkruiden kunnen deels worden overgenomen door diversificatie binnen het perceel (mengteelt, living mulches etc) of door intensieve groene dooradering van de bedrijven met kruidenrijke stroken.
- Gericht experimenteel onderzoek is nodig om de relaties tussen onkruid (beheersing) gewasbelagers en natuurlijke vijanden beter te kunnen kwantificeren.

1. Inleiding

Onkruiden zijn alle planten die om diverse redenen gezien worden als ongewenst. Kosten noch moeite worden gespaard om er zoveel mogelijk van af te komen. In de biologische akkerbouw zijn de arbeidskosten van onkruidbestrijding een aanzienlijk deel van de productiekosten. In de gangbare landbouw wordt veelal 1 tot 4 keer tegen onkruiden gespoten en tussen de 90 en 210 euro per hectare aan herbiciden uitgegeven. (KWIN, 2003).

Vanuit deze achtergrond is het moeilijk onkruiden als wezenlijk functioneel deel van het agroecosysteem te zien. Er zijn verschillende argumenten dat onkruid weliswaar strikt moet worden beheerd maar niet per definitie uitgeroeid. Sommige onderzoekers (Finch 2003) zijn zelfs zo positief over onkruid dat ze bepleiten onkruid meer te laten staan om andere problemen op te lossen. Ook in de biologische landbouw zijn er ondernemers die onkruiden als een natuurlijk deel zien van hun productiesysteem.



Meer dan 150 wieden/ha is normaal in biologische wortel of uienteelt anno 2005.

Dit rapport wil onkruiden vanuit een aantal perspectieven belichten opdat er genuanceerder met onkruidproblemen en de beheersing daarvan wordt omgegaan en dat mogelijk gerichtere stappen worden gezet naar een selectief beheer en benutting van de positieve aspecten van onkruiden. Ook kunnen beheersingsmethoden zo worden ingezet dat tevens ziekten en plagen minder kans krijgen. Dit rapport richt zich daarbij vooral op de interactie met plagen en hun natuurlijke vijanden.

De negatieve aspecten van onkruid kunnen – als karikatuur- als volgt worden samengevat: Onkruiden concurreren met het gewas en geven daardoor grote productieverliezen, ze zijn een belangrijke infectiebron van ziekten en plagen, ze zijn hinderlijk bij bewerkingen en soms irriterend (brandnetels). Wanneer onkruiden onvoldoende bestreden worden veroorzaakt dit extra problemen in het volgende jaar. Ook verspreiden ze zich dan van perceel naar perceel en van bedrijf naar bedrijf. Ook voor het imago van het bedrijf zijn onkruiden slecht. Veel onkruid geeft het bedrijf een onverzorgde onprofessionele indruk. Kortom alle middelen moeten worden ingezet om de onkruiddruk zo laag

mogelijk te houden, waarbij men mogelijk eveneens verlost is van enkele ziekten en plagen. Met de nieuwste technologieën levert dit nauwelijks nog een belasting voor het milieu.

De positieve aspecten van onkruid kunnen – als karikatuur- als volgt worden samengevat:

Onkruiden zijn soms wat lastig maar geven het gewas een levendige aanblik, het gewas levert bij een getemperde groei door concurrentie met onkruid een stevig product met een betere smaak. De vele soorten onkruiden in akker- en tuinbouw dragen bij aan de biodiversiteit van het systeem en aan het natuurlijk evenwicht. Ze geven de gewassen en de omgeving niet alleen geur en kleur maar zijn tevens een bron van natuurlijke vijanden van insecten. Onkruiden dragen bij aan het imago van een bedrijf dat zorg draagt voor natuur en landschapswaarden. Onkruidzaden en insecten op onkruiden zijn essentieel voor de vogels van het agrarisch landschap. Intensieve onkruidbestrijding is niet alleen milieubelastend maar betekent een enorme reductie van de biodiversiteit.

Tussen deze karikaturen staat dit rapport dat een evenwichtig beeld wil scheppen rond de plussen en minnen van onkruiden en hun beheersing.

VOGELMUUR *Stellaria media*

Vogelmuur illustreert wel het duidelijkst het dilemma tussen goed en kwaad. Dit kleine maar o zo succesvolle plantje is niet alleen de meest voorkomende en lastige onkruidsoort voor boeren maar ook gewaardeerd door vogelbeschermers vanwege zijn functie als voedselbron voor akkervogels. Terwijl dit plantje met ca. 100 geassocieerde insectensoorten een belangrijke bijdrage levert aan de biodiversiteit en natuurlijke vijanden van insecten, dient het tevens als winterwaard van een aantal schadelijke luizen en tripsen.

Het dilemma van sparen of bestrijden wordt vaak in de laatste richting beslist. Omdat muur echter bijna jaar-rond kiemt, ontsnapt het regelmatig aan de aandacht en weet het zich toch te handhaven.



2. Onkruiden in het teeltsysteem

Productiesystemen zijn per definitie gericht op het bereiken van een optimale opbrengst van gewassen in termen hoeveelheid, kwaliteit en rendement per oppervlakte-eenheid. Onkruiden zijn alle plantensoorten die onbedoeld op de percelen groeien en leiden tot een opbrengst vermindering, contaminatie of oogstproblemen. Concurrentie om licht, water en nutriënten is de primaire factor die leidt tot opbrengstvermindering. De schade die hierdoor ontstaat, is sterk afhankelijk van het concurrentie vermogen van het gewas. In gangbare wintertarwe teelten bleek dat het niet bestrijden van onkruiden in wintertarwe slechts op iets minder dan de helft van de percelen opbrengstreductie veroorzaakt. Alleen bij hoge dichtheden van vroeg opkomende onkruiden kan de opbrengst van wintertarwe met 20% verminderd worden (Lotz, *et. al.*, 1990). Naast de granen is ook aardappel een concurrentiekrachtig gewas waar onkruiden slechts beperkt directe concurrentieschade opleveren. In meer open gewassen of met een trage begin-groei zoals maïs kan de opbrengstreductie echter oplopen tot 70% (Van der Weide, 1993). Gehele misoogsten in totaal niet concurrentiekrachtige gewassen als zaaiuien en wortelen kunnen echter ook voorkomen. Verder kunnen onkruiden effect hebben op microklimaat (meer kans op nachtvorstschade; vochtiger gewas), de oogst bemoeilijken, drogings- en schoningskosten verhogen en de kwaliteit van het geoogste product verminderen (giftige onkruiden). Onkruidbeheersing is voor een groot deel gericht op het minimaliseren van concurrentie. Daarnaast is onkruid-beheersing gericht op verkleinen van zaadbanken en problemen in de volggewassen. Indirecte invloed van nuttige en schadelijke organismen die met het voorkomen van onkruiden en onkruidbestrijding samengaan is nauwelijks gekwantificeerd.

In de Nederlandse akker en tuinbouw komen ca. 100 onkruidsoorten voor. In de praktijk worden ca 20 soorten als echte probleemonkruiden ervaren (Tabel 1). Welke soorten in bepaalde situaties belangrijk zijn hangt vooral af van grondsoort en het gewas. Door de intensivering van de landbouw en de effectieve bestrijding is het gemiddelde aantal soorten dan op moderne akkers gevonden wordt beperkt wat overigens ook een verlies aan biodiversiteit betekent niet alleen botanisch maar ook van alle onkruid geassocieerde planten en vogels (Marshall *et al.*, 2003).

Tabel 1. Prioritering van onkruidsoorten op basis van subjectieve weging van schadelijkheid van het onkruid en relatieve inzet van bestrijding tegen het onkruid door verschillende groepen van experts (biologische telers uit Flevoland, deelnemers aan BIOM en onderzoekers op het biologische proefbedrijf de Lovinkhoeve). (Lotz et. al., 2000).

	Flevoland (Vereijken <i>et al.</i> 1998)	BIOM (data F. Wijnands <i>et al.</i> , PAV Lelystad)		Lovinkhoeve, N.O.-polder (data Lotz en Groeneveld)
		Zandgrond	Kleigrond	
Eenjarig				
1	Vogelmuur	Vogelmuur	Vogelmuur	Vogelmuur
2	Straatgras	Melganzevoet	Melganzevoet	Herderstasje
3	Varkensgras	Perzikkruid	Perzikkruid	Perzikkruid
4	Klein kruiskruid	Straatgras	Kamille-soorten	Zwaluw tong
5	Herderstasje	Hanepoot	Straatgras	Klimopereprijs
6	Zwarte nachtschade	Klein kruiskruid	Zwarte nachtschade	Melganzevoet
7	Melganzevoet	Kleine brandnetel	Kleine brandnetel	Straatgras
Meerjarig				
1	Akkermelkdistel	Kweek	Akkerdistel	Akkerdistel
2	Akkerdistel	Ridderzuring	Kweek	Akkermelkdistel
3	Klein hoefblad	Akkerdistel	Akkermelkdistel	Klein hoefblad

Veel onkruidproblemen en gerelateerde problemen moeten gezien worden in het licht van de seizoenritmiek maar vooral ook in de vruchtwisseling daar de gewasopvolging met de daarbij aansluitende beheersingsmaatregelen grote consequenties kunnen hebben voor de onkruiddruk. De mate van vóórkomen van onkruid varieert hierdoor niet alleen door het seizoen, maar tevens van teelt tot teelt en van bedrijf tot bedrijf afhankelijk van de grondsoort, het bouwplan en de bedrijfsvoering. Waar sommige teelten en bedrijven vrijwel onkruidvrij zijn, wordt op andere plaatsen/tijdstippen een bedekking gevonden tot 40% van het bodemoppervlak of soms zelf meer.

De meeste onkruiden kunnen als pionierplanten worden gezien en gedijen het best in situaties met frequente verstoring. Naast de agrarische percelen met frequente bodembewerking bieden andere storingsmilieus soms een goede groeiplek voor dergelijke pioniers. Veel soorten die buiten de landbouw als onkruid worden betiteld vormen echter voor de landbouw geen enkele bedreiging. De rol van onkruiden buiten het bedrijf wordt hier buiten beschouwing gelaten. Dergelijke relaties zijn wel bekend maar vaak niet kwantitatief onderbouwd.

3. Onkruidbeheersingsmethoden

Bij de beheersing van onkruiden wordt vaak onderscheid gemaakt tussen onkruidpreventie en echte bestrijdingsmaatregelen. Bij het voorkomen van onkruidproblemen is het belangrijk om in bouwplanverband productie van onkruidzaad zoveel mogelijk te voorkomen. Het is zaak bij de keuze van het bouwplan rekening te houden met de bestrijdingsmogelijkheden. Vaak wordt er gezegd dat maai- en hakvruchten elkaar zouden moeten afwisselen. In algemene zin is het ook nuttig om te streven naar verscheidenheid om daarmee de selectie van probleemonkruiden te voorkomen. Echter veel onkruidvermeerdering ontstaat vaak juist wat ongemerkt in de maaigewassen. Verder is de behandeling van de stoppel, de groenbemester en de hoofdgrondbewerking (goed kerend ploegen) zeker zo belangrijk als de eventuele vruchtopvolging.

Preventieve maatregelen die binnen een seizoen genomen kunnen worden om de onkruidbeheersing te vergemakkelijken hebben betrekking op:

- planten in plaats van zaaien;
- aanpassing van plantdichtheid en rijafstand;
- de timing en soort zaaibedbereiding;
- het tijdstip van zaai of planten;
- voorkiemen van pootgoed;
- mengteelten;
- het afdekken van de grond (met stro, plastic of andere afdekmaterialen);
- de keuze voor concurrentiekrachtige rassen (snelle begingroei; veel blad en/of hoog). (Weide et. al., 2002).

In de gangbare landbouw streeft men veelal naar het voorkomen van onkruidproblemen in het bouwplan door een zo effectief mogelijke onkruidbeheersing. Deze effectieve onkruidbeheersing wordt bereikt door het gebruik van verschillende onkruidbestrijdingsmiddelen. De meest gebruikte herbiciden in Nederland zijn in metamitron, prosulfocarb, glyfosaat, mcpa, mecoprop, terbutylazin, isoproturon, ethofumesaat, sulcotrion, chloorprofam, fenmedifam, pyridaat (statline CBS) Soms worden de bespuitingen aangevuld of vervangen door mechanische bewerkingen. Dit gebeurt vooral wanneer de herbiciden tekort schieten of wanneer dit kostenbesparing oplevert. Tot preventieve maatregelen binnen het seizoen zoals planten wordt alleen overgegaan bij echt onvoldoende bestrijdingsmogelijkheden in de teelt.

In de biologische teelt wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de preventieve mogelijkheden binnen het seizoen. De bestrijding van onkruiden in biologische teelten bestaat vervolgens meestal uit een serie fysisch/mechanische bestrijdingen. Begonnen wordt met het opruimen van alle bovenstaand onkruid tot zo kort mogelijk voor de opkomst of planten van het gewas door eggen (in o.a. maïs, peulvruchten, geplante groenten); verlaat aanaarden (aardappelen) en branden (in o.a. uien, witlof en wortelen). Vervolgens kan in de gewasrij geëgd worden tegen klein onkruid zodra het gewas de egbewerking zonder al te grote plantverliezen kan doorstaan (aardappelen, granen en maïs met aangepaste instelling en snelheid direct na opkomst al mogelijk; geplante gewassen zodra de planten vast staan; suikerbieten vanaf 4 echte blaadjes). In toenemende mate wordt de egbewerking ook wel vervangen door vingerwieden of torsiewieden in de gewasrij. Beide machines hebben het voordeel boven de eg dat ze vanaf de zijkant onder de bladmassa van het gewas door werken. Hierdoor treedt minder beschadiging op en kunnen deze machines soms zelfs nog eerder gebruikt worden dan eggen. Vinger- en torsiewieden wordt gecombineerd met schoffelen tussen de rij. In ieder geval wordt veelvuldig tussen de gewasrijen geschoffeld indien de rijafstand voldoende groot is. Tenslotte wordt in de gewasrij (licht) aangeaard zodra het gewas voldoende formaat heeft om niet bedekt te raken (aardappel; suikerbiet; spruitkool; peulvruchten; prei en winterpeen). Aanvullend worden ontsnappende onkruiden in de gewasrij met de hand verwijderd. Dit gebeurt in de jongere en tere gewassen vaak vanaf een wiedebed en in wat oudere gewassen met de hak.



Eggen (links) en vingerwieden (rechts) bestrijdt klein onkruid ook in de gewasrij.

Het zal duidelijk zijn zowel in de gangbare als in de biologische landbouw alle ingrepen die gericht zijn op onkruid-beheersing effect hebben op het ecosysteem. Het gaat daarbij niet alleen om de hoeveelheid en soorten onkruiden, maar om bijvoorbeeld de bewerkingseffecten op de structuur en kwaliteit van bodem en gewas. In de volgende paragrafen zal hier stapsgewijs doorheen worden gelopen.



Onkruiden kunnen bij slecht beheer het gewas volledig overwoekeren.

4. Onkruiden als infectiebron van schadelijke organismen

Net als gewassen fungeren onkruiden als waardplant van micro-organismen, aaltjes, schimmels en insecten. Wanneer het om soorten met een breed waardplantspectrum gaat is de kans aanwezig dat soorten zowel op sommige onkruiden als op gewassen voorkomen of omgekeerd (van Wingerden et. al. 2003). Interacties tussen onkruiden en gewasbelagers zijn waarschijnlijk algemener dan wordt aangenomen. Dat een plaaginsect van een gewas ook op onkruiden voorkomt wil overigens niet zeggen dat onkruiden automatisch een risico vormen omdat:

- a) de belangrijkste infectiebronnen vaak percelen met dezelfde of verwante gewassen in de nabijheid of in de rotatie.
- b) veel plaagorganismen vanuit de verre omgeving binnenkomen waarbij de lokale aanwezigheid van onkruid nauwelijks een rol speelt.
- c) populaties op onkruiden soms genetisch verschillen van populaties op gewassen waardoor onderlinge infectiekansen overschat worden.

Dat plaagsoorten talrijk worden aangetroffen op onkruiden in een perceel met besmet gewas zegt weinig over de rol als infectiebron. De insectenpopulatie op onkruid is soms een afspiegeling van het omringende gewas. De onkruiden fungeren dan mogelijk zelfs als vanggewas (Booij en van de Brink, 2003).

In Tabel 2 wordt een aantal gevallen aangegeven waarbij experimenteel werd aangetoond dat onkruid een potentieel risico vormt voor het gewas. Veel van de in de literatuur gesuggereerde risico's zijn echter niet of nauwelijks gekwantificeerd of experimenteel onderzocht. In een aantal gevallen is het wel verstandig om er rekening mee te houden bij selectief beheer van onkruiden. Tabel 3 geeft enkele onkruiden die in combinatie met bepaalde gewassen risico zouden kunnen geven. Van belang is ook de rol van onkruid en gewas naar gewas infectie te bekijken in de context van de vruchtwisseling. Ritnaaldproblemen in aardappel ontstaan vaak door een risicovol voorgewas (gras of grasklaver) of een sterke veronkruiding met wortelonkruiden in het voorgewas.



Plutella xylostella, het koolmotje komt behalve op kool ook op kruisbloemige onkruiden voor.

Een review van directe invloed van onkruiden of specifieke onkruidsoorten op plaagvorming is gegeven door Norris en Kogan (2000). Hoewel een groot deel van hun voorbeelden voor de USA gelden, is het algemene beeld dat in een deel van de geanalyseerde situaties de aanwezigheid van onkruiden negatief uitwerkt d.w.z. ofwel door te veel concurrentie of wel door toegenomen plaagdruk. Trips en luis worden vaak genoemd als risicofactor, zowel door directe kolonisatie en schade of door extra virusinfectie. Vooral de rol van onkruiden als virusbron is vaak onderzocht en bewezen (Duffus 1971, Groves *et al.*, 2001). Bladluizen en trips kunnen van het virus overdragen van onkruiden naar gewassen en verplaatsen zich over grote afstanden.

Onkruidsoorten hebben daarbij vaak de rol als winterwaardplant. Vogelmuur is bekend drager van verschillende schadelijke virussen. De kwantitatieve invloed van lokaal aanwezige onkruiden in het perceel is echter niet goed bekend. Onderzoek naar ruimtelijke verspreiding van plagen en virusvectoren in het agrarisch landschap is uiterst complex. Mogelijk geven nieuwe moleculaire methoden beter zicht op deze processen. De eerste resultaten wijzen erop dat de range van verspreiding van plagen en pathogenen zeer variabel is (van meters tot kilometers).

Tabel 2. Experimenten waarbij plaagvorming werd versterkt door onkruiden.

Onkruid	Plaaginsect	Gewas
Veronica persica Senecio vulgaris	Myzus persicae	Suikerbiet, sla
Verschillende soorten	Lygus pabulinus Lygus rugulipennis	Appel, Aardbei
Rumex en Grassen	Agrotis spp.	Mais
Solanum dulcamare	Liomyza	Chrysant
Stellaria media Senecio	Thrips tabaci	Prei, Kool, Ui
Onkruidrijke randen	Wortelvlieg	Winterpeen
Cirsium arvense	Agrotis (aardrupsen)	Mais, groenten

Tabel 3. Gewas-onkruid combinaties met een potentieel verhoogd risico voor plagen.

Gewas-onkruid combinatie	Relevante Plagen
Koolgewassen- Crucifere onkruiden	Koolluis, Koolmotje, Haantjes
Prei – Vogelmuur en Kruiskruid	Trips
Aardbei – Vogelmuur en Kruiskruid	Trips
Peen - Gras	Aardrup
Aardbei, Luzerne – Melde, brandnetel	Behaarde wants
Aardappel - diverse onkruiden	Aardappel topluis
Aardappel, Biet – diverse onkruiden	Virus overbrengende luizen
Aardappel distels, kweek, zuring in voorgewas	Ritnaalden

5. Effecten van onkruid-gewas interacties op plaagontwikkeling.

Er zijn talloze voorbeelden waar onkruid de plaagdruk positief of negatief beïnvloedt zonder dat de onkruiden zelf waardplant zijn. Dit effect is tevens bekend van mengteelten (Andow 1990) en wordt toegeschreven aan:

- 1) Verminderde kolonisatie van het gewas omdat in mengsituaties insecten de waardplant moeilijker kunnen vinden en op verkeerde planten terechtkomen.
- 2) Mengsituaties leiden tot verhoogde dichtheid en activiteit van natuurlijke vijanden.
- 3) Verandering aan gewaseigenschappen zoals structuur, geur en inhoudstoffen door concurrentie en allelopathische effecten.

In het merendeel van de gevallen van mengteelt en tussenzaai met een non-crop plant wordt de plaagdruk vermindert en het aantal natuurlijke vijanden verhoogd (Andow 1990). De resulterende kwaliteit en opbrengst variëren echter van situatie naar situatie en er zijn ook negatieve combinaties. Voor gewas onkruid situaties geldt iets vergelijkbaars. Het aantal natuurlijke vijanden wordt veelal verhoogd door aanwezigheid van onkruid. Dit hoeft echter niet te betekenen dat de plaag voldoende onderdrukt wordt, en onkruiddruk gaat vaak samen met verlies aan opbrengst door concurrentie (Norris en Kogan 2000).

Door concurrentie met onkruiden kunnen gewassen zowel meer als minder weerstand krijgen.

Ook hier zijn de mechanismen specifiek per situatie en vaak ook onbekend. Norris en Kogan (2000) geven een uitstekend overzicht van allerlei interacties in deze context waarbij hun conclusie is dat in maar een beperkt aantal gevallen de interacties positief benut kunnen worden ten behoeve van plaagreductie met behoud van opbrengst.

Tabel 4. Experimenten waarbij plaagvorming werd vermindert door onkruid.

Onkruid	Plaaginsect	Gewas	Bron
Chenopodium album, Spargula arvensis, Polygonum persicaria	Melige koolluis	Spruitkool	Norris en Kogan, 2000
Spargula arvensis	Mamestra	Spruitkool	“ “
Cruciferen	Aardvlooiën	Bloemkool, Broccoli	“ “
Verschillende soorten	Bladluizen	Suikerbiet	Hani 1990


6. Onkruiden als bron van pollen en nectar voor natuurlijke vijanden en bestuivers

Natuurlijke vijanden

Pollen en nectar zijn essentiële voedselbronnen voor parasitoiden (sluipwespen), roofwantsen en zweefvliegen, parasietvliegen om lokaal te overleven en zich te reproduceren (Weiss & Stettmer 1991). Zeker wanneer er geen bloemrijke akkerranden aanwezig zijn bloeiende onkruiden vaak de enige bron van pollen en nectar. Een aantal algemene soorten zijn daarbij extra aantrekkelijk (Tabel 5)

Veel studies hebben laten zien dat de levensduur en reproductie van deze nuttige vijanden aanzienlijk verbeterd door de aanwezigheid van bloeiende planten in de teeltomgeving en door onkruiden in en rond het veld. De beschikbaarheid en voedingswaarde van pollen en nectar varieert echter sterk tussen soorten (Wäckers 2004). Slechts in een enkel geval kon worden aangetoond dat dit ook duidelijk vermindering van de plaagdruk tot gevolg had. Ook honingdauw geproduceerd door luizen op onkruiden kunnen tevens als voedselbron dienen voor sluipwespen en zweefvliegen.

Tabel 5. Onkruiden die veel bestuivers en natuurlijk vijanden aantrekken.

Akkermelkdistel (zie hiernaast)	
Knopkruid	
Paarse Dovenetel	
Vogelmuur	
Herderstasje	
Akkerkers	
Korenbloem	
Akkerdistel	
Duizendblad	

Bestuivende insecten

In gewassen die van bestuiving afhankelijk zijn kunnen onkruiden of bewust gezaaide planten ook helpen bestuivende insecten zoals hommels, bijen en zweefvliegen aan te trekken. Onkruiden in het perceel zullen hierbij mogelijk effectiever zijn dan kruiden en bomen in de omgeving van de percelen omdat veel bestuivers de neiging hebben zeer lokaal van bloem tot bloem te vliegen. Vooral Paarse dovenetel en Akkerdistel zijn goed voor bloembestuivende insecten zoals bijen en hommels. Maar ook verschillende cruciferen. Net als bij de natuurlijke vijanden zullen onkruiden in een echt grootschalig akkerbouwgebied de belangrijkste bron zijn voor bollen en nectar (bron PPO-bijen).



Hommels profiteren van onkruiden.

7. Onkruidzaden als voedsel voor natuurlijke vijanden

Een deel van de loopkevers (m.n. Harpalus en Amara) eten zowel onkruidzaden als plaaginsecten. De aanwezigheid van onkruid zal de vestiging en reproductie van deze kevers versterken waarmee tevens de predatiedruk op bladluizen wordt verhoogd. In veldsituaties is zaadpredatie gemeten tot 1000 zaden/ m² / dag wat het belang van zaden voor deze kevers maar ook het belang van kevers voor de onkruidecologie weergeeft (Honek *et al.* 2003).

Het kunnen switchen tussen zaden en insecten als voedsel is voor genoemde loopkevers van groot belang. De combinatie van zaden en beschutting maakt onkruiden volgens sommige onderzoekers tot een belangrijke factor voor de regulatie van luizen en rupsen in een aantal teelten.

Voorzaden van herderstasje, vogelmuur, akkerdistel, varkensgras en melde zijn favoriet bij deze kevers. Bij hogere dichtheden kunnen zaadetende kevers grote hoeveelheden zaden verorberen waarbij het effect op de onkruidpopulatie moeilijk is te schatten (Tooley and Brust 2002). Onkruiden zijn verder een belangrijke voedselbron voor diverse op de akker voorkomende vogels die tevens insecten eten (Wilson, 2001, Marshall *et al.* 2003).



Onkruidzaden zijn naast insecten belangrijk voedsel voor Loopkevers van de genera Harpalus en Amara zijn fervente zaadeters.

8. Insecten als onkruidonderdrukker

Voor de Nederlandse akkerbouw is uitgebreid onderzoek gedaan naar de rol van loopkevers in de predatie van onkruidzaden. Daaruit bleek dat loopkevers in sommige situaties tot ca. 30% van de aanwezige zaden van sommige onkruiden kunnen verorberen (Westerman et al. 2003). In de meeste gevallen is hun rol echter beperkt en spelen muizen bijvoorbeeld een grotere rol.

Naast de loopkevers is er een scala van insecten en schimmels die de groei en reproductie van onkruiden beperken. (zie bv. Zhang et al 1997), niet alleen via aantasting van zaden maar ook door vraat en aantasting van alle plantendelen, waardoor de groei wordt belemmerd of zaadproductie wordt verminderd.

Hierdoor kunnen diverse insecten zoals snuitkevers, haantjes en wantsen onkruiden soms effectief onderdrukken of beperken. Met name om exoten die zich invasief gedragen te beheersen, wordt met meer en minder succes gebruik gemaakt van insecten. In America worden insecten hiervoor zelfs commercieel vermarkt (www.bio-control.com). In Nederland hebben we nog geen commerciële toepassingen. Insecten als commerciële onkruidbeheersers moeten echter zeer soortspecifiek zijn om geen problemen met de gewassen te geven. Door deze specificiteit zou op deze wijze alleen heel specifieke probleemonkruiden bestreden kunnen worden.

Biological Control of Weeds, Inc. - Microsoft Internet Explorer

Address: <http://www.bio-control.com/default.asp>

Biological Control of Weeds

1-800-334-9363

Products
Prices
Ordering Info
Insect Photography
Articles & Links
Questions & Answers
About BCW
Site Index

Welcome to the exciting world of biological weed control!

Our company, **Biological Control of Weeds, Inc.**, is the nation's leading supplier of live insects for non-chemical control of rangeland and pasture weeds. If you desire information on this permanent, low-cost weed control method, you have come to the right site.

We know firsthand the benefits and limitations of bio-control. We are pleased to share that wealth of information with you. We invite you to take time to visit our web site. Your familiarity with biological control is an important step in this process. Remember, if you desire additional information, we are just a toll-free phone call away!

Click here for a synopsis of [how bio-control works for you...](#)

Biological Control of Weeds, Inc.
1418 Maple Drive • Bozeman, MT 59715
Phone 406-586-5111 FAX: 406-586-1679

Email: bugs@bio-control.com

Visit our [loadflax web page](#) to learn about our newest insect: Toadflax Stem-Boring Weevil *Mecynus janthinus* © 2003 Noah Poritz

9. Onkruiden als schuilplaats, overwinteringsplek voor natuurlijke vijanden

Omdat de meeste gewassen afwezig zijn in de winterperiode zijn veel natuurlijk vijanden aangewezen op overblijvende onkruiden en planten rond de percelen en in het omringende landschap. Hoewel de aanwezigheid van randstructuren (groene dooradering) met kruiden in het agrarisch gebied van groot belang wordt geacht bij de overwintering van parasieten en predatoren (Sotherton, 1985), is er nauwelijks iets bekend over de rol van onkruiden voor overwinterende natuurlijke vijanden in de percelen.

De relatie van verhoogde dichtheden van natuurlijk vijanden met onkruidbedekking in het groeiseizoen wordt voor een deel toegeschreven aan beter schuilplaatsen en gunstig microklimaat. Dit is echter niet los te zien van het verhoogde voedselniveau dat met onkruidbedekking gepaard gaat.

Gedurende de zomer vinden veel natuurlijke vijanden zoals spinnen, loopkevers en kortschildkevers beschutting onder plakaten van perzikkruid, knooppkruid en vogelmuur. Dit is vermoedelijk vooral te danken aan het gunstige microklimaat.

Het is ook voor te stellen dat bij het toepassen van gewasbeschermingsmiddelen onkruiden een bescherming bieden door verminderde blootstelling. Dit is namelijk ook bekend van plagen waarbij de aanwezigheid van onkruid de effectiviteit van middelen tegen de plaag verminderen.

10. Insecten op onkruiden als voedselbron voor natuurlijke vijanden

Van de vele insecten die op onkruiden leven komen sommige soorten ook op gewassen voor maar vele andere alleen aan het betreffende onkruid gebonden zijn. De op onkruid levende fytofage soorten kunnen alle als voedsel of gastheer dienen voor natuurlijke vijanden. Dit is één van de redenen dat onkruidrijke situatie vaak veel natuurlijke vijanden herbergen. Kranz *et al.* (2002) hebben bijvoorbeeld experimenteel laten zien dat Bijvoet (*Artemisia vulgaris*), Brandnetel (*Urtica dioica*) en Paardebloem (*Tanacetum vulgare*) in koolrabi plotjes alle attractief waren voor de 3 belangrijkste lieveheersbeestjes, waardoor het niveau het hele seizoen significant hoger lag en luizen in de koolrabi goed onderdrukt werden.

Van grote brandnetel is trouwens al lang bekend dat door de vele fytofagen deze plant een belangrijk reservoir is van natuurlijke vijanden (Perrin, 1975). Van vele onkruiden die normaal in het gewas voorkomen, is dit voedsel effect echter niet onderzocht (Norris en Kogan, 2000).



Sommige onkruiden zoals de brandnetel hebben een rijke insectenfauna en fungeren daarmee als voedselbron voor veel nuttige insecten.

11. Effecten van mulching en afdekmaterialen op plagen en hun antagonisten

Stromulch wordt gebruikt in de strijd tegen trips in ui (Jensen e.a., 2003). Ook in aardappelen werd goede ervaring met stromulch opgedaan. Hier had men minder last van coloradokevers vooral omdat diverse antagonisten van de kevers bevoordeeld werden door de mulch (Vincent e.a., 2003). Stro is echter niet altijd gunstig omdat er risico's aan verbonden zijn met betrekking tot overleving van graangeassocieerde ziekten. Hiermee kan rekening worden gehouden wanneer graan in de rotatie volgt.

Diverse mulches kunnen ook effecten hebben op verschillende of bodembewonende nuttige insecten zoals loopkevers (Minarro en Dapena, 2003), maar hierover is nog weinig onderzoek gedaan. Afdekmaterialen die de grond echt afsluiten (plastic, papier, asofil) zullen ook ongetwijfeld effect hebben op nuttige en schadelijke insecten die als larve in de grond leven, dan wel in de grond hun eieren leggen.



Aanleg van bodemafdekkende materialen in de aardbei.

Door het afdek materiaal reflecterend te maken kunnen sommige aanvliegende insecten geweerd worden (Vincent e.a., 2003). Vooral tegen trips, witte vlieg en luis zijn hiermee in de tuinbouw sector veel resultaten van bekend (Greer & Dole, 2003).

12. Effecten van mechanische en fysische onkruidbestrijding op plagen en hun antagonisten

Grondbewerking heeft een grote invloed op de populatiedynamica van insecten die een ontwikkelingsstadium in de grond hebben. Vooral over de effecten van ploegen op nuttige insecten is vrij veel bekend (Norris en Kogan, 2000). In no-tillage systemen krijgt men veelal meer problemen met een aantal insectenplagen Thorbek en Bilde (2004) maten de effecten van een aantal verschillende bewerkingen op diverse insecten. Zij vonden een directe mortaliteit die leidde tot 25 tot 60% reductie in aantallen. De bewerking maakte daarbij niet veel uit (ploegen, eggen of maaien). Er was wel enig verschil tussen de verschillende soorten. Vooral de spinnen waren veel gevoeliger dan loopkevers en kortschildkevers. Kromp (1999) meldt dat loopkevers negatief beïnvloed worden door ploegen, maar dat mechanische onkruidbestrijding geen effect had. Ook Hatcher en Melander (2003) meldden relatief geringe effecten van eggen op loopkevers.

Lague e.a. (1999) beschrijft de bestrijding van de coloradokever in aardappel door deze met lucht van de aardappelplanten te blazen en vervolgens tussen de rijen te branden en daarbij de afgeblazen larven en volwassen exemplaren te vernietigen. Ook Vincent e.a. (2003) meldt positieve ervaringen met lucht tegen o.a. wantsen (*Lygus*) in aardbei, mineervlieg (*Liriomyza*) in selderij en witte vlieg (*Bemisia*) in meloen. Zowel lucht (pneumat) als branden wordt ook wel ingezet bij de fysische onkruidbestrijding. Door biologische telers wordt ook gemeld dat de mechanische onkruidbestrijding de problemen met o.a. koolvlieg in kool vermindert.



Onkruidbranders (links) en onkruidblazers (rechts) kunnen misschien ook wel ingezet worden voor insectenbeheersing.

13. Effecten van herbiciden op plagen en hun antagonisten

De afname van invertebraten in de afgelopen decennia is voor een groot deel veroorzaakt door insecticiden, maar ook herbiciden en veranderingen in grondbewerkingen hebben een groot aandeel in deze afname. In een proef van Moreby and Southway (1999) in Groot-Brittannië zijn percelen die behandeld zijn met herbiciden en onbehandelde percelen met elkaar vergeleken. Onbehandelde percelen hadden een veel grotere diversiteit aan invertebraten, vooral in Carabidae, Orthoptera en Lepidoptera, de soorten die ook voor vogels van belang zijn (Moreby and Southway, 1999).

Een voorbeeld van een insect waarbij de invloed van herbiciden onomstotelijk is bewezen is de bladkever de groene zuringhaan (*Gastrophysa polygoni*). Deze kever leeft voornamelijk op varkensgras (*Polygonum aviculare* L.) en haagwinde (*F. convulvus*) en heeft een geringe verspreiding. Larven van deze kever die op 2,4 D behandelde planten voeden, hadden een hogere mortaliteit als larven op herbicide vrije planten. Daarnaast was deze kever in het geheel niet aanwezig in veldjes die behandeld waren met een mengsel van de herbiciden dicamba en dichlorprop (Sotherton, 1982). Belangrijke herbiciden waarbij een aanzienlijk effect verwacht kan worden op insecten zijn: diquat en paraquat (o.a. op springstaarten, kevers en mijten) en 2,4 D (meer luis door effecten op predatoren, lieveheersbeestjes andere kevers, zaagvlieglarven) (Norris and Kogan, 2000). Verder meldt Ahn *et al.* (2001) dat glufosinate-ammonium bij de concentratie die ook in boomgaarden gebruikt worden, effect had op de levenscyclus van diverse predatore arthropoden (Acari: Tetranychidae).

Effecten van herbiciden op insecten zijn echter het meest indirecte, veroorzaakt door de verdwijning of vermindering van onkruiden in het gewas.



Bespuitingen met herbiciden kunnen ook effect op plagen hebben.

14. Conclusies en aanbevelingen

Onmiskenbaar dragen onkruiden bij aan de biodiversiteit en aantrekkelijkheid van het agrarisch gebied. Zij hebben een belangrijke functie voor natuurlijke vijanden van insecten en voedsel voor vogels. De rol als infectiebron voor plagen en ziekten is slechts beperkt onderzocht. Het risico bij een aantal insectenplagen lijkt beperkt te worden door de positieve invloed op de antagonisten van de plagen. Dit zou er voor kunnen pleiten onkruid minder rigoureus en meer selectief te bestrijden. Sommige soorten zijn nuttiger en beter tolereerbaar dan andere soorten (Lutman *et al.*, 2003). Er liggen daar zeker uitdagingen.

Ook op het kennisvlak zijn er nog veel leemtes. De relaties van onkruiden met insecten en aaltjes is gedeeltelijk bekend. Voor schimmel en bacterieziektes geldt dat in nog mindere mate. Ook de (eventuele positieve) invloed van onkruidbeheersingsmaatregelen op ziekten en plagen is nauwelijks gekwantificeerd.

Opbrengstverlies door concurrentie met het gewas, risico op uit de hand lopende situaties en opbouw van zaadbanken in de vruchtwisseling etc. zullen de meeste ondernemers doen besluiten toch voor een vrij strikte bestrijding te kiezen. De positieve aspecten van onkruiden in het perceel t.b.v. plaagbestrijding zijn vaak te onzeker om anders te handelen.

Blijft de vraag hoe de positieve waarden van onkruiden te benutten. Vanuit de preventiegedachte is het versterken van agrobiodiversiteit in het algemeen en de functionele biodiversiteit (natuurlijke vijanden en bodemleven) in het bijzonder het beleid van de komende jaren. Diversificatie op en rond het bedrijf is daarbij een belangrijk aandachtspunt.

Selectief beheer zou een optie kunnen zijn. In praktijk bestaat er bij veel boeren een zekere tolerantie voor de minder lastige onkruiden en wordt gezien de kosten van bestrijding pas ingegrepen worden als er werkelijk schade verwacht wordt. Vrijwel geen teelt is onkruidvrij en sommige soorten worden als bedreigender ervaren dan andere. Toch zijn veel teelten onkruidmatig te schoon om van werkelijke betekenis te kunnen zijn voor de (functionele) biodiversiteit. Op basis van meer kennis over onkruiddynamiek in diverse vruchtwisselingen en omstandigheden en de gewasbeschermingseffecten kan het beheer nog verder worden geoptimaliseerd mits de techniek en onvoorspelbare omstandigheden dit toelaten.

Een andere optie is het meer toepassen van mengteelten, dekvruchten, living mulches, groenbemester etc, die zowel een onkruidonderdrukkend effect hebben als een deel van de positieve functies van onkruiden kunnen overnemen. Het zoeken naar de perfecte living mulch zou een uitdaging voor het onderzoek kunnen zijn.

Het meest acceptabel voor ondernemers is onkruid tolerantie te beperken tot onbespoten randstroken, permanente akkerranden of 'beetle banks'. In de laatste twee situaties spelen vaak andere onkruiden een rol dan die in het perceel zelf. De rol voor plagen, natuurlijke vijanden, vogels en biodiversiteit is echter vergelijkbaar met dien verstande dat de effecten minder worden met de verhouding randoppervlakte/ perceelsoppervlakte en de afstand tot de rand. De mate waarin deze groene dooradering zou moeten worden geïmplementeerd of voldoende functionaliteit, natuur en landschapswaarde te bereiken zou door verder onderzoek verder kunnen worden bepaald.

Ondertussen verdient de relatie tussen onkruiden, onkruidbeheersing, ziekten, plagen en hun natuurlijke vijanden zeker nog aandacht. Onkruidbeheersing vraagt zowel in de gangbare als in de biologische landbouw veel input aan energie, middelen en arbeid. Meer kennis over deze interacties kan zeker bijdragen aan cost-benefits van onkruidbeheer in het totale bedrijfsbeheer.

Bronnen

- Andow, D.A., 1988.
 Managemen of weeds for insect manipulation in agroecosystems. In: Altieri and Lieman (eds.).
 Weed Management in Agroecosystems: Eciological Approaches. Boca Raton pp. 265-301.
- Andow, D.A., 1991.
 Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol* 36: 561-586.
- Batra, S.W.T.,1979.
 Insects associated with weeds in the northeastern United States. III Chickweed, *Stellaria media* and *Stichwort*,
S.graminea. *J. New York Ent. Soc.* 87:223-235.
- Booij, K. & W. van den Brink.
 Meer zicht op trips in de aardbeienteelt. *Ekoland* 5:2003.
- Duffus, J.E., 1971.
 Role of weeds in the incidence of virus diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 9:319-340.
- Greer, L. & J.M. Dole 2003.
 Aluminum Foil, Aluminium-painted, Plastic, and Degradable Mulches Increase Yields and Decrease Insect-
 vectored Viral Diseases of Vegetables, *Hort.Technology*. 2003; 13: 276-284.
- Grooves, R.L., Walgenbach J.F., Moyer J.W. & G.G. Kennedy, 2001
 Overwintering of *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Tripidae) on winter annual weeds infected with Tomato
 spotted wilt virus and patterns of virus movement between susceptible weed hosts.
Phytopathology 91:891-899.
- Häni, A., H.U. Ammon & S. Keller, 1990.
 Vom Nutzen der Unkrauter. *Landwirtschaft Schweiz* 3(4), p. 217-221.
- Hatcher, P.E. & B. Melander, 2003.
 Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management
 strategies. *Weed research*, 43, p. 303-322.
- Honek, A., Z. Martinkova & V. Jarosik, 2003.
 Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*. 100: 4, 531-544.
- Jensen, L., B. Simko, C. Shock & L. Saunders, 2003.
 Alternative methods for controlling onion thrips. The BCPC congress, p. 895-900.
- Kranz, J., N. Tort & C. Sengonca, 2002.
 Auswirkungen dreier Wildkrauten als Begleitpflanzungen in einem Kohlrabifields auf räuberische Coccinelliden
 und Blattläuse. *Gesunde Pflanzen* 54:98-104.
- Kromp, B., 1999.
 Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and
 enhancement. *Agricultural ecosystems and environment* 74(1/3) p. 178-228.
- KWIN Kwantitatieve informatie Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, 2002.
 4^e M. de Wolf PPO 301, IBSN: 1571-3059, 4^e druk 2003, 320 p..
- Lague, C., M. Khelifi, J. Gill & B. Lacasse, 1999.
 Pneumatic and thermal control of colorado potato beetle. *Canadian Agricultural Engineering*, 41, p. 53-57.
- Lotz, L.A.P., M.J. Kropff & R.M.W. Groeneveld, 1990.
 Modelling weed competition and yield losses to study the effect of omission of herbicides in winter wheat.
Netherlands Journal of Agricultural Science 38, p. 711-718.
- Lotz, L.A.P., R.M.W. Groeneveld & C. Kempenaar, 2000.
 Onkruidbeheersing als knelpunt in de biologische landbouw. *Gewasbescherming* 32/6, p. 157-160.
- Lutman, P.J., N.D. Boatman, V.K. Brown & E.J.P. Marshall, 2003.
 Weeds: their impact and value in arable ecosystems. *BCPC Proceedings* 2003. pp. 219-226.
- Marshall, E.J.P., V.K. Brown, N.D. Boatman, P.J.W. Lutman, G.R. Squire & L.K. Ward, 2003.
 The role of weeds in supporting biodiversity within crops. *EWRS Weed Research* 2003 43:77-89.

- Minarro & Dapena, 2003.
Effects of groundcover management on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an apple orchard. *Applied Soil-Ecology*. 2003; 23:111-117.
- Moreby, S. J. & S.E. Southway, 1999.
'Influence of autumn applied herbicides on summer and autumn food available to birds in winter wheat fields in southern England.' *Agriculture, Ecosystem and Environment* 72: 285-297.
- Norris, R.F. & M. Kogan, 2000.
Interactions between weeds, arthropod pests and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science* 48: 94-158.
- Perrin, R.M., 1975.
The role of the perennial stinging nettle, *Urtica dioica*, as a reservoir of beneficial natural enemies. *Ann. Appl. Biol.* 81: 289-297.
- Sotherton, N.W., 1982.
'The effects of herbicides on the chrysomelid beetle *Gastrophysa polygoni* (L.) in the laboratory and field.' *Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie* 94: 446-451.
- Sotherton, N.W., 1985.
The distribution and abundance of predatory Coleoptera overwintering in field boundaries. *Annals of Applied Biology* 106: 17-21.
- Thorbek, P. & T. Bilde, 2004.
Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of applied ecology*, 41(3), p. 526-538.
- Tooley & Brust, 2002.
Weed seed predation by carabid beetles. In : Holland, J, (ed) 2002 *Agroecology of Carabid Beetles*, pp:215-229.
- Van der Weide, R.Y., P.M. Spoorenberg & H.K.J. Bosch, 1993.
Themadag Duurzame onkruidbestrijding, PAGV themaboekje 15, 107 p.
- Van der Weide, R.Y., L.A.P. Lotz, P.O. Bleeker & R.M.W. Groeneveld, 2003.
Beheren en beheersen van onkruiden. In *Op weg naar een goede biologische praktijk* (red. F.G. Wijnands & J. Holwerda) PPO verslag 317, isbn 90-807565-5-5, p. 131-140.
- Vereijken, P.H., R.P. Visser & H. Kloen, 1998.
Innovatie van de EKO-akkerbouw en groenteteelt met 10 voorhoedebedrijven (1991-1997) DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Rapport 88, AB-DLO.
- Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton & F. Fleurat-lessard, 2003.
Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual review of entomology* 48, p. 261-281.
- Wäckers, F.L. 2004.
Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 29: 307-314.
- Weiss, E. & Stettmer, C. 1991.
Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Nutzinsekten an. *AgrarOkologie* 1. 103 pp.
- Wingerden, W.K.R.E., C.J.H. Booij, L. Moraal, J. Elderson, F.J.J.A. Biacchi, E. den Belder & H.A.M. Meeuwssen, 2004.
Groen en Groente. Kansen en Risico's van groen-blauwe dooradering voor de vollegronds groenteteelt. *Alterra Rapport* 825. 100 p.
- Wilson, J.D., 2001.
Weeds as a food resource for farmland birds: what, where and how many should we leave? *British Crop Protection Conference*, Brighton, p. 391-398.
- Zhang, J, F.A. Drummond, M. Liebman & A. Hartke, 1997.
Insect Predation of seeds and plant population dynamics. *Technical Bulletin* 163, Maine agricultural and forest experimental station.