



Beheersing van bodemplaaginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen

Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemplaaginsecten

K. van Rozen, H.F. Huiting, A.B. Allema, R.W.H.M. van Tol, J. Postma

Beheersing van bodemplaaginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen

Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemplaaginsecten

K. van Rozen¹, H.F. Huiting¹, A.B. Allema¹, R.W.H.M. van Tol², J. Postma²

1 Wageningen University & Research | Open Teelten

2 Wageningen University & Research | Biointeracties en Plantgezondheid

Dit onderzoek is gefinancierd door TKI AgriFood en Brancheorganisatie Akkerbouw, en is uitgevoerd binnen de PPS Beter Bodembeheer (AF-16064).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2021

Rapport WPR-1061

K. van Rozen, H.F. Huiting, A.B. Allema, R.W.H.M. van Tol, J. Postma, 2021. *Beheersing van bodemplaaginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen; Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemplaaginsecten*. Wageningen Research, Rapport WPR-1061. 100 blz.; 1 fig.; 4 tab.; 290 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/538253>

Dit rapport geeft een overzicht van bodemmaatregelen die ingezet kunnen worden om bodemplaaginsecten in de Nederlandse akkerbouw te beheersen. De nadruk ligt op de gewassen aardappelen, cichorei, granen, kool- en raapzaad, peen, peulvruchten, suikerbiet en ui. Relevante kennis in de wetenschappelijke literatuur en rapporten en kennis aanwezig bij experts vanuit lopend onderzoek is voor de meest voorkomende problematische bodemplagen, zowel insecten, enkele andere geleedpotige bodemplagen en slakken, in kaart gebracht.

Trefwoorden: Bodemmaatregelen, bodemplagen, insecten, slakken, vruchtwisseling, compost, inundatie, grondontsmetting, bodemstructuur, biologische bestrijding

© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1061

Foto omslag: Engerling geparasiteerd door entomopathogene nematoden

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
	Summary	9
1	Inleiding	11
	1.1 Leeswijzer	12
	1.2 Plaagwerende bodems	13
	1.3 Bodemgezondheidsmaatregelen tegen bodeminsectenplagen	14
	1.3.1 Vruchtwisseling	14
	1.3.2 Organische-stof toevoegingen	15
	1.3.3 Natuurlijke plaagbeheersing	16
	1.3.4 Biologische bestrijding	19
	1.3.5 Grondbewerking	19
	1.3.6 Bodemeigenschappen	20
	1.3.7 Overige maatregelen tegen bodemplagen	21
	1.3.8 Synergie bodemweerbaarheid en bodemgezondheidsmaatregelen	23
	1.4 Bodemplaaginsecten en bovengronds levensstadium	25
2	Maatregelen tegen bodemplaaginsecten	26
	2.1 <i>Agriotes</i> spp. / <i>A. lineatus</i> / <i>A. obscurus</i> (gestreepte kniptor / donkere akkerkniptor)	27
	2.2 <i>Delia radicum</i> (koolvlieg)	33
	2.3 <i>Thrips tabaci</i> (tabakstrips)	36
	2.4 <i>Delia antiqua</i> (uienvlieg)	39
	2.5 <i>Psila rosae</i> (wortelvlieg)	41
	2.6 <i>Delia platura</i> (bonenvlieg)	43
	2.7 <i>Pegomya betae</i> (bietenvlieg)	46
	2.8 <i>Melolontha melolontha</i> (meikever)	48
	2.9 <i>Tipula paludosa</i> (weidelangpootmug)	50
	2.10 <i>Atomaria linearis</i> (bietenkever)	53
	2.11 <i>Sitona lineatus</i> (bladrandkever)	55
	2.12 <i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Coloradokever)	57
	2.13 <i>Oulema</i> spp. (graanhaantjes)	59
	2.14 <i>Meligethes aeneus</i> (koolzaadglanskever)	61
	2.15 <i>Agrotis</i> spp. (aardrupsen)	63
	2.16 <i>Onychiurus armatus</i> (ondergrondse springstaart)	65
	2.17 <i>Blaniulus guttulatus</i> (roodstip)	67
	2.18 <i>Scutigerella immaculata</i> (wortelduizendpoten)	69
	2.19 <i>Tetranychus urticae</i> (bonenspintmijt)	71
	2.20 <i>Deroceras reticulatum</i> (gevlekte akkerslak)	73
3	Samenvatting per bodemplaag en impact op gewas	76
4	Witte vlekken	80
	4.1 Generiek	80
	4.2 Specifiek	80
5	Conclusies	83
	Literatuur	85

Woord vooraf

In 2019 is vanuit de PPS Beter Bodembeheer het rapport "Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen" verschenen (Termorshuizen et al., 2020). BO Akkerbouw en PPS partners vroegen naar aanleiding hiervan een aanvullende en vergelijkbare bureaustudie naar bodemplaaginsecten. Een groot aantal bodemplaaginsecten veroorzaakt schade in Nederlandse akkerbouwgewassen, maar een goed overzicht van de mogelijkheden om bodeminsectenplagen vanuit het bodemperspectief te beheersen of te bestrijden is er momenteel niet. Een belangrijke bron die we hiervoor hebben aangehaald is het rapport "Begeleidende rapportage Schema Bodemplagen" (Qiu et al., 2013). De meeste bodemplagen hierin hebben we opgenomen in dit rapport. Het betreft bodemplaaginsecten, andere geleedpotige bodemplagen en slakken. Daarnaast zijn er enkele plaaginsecten opgenomen die op dit moment voor problemen zorgen, waarvan we vooral de bovengrondse fase als plaag kennen, maar die toch een deel van hun leven in de bodem doorbrengen.

Het doel van dit rapport is om een praktisch en betrouwbaar overzicht van alle mogelijke bodemgezondheidsmaatregelen tegen bodemplagen op te leveren. Hiermee bedoelen we maatregelen gericht op biotische en abiotische verbeteringen van de bodem resulterend in onderdrukking van het plaaginsect en/of stimulering van de plantgezondheid. Hiervoor zijn we ook ingegaan op de natuurlijke weerbaarheid van de bodem tegen bodemplagen. Een relatief nieuw begrip bij de beheersing van (insecten)plagen, omdat vooralsnog nauwelijks aandacht aan dit onderwerp is besteed. In hoeverre speelt bodemweerbaarheid een rol in de strijd tegen bodemplagen, en hoe kunnen we dit verbeteren of aanvullen met bodemgezondheidsmaatregelen? Anders dan bij bodempathogenen (schimmels en nematoden) hebben de meeste bodemplagen ook een bovengrondse fase. Voor zes belangrijke soorten hebben we ook mogelijkheden aangegeven hoe bovengronds bijgedragen kan worden aan oplossingen van het probleem, zodat een afweging gemaakt kan worden, of een combinatie gezocht kan worden tussen bovengrondse en ondergrondse maatregelen tegen bodemplagen.

Een aantal specialisten heeft aanvullende kennis ingebracht. Wij willen specifiek Thea van Beers (Agrifirm), Elma Raaijmakers (IRS) en Linda Frijters (IRS) hiervoor bedanken.

Deze literatuurstudie is uitgevoerd in opdracht van BO Akkerbouw binnen de PPS Beter Bodembeheer (AF-16064).

Samenvatting

Dit rapport biedt een uitgebreid overzicht aan bodemgezondheidsmaatregelen tegen bodemplagen voor de acht belangrijkste akkerbouwgewassen in Nederland (aardappelen, cichorei, granen, kool- en raapzaad, peen, peulvruchten, suikerbiet en ui). Bodemplagen werden in het verleden bestreden door een bodem- of zaadbehandeling met insecticiden. Directe bestrijdingsmogelijkheden nemen echter af door het kleiner worden van het insecticidenpakket. De problematiek echter blijft; bodemplagen maken een wezenlijk onderdeel uit in de teelt van akkerbouwgewassen. Er is veel aandacht voor maatregelen die de bodemkwaliteit kunnen verbeteren en hiermee de plaagdruk en de schade mogelijk kunnen verlagen. In dit rapport is eerst een overzicht gegeven van de in de bodem voorkomende stadia van de bodemplagen, gevolgd door een aanzet tot het definiëren van een potentieel weerbare bodem. Generiek worden de bodemgezondheidsmaatregelen besproken, gevolgd door een korte blik op de bovengrondse fase (Hoofdstuk 1). In Hoofdstuk 2 zijn bestaande en potentieel beschikbare bodemgezondheidsmaatregelen per soort/groep bodemplaag aangeven, gevolgd door een samenvatting per plaag (Hoofdstuk 3), witte vlekken (Hoofdstuk 4) en de conclusies met een samenvattende tabel waarin de bodemgezondheidsmaatregelen per soort worden aangegeven, inclusief de status van de maatregel voor de specifieke soort (Hoofdstuk 5).

In de huidige landbouwsystemen waarbij verstoring van de bodem in meer of mindere mate plaatsvindt, is de natuurlijke onderdrukking van bodemplagen door entomopathogene schimmels en nematoden zeer beperkt. De verstoring heeft ook effect op de in en op de bodem actieve natuurlijke vijanden, maar de impact op deze organismen wordt lager ingeschat. Het complex aan natuurlijke vijanden levert een bijdrage aan de beheersing van bodemplagen, aangezien eieren en larvale stadia van bodemplagen als voedsel dienen. Als deze bijdrage groot genoeg is kan gesproken worden over een 'plaagwerende bodem', die een basisniveau aan bescherming levert tegen schade door bodemplagen.

In de bodem komen specifieke en generieke natuurlijke vijanden voor die parasiteren of prederen op bodemplagen, maar waar weinig van bekend is en waar hierdoor ook vrijwel geen aandacht aan wordt geschonken. Hier ligt een uitdaging om met beter bodembeheer (minder verstoring) een maximaal beheersingseffect uit deze ondersteunende organismen tegen bodemplagen te halen. Dit gaat wel gepaard met een goede kennis van de biologie van zowel de natuurlijke vijand als de bodemplaag, waarbij gekeken wordt hoe en wanneer het meest optimaal gebruik van een bodemgezondheidsregel gemaakt kan worden. Naast het gebruik van natuurlijke vijanden, zijn de afzonderlijke bodemgezondheidsmaatregelen meer of minder relevant voor de verschillende bodemplagen.

Vruchtwisseling speelt vooral een rol bij met name de gras gerelateerde bodemplagen en vliegenplagen met een specifieke waardplant, maar een ruimere rotatie leidt in het algemeen vaak tot een minder snelle plaagontwikkeling in een willekeurig gewas. Organische stof staat toenemend in de belangstelling, maar we hebben onvoldoende in beeld wat de voor- en nadelen zijn als het gaat over de ontwikkeling en het stimuleren van natuurlijke én de bodemplagen zelf. Voor sommige bodemplagen blijkt het stimuleren van natuurlijke vijanden een perspectiefvolle maatregel, terwijl voor andere bodemplagen gericht ingrijpen meer perspectief biedt. Dit heeft veelal ook te maken waar de verschillende stadia van de bodemplagen zich in de bodem bevinden. Duidelijk is dat de literatuur vele potentieel aantrekkelijke alternatieven biedt, maar dat goed gekeken moet worden hoe deze maatregelen op een praktische en rendabele manier ingezet worden. Met de witte vlekken en de tabel over de status van de bodemgezondheidsmaatregelen op de afzonderlijke bodemplaagsoorten biedt dit rapport een handvat om duurzamere richtingen te verkennen. De oplossingsrichting zal per bodemplaag verschillen, waarbij bovendien de ene bodemplaag beter te beheersen is dan de ander. Daarnaast wordt aangegeven dat de aanpak van bodempathogenen en bodemplagen beter op elkaar afgestemd kan worden.

Summary

This report provides a comprehensive overview of soil health measures against soil pests for the eight main arable crops in the Netherlands (potatoes, chicory, cereals, rapeseed, carrots, legumes, sugar beet and onion). Soil pests have been controlled in the past by soil- or seed treatment with insecticides. However, direct control possibilities decrease due to the shrinking of the insecticide package. However, the problem remains; soil pests are an essential part of the cultivation of arable crops. A lot of attention is paid to measures that can improve soil quality and thereby potentially reduce pest pressure and damage. This report first provides an overview of the soil stages of soil pests, followed by a start to defining a potential resilient soil. Generically, soil health measures are discussed, followed by a brief look at the above-ground phase (Chapter 1). Chapter 2 identifies existing and potentially available soil health measures by species/group of soil infestation, followed by a summary by pest (Chapter 3), white spots (Chapter 4) and the conclusions with a summary table indicating soil health measures by species, including the status of the measure for the specific species (Chapter 5).

In today's agricultural systems where soil disturbance occurs to a greater or lesser extent, the natural suppression of soil pests by entomopathogenic fungi and nematodes is very limited. The disturbance also has an effect on the natural enemies active in and on the soil, but the impact on these organisms is assessed lower. The complex to natural enemies contributes to the control of soil pests, since eggs and larval stages of soil pests serve as food. If this contribution is large enough, it can be talked about a 'pest-resistant soil', which provides a basic level of protection against damage from soil pests.

In the soil there are specific and generic natural enemies that parasitize or preach on soil pests, but of which little is known and which is therefore hardly paid attention to. Here lies a challenge to get a maximum control effect from these supporting organisms against soil pests with better soil management (less disturbance). This is accompanied by a good knowledge of the biology of both the natural enemy and the soil pest, looking at how and when the most optimal use of a soil health measure can be made. In addition to the use of natural enemies, the individual soil health measures are more or less relevant to the different soil pests. Crop rotation plays a particular role in the grassy soil pests and fly pests with a specific host plant, but a wider rotation often leads to less rapid pest development in any crop. Organic matter is increasingly in the spotlight, but we do not have sufficient knowledge of the advantages and disadvantages when it comes to the development and stimulation of natural and soil pests themselves. For some soil pests, stimulating natural enemies appears to be a perspective measure, while for other soil pests targeted intervention offers more perspective. This often also has to do with where the different stages of the soil pests are located in the soil. It is clear that literature offers many potentially attractive alternatives, but that it is necessary to take a close look at how these measures are used in a practical and cost-effective way. With the white spots and the table on the status of soil health measures on the individual soil pest species, this report provides a guide to explore more sustainable directions. The solution direction will vary per soil pest, with one soil pest being more manageable than the other. In addition, it is indicated that the approach to soil pathogens and soil pests can be better coordinated.

1 Inleiding

In dit onderzoek is gekeken naar bodemgezondheidsmaatregelen die ingezet kunnen worden tegen belangrijke plaagorganismen met een ondergronds stadium. Er is begonnen met het vaststellen van de belangrijkste bodemplaagorganismen. Dit is gedaan op basis van het bodemplaaginsectenschema (Qiu et al., 2013), aangevuld met expertise van de auteurs en voorzien van feedback door de projectpartners. Er is een top 20 vastgesteld die in dit rapport behandeld wordt. Naast de 'echte' bodemplaaginsecten (grootste deel van hun leven ondergronds) is gekozen om ook plaaginsecten op te nemen die voornamelijk bovengronds leven, maar een kortere of langere periode in de bodem aanwezig zijn. Bodemgezondheidsmaatregelen kunnen op deze specifieke, ondergrondse fase een onderdrukkend effect hebben. Daarnaast zijn enkele typische ondergrondse plagen benoemd die niet tot de insecten behoren: springstaart (klasse Collembola), bonenspintmijt (klasse Arachnida), de wortelduizendpoot (klasse Chilopoda), de gespikkelde miljoenpoot (klasse Diplopoda) en de gevlekte akkerslak (klasse Gastropoda). In het vervolg van dit rapport wordt dan ook de term bodemplagen gebruikt waar al deze plagen mee worden bedoeld, en afzonderlijke termen indien over een specifieke klasse gesproken wordt.

In Tabel 1 is een overzicht weergegeven van deze bodemplagen en de akkerbouwgewassen (gelijk aan Termorshuizen et al., 2020) waarin ze als plaag voorkomen en schade veroorzaken, aangevuld met een overzicht van de stadia waarin deze plagen in de bodem voorkomen. Alle in Nederland voorkomende bodemplagen kennen stadia of fases die kortere of langere tijd ondergronds actief zijn. Ritnaalden kennen bijvoorbeeld een lange cyclus ondergronds (3 tot 5 jaar), waarvan alleen het keverstadium ca. 3-6 maanden bovengronds voorkomt. De kever zelf is vanaf verpopping in de nazomer tot het verschijnen in het voorjaar in deze tijd ook nog eens 6-9 maanden ondergronds in rust. Plaagvliegen kennen ook één of meerdere levensstadia ondergronds. Trips wordt niet gezien als een bodemplaag, maar komt ondergronds voor: verpopping van de tabakstrips (*Thrips tabaci*) vindt meestal in de bodem plaats. Hier vindt een gedeeltelijke metamorfose plaats, waarbij de nimf in de bodem kruipt, langzaam verandert in een voorpop en vervolgens in een pop. Beide stadia zijn in rust, wat betekent dat ze geen voedsel opnemen en nauwelijks bewegen. Na de verpopping kruipt de volwassen trips weer door de grond naar boven. Ook voor deze momenteel belangrijke plaag willen we nadenken of bodemgezondheid of aanvullende maatregelen een rol kunnen spelen in het onderdrukken van de ondergrondse fase. Bodemgezondheid speelt ook een belangrijke rol in het stimuleren van op en in de grond levende natuurlijke vijanden, die een rol spelen in de bovengrondse predatie van trips.

Tabel 1 Top 20 bodemplagen met de belangrijkste akkerbouwgewassen waarin ze schade veroorzaken (zwarte vakken) en de ontwikkelingsfase(n) waarin ze ondergronds aanwezig zijn.

Bodemplaag		Akkerbouwgewassen								Ondergrondse fasen				In bodemplagchema (Qiu et al., 2013)
		Aardappelen	Cichorei	Granen	Kool- en raapzaad	Peen	Peulvruchten	Suikerbieten	Ui	Ei	Larve, made, rups, nimf*	Pop, cocon	Adult*	
<i>Agriotes</i> spp.	Ritnaalden / kniptor	■	■	■		■		■		x	x	x	(x)	x
<i>Delia radicum</i>	Koolvlieg				■					x	x	x	-	x
<i>Thrips tabaci</i>	Tabakstrips				■		■	■		-	-	x	-	-
<i>Delia antiqua</i>	Uienvlieg							■		x	x	x	-	x
<i>Psila rosae</i>	Wortelvlieg					■				x	x	x	-	x
<i>Delia platura</i>	Bonenvlieg			■			■			x	x	x	-	x
<i>Pegomya betae</i>	Bietenenvlieg							■		-	-	x	-	x
<i>Melolontha melolontha</i>	Engerling / meikever	■									x	x	(x)	x
<i>Tipula paludosa</i>	Emelten / weidelangpootmug						■	■		(x)	x	x	-	x
<i>Atomaria linearis</i>	Bietenkever							■		X	x	x	(x)	x
<i>Sitona lineatus</i>	Bladrandkever						■			(x)	x	x	(x)	-
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Coloradokever	■								-	-	x	(x)	-
<i>Oulema</i> spp.	Graanhaantjes			■						-	-	x	-	-
<i>Meligethes aeneus</i>	Koolzaadglanskever				■					-	-	x	-	-
<i>Agrotis</i> spp.	Aardrupsen / nachtvinders	■				■				(x)	(x)	x	-	x
<i>Onychiurus armatus</i>	Springstaart		■	■				■		x	x	nvt	(x)	x
<i>Blaniulus guttulatus</i>	Roodstip							■		x	x	nvt	x	x
<i>Scutigerella immaculata</i>	Wortelduizendpoten							■	■	x	x	nvt	x	x
<i>Tetranychus urticae</i>	Bonenspintmijt	■					■			-	-	-	(x)	-
<i>Deroceras reticulatum</i>	Gevlekte akkerslak	■		■	■		■	■		x	x	nvt	x	x

X in de bodem aanwezig

(x) deels in de bodem aanwezig

- niet in de bodem aanwezig

* stadia kunnen zeer kort in de bodem zitten op weg naar ondergrondse plek om te verpoppen en weer terug naar het bovengrondse.

1.1 Leeswijzer

In Hoofdstuk 1 wordt de status van een "plaagwerende bodem" beschreven (1.2) naar analogie van een ziekteverende bodem, wordt een beschrijving gegeven van de toe te passen maatregelen (1.3) en is er aandacht voor het belangrijke bovengrondse stadium van bodemplaginsecten (1.4). In Hoofdstuk 2 komen de bodemgezondheidsmaatregelen aan bod die per bodemplag genomen of benut kunnen worden. In Hoofdstuk 3 worden vervolgens de kansen voor de beste maatregelen per bodemplag besproken, waarna in Hoofdstuk 4 de belangrijkste witte vlekken worden besproken.

1.2 Plaagwerende bodems

Voor bodempathogenen verstaat men onder een ziekteverende bodem een bodem waarin een aanwezig pathogeen niet of veel minder schade veroorzaakt dan in andere bodems (Termorshuizen et al., 2020). Natuurlijke onderdrukking van bodemplagen door entomopathogene schimmels en nematoden is zeer beperkt (Hokkanen en Hokkanen, 2018), vooral door de verstoring die feitelijk bij alle teeltsystemen in de akkerbouw plaatsvinden. Deze verstoring heeft minder invloed op natuurlijke vijanden en parasitoiden, waarvan een deel overleeft in het perceel, en een deel met de seizoenen mee migreert tussen perceel en akkerranden. Deze dynamiek van natuurlijke vijanden levert een bijdrage tegen bodemplagen, aangezien ze zich voeden met eieren en larvale stadia van bodemplagen. Daarnaast zijn er bodemtypen waar bepaalde bodemplagen niet of minder in voorkomen, of juist meer in voor komen, waarvan engerlingen op zand een voorbeeld is. Deze biotische en abiotische aspecten geven aan dat een bodem in een bepaalde mate plaagwerend kan zijn. Hokkanen en Hokkanen (2018) stellen voor om naast een 'ziekteverende bodem' ook 'plaagwerende bodem' te introduceren, echter definiëren wij deze plaagwerendheid niet op basis van entomopathogene nematoden en schimmels, maar ligt de nadruk met name op de aanwezigheid van een populatie predatoren en parasitoiden. Hiermee komen we tot de volgende definitie van een plaagwerende bodem:

'Een plaagwerende bodem bevat een populatie generalistische predatoren, parasitoiden en andere antagonisten, die zorgt voor een basisniveau van plaagbeheersing in zoveel mogelijk gewassen'.

Oplossingen tegen bodempathogenen worden door onderzoekers en telers meer en meer gezocht in het verhogen van de bodemweerbaarheid. Een belangrijke weg van bodemweerbaarheid voor bodempathogenen werd gelegd in 2008, met het naar buiten brengen van het rapport "Bodem Vitaal; naar het begrijpen en sturen van bodemvitaliteit" (Elberse, 2008). Dit rapport gaat over schadelijke schimmels en nematoden, maar bodemplagen waren nauwelijks in beeld. De duurzame aanpak van bodemplagen focuste zich op technieken om het insecticidegebruik te beperken (o.a. zaadbehandeling), onderzoek naar milieuvriendelijkere groene en biologische middelen, monitoring en vangtechnieken en het stimuleren van natuurlijke vijanden tegen met name de bovengrondse plaaginsecten. Oplossingen worden tot nu toe onder andere gezocht in een systeemaanpak waarmee alle denkbare (IPM, integrated pest management) maatregelen onder de loep worden gehouden om (bodem)insectenplagen te beheersen, maar waarbij bodemgezondheidsmaatregelen onderbelicht zijn.

Er zijn veel voorbeelden van in en op de grond levende natuurlijke vijanden die bijdragen aan het verhogen van de bodemweerbaarheid tegen bodemplagen. Eieren en larven van bodemplagen worden gegeten door een breed spectrum aan loop- en kortschildkevers, of worden geparasiteerd door sluipwespen. Veel van deze insecten migreren tussen het perceel en de omgeving, waardoor de inrichting van het landschap een belangrijke rol speelt; dit is dus geen bodemweerbaarheid. Er zijn echter ook soorten loop- en kortschildkevers die in het perceel blijven (o.a. Frank & Reichhart, 2004) en in de bodem levende parasitaire kortschildkevers en sluipwespen, die vaak in het ondergrondse stadium van de gastheer in de bodem overwintert (Johnston, 1915; Nilsson (in: Williams, 2010)). Dit laatste kan wel als bodemweerbaarheid worden aangemerkt. Voorbeelden van natuurlijke vijanden tegen bodemplagen worden verder besproken in paragraaf 1.3.

Daarnaast leven in en op plantenwortels miljarden bacteriën en schimmels, waarvan we niet of nauwelijks weten wat de impact is op bodemweerbaarheid. Een deel leeft nauw samen met plantenwortels, het zogenaamde wortelmicrobioom. Sommige micro-organismen leven in symbiose met het wortelcomplex en kunnen plagen weren door fysieke bescherming van de plantenwortels, maar kunnen andersom ook plagen aantrekken of natuurlijke vijanden afweren (Sugio et al., 2015). Ook kunnen bodemorganismen of bepaalde stoffen de weerbaarheid van de plant verhogen door het stimuleren van resistentiemechanismen van de plant. Een voorbeeld hiervan zijn bepaalde endofyten in grassen die als een bestrijdingsstrategie ingezet kunnen worden tegen engerlingen. Veel grassen uit gematigde streken zoals Engels raaigras, Italiaans raaigras en rietzwenkgras leven in symbiose met schimmels die in de plant groeien (vandaar de term endofyt). Deze schimmels, *Epichloë*, onttrekken voedingsstoffen aan de plant, en worden vermeerderd en verspreid door de plant en worden via zaad

op de volgende generatie overgedragen. De schimmels produceren op hun beurt alkaloiden die een rol spelen bij de bescherming van de grassen tegen biotische en abiotische stress. Deze bescherming betreft o.a. het weren van herbivoren, inclusief vee, verhoogde weerstand tegen sommige ziektes en nematoden en daarnaast draagt het ook bij dat de plant beter bestand is tegen droogtestress. Verder verhoogt de symbiose het concurrentievermogen van de grassen en de productiviteit (Scharl, 1996). Wanneer van een dergelijk systeem gebruik gemaakt wordt in grasland kan dit leiden tot minder problemen met bodemplagen in volgteelten.

Een ander voorbeeld is *Trichoderma* spp. De aanwezigheid van dit schimmelgeslacht rond de wortels veroorzaakt reacties bij de plant, waardoor vraatschade door bovengrondse plaaginsecten wordt verlaagd en natuurlijke vijanden worden aangetrokken (o.a. Coppola, et al. 2017; Zhou et al., 2018). In laboratoriumonderzoek met kool en koolvlieg leidde toediening van diverse entomopathogene schimmels, waaronder *Trichoderma* spp., en bacteriën tot lagere aantallen poppen, vooral in proeven onder steriele condities (Razinger, 2014). Net zoals schimmels en bacteriën invloed op de plant en plaag kunnen uitoefenen, hebben in de bodem levende nematoden en insecten eenzelfde relatie met de plant via het wortelstelsel. In deze tritrofe systemen kunnen plaaginsecten een afweer respons in de plant induceren die bescherming biedt tegen andere plagen of waarmee natuurlijke vijanden worden aangetrokken. Onderzoek aan coniferen liet zien dat als de wortels werden aangevreten door larven van een snuitkever de plant signaalstoffen aan maakte dat entomopathogene nematoden aantrok (van Tol et al., 2001). In een ander onderzoek waren het saprophyte schimmels die vluchtige stoffen produceren die de planten meer resistent maakte tegen onder meer koolvlieg (Moisan et al., 2020). In de bodem is dit later ook aangetoond voor de interactie tussen maïs, maïswortelkever en entomopathogene nematoden (Rasmann et al., 2005). Hokkanen en Hokkanen (2018) geven aan dat relatief vrij veel gronden entomopathogene nematoden en schimmels bevatten, maar dat daarvan in de huidige akkerbouwgronden weinig plaagwering uitgaat.

Abiotische factoren hebben een grote invloed op het succesvol ontwikkelen van bodemplaagpopulaties. Vaak gaat dit al samen met goed bodembeheer. Te natte en te droge gronden, en compacte gronden zijn geen eigenschappen die horen bij goed bodembeheer. Dezelfde eigenschappen hebben ook een negatieve invloed op plagen en nuttige insecten in de bodem (Johnson et al., 2013); in hoeverre een betere balans op kan treden tussen schadelijke en nuttige insecten is niet duidelijk. De aanwezigheid van organische stof kan zowel bodemplagen voorkómen als versterken (zie paragraaf 1.3). Hierbij spelen ook de groeiomstandigheden van een gewas een rol. Bodemvruchtbaarheid kan de gevoeligheid van planten voor plagen verlagen door de gezondheid van planten te beïnvloeden (Phelan et al., 1995). In het algemeen geldt dat onder goede groeiomstandigheden, waarbij de plant zich snel ontwikkelt, de plant vraat door bodemplagen (deels) kan ontgroeien of compenseren.

1.3 Bodemgezondheidsmaatregelen tegen bodeminsectenplagen

Deze paragraaf geeft informatie over de bodemgezondheidsmaatregelen tegen bodeminsectenplagen die de bodemweerbaarheid kunnen verhogen of aanvullen.

1.3.1 Vruchtwisseling

Voor het merendeel van de bodemplagen geldt net als voor bodempathogenen dat het afwisselen van gewassen in opeenvolgende seizoenen bijdraagt aan het beheersen van de plaag. Dit geldt met name voor bodemplagen die gespecialiseerd zijn op een specifieke waardplant en in de bodem overwinteren als pop, zoals de koolvlieg, uienvlieg, wortelvlieg, bietenvlieg, bietenkever en coloradokever. Het gaat hierbij om het vermijden van het opeenvolgen van gewassen uit dezelfde plantenfamilie. Net als bij bepaalde bodempathogenen (o.a. *Fusarium*, *Sclerotinia*) speelt de afstand tussen teelten van hetzelfde gewas in opeenvolgende jaren ook een rol bij bodemplaaginsecten, omdat de adulten wanneer ze eenmaal uit de pop zijn gekomen zich gemakkelijk naar dichterbij dan verder weg gelegen buurpercelen kunnen verspreiden. Het vermogen om te verspreiden is afhankelijk van de plaagsoort en varieert van tientallen meters voor het bietenkevertje (Bombosch, 1963) tot enkele kilometers voor de

coloradokever. Veel informatie over de verspreidingsecologie van plaagsoorten is echter nog onbekend. Naast vruchtwisseling is het belangrijk opslag van een gewas van het vorige jaar te verwijderen. Bietenkevertjes overwinteren als adult onder meer in achtergebleven wortels van bieten, spinazie of melganzevoet (Brendler et al., 2008 in: Qiu et al., 2013).

Voor plagen die als adult overwinteren heeft gewasrotatie minder effect op het beheersen van de plaag zoals bij de koolzaadglanskever die als volwassen kever in de bodem overwintert en in het voorjaar over enkele kilometers naar koolzaadvelden vliegt (Juhel et al., 2017). Op landschapsschaal heeft ruimere gewasrotatie echter wel een effect op het beheersen van de plaag, omdat de totale oppervlakte met koolzaad in het landschap afneemt bij een ruimere rotatie en er dus minder druk is van de koolzaadglanskever (Allema et al., 2017).

Wat de 'graslandplagen' (ritnaalden en in mindere mate emelten en engerlingen) betreft is het algemene advies om grasland in de rotatie te vermijden. Ritnaalden komen het meest voor en de mate van schade verschilt per volggewas. Jary heeft in 1942 al aanbevelingen gedaan over welk gewas moet volgen op een grasperceel afhankelijk van de verwachte ritnaaldbezetting (Jary, 1942, geciteerd in Barsics et al., 2013). Door veelvuldig ruil van percelen tussen akkerbouw en veehouderij is de aandacht voor graslandplagen verhoogd, maar dit biedt ook kansen tegen diezelfde bodemplagen. Het permanent in gebruik houden van grasland zonder afwisseling met bouwland en daarnaast wisselbouw van kortdurend grasland met bouwland is duurzamer dan de huidige tussenvariant met langjarig gras wat af en toe afgewisseld wordt met één of enkele jaren bouwland. De tussenvariant leidt tot veel grotere koolstof- en stikstofverliezen dan permanent grasland of een goed uitgevoerde wisselbouw in een akkerbouwrotatie (de Wolf et al., 2018a en 2018b). De verwachting is dat in kortdurend grasland (1-2 jaar) er (veel) minder populatieopbouw van graslandplagen is; enerzijds door mindere aantrekkelijkheid voor adulten voor eileg, anderzijds door minder cumulatieve opbouw tot er weer een akkerbouwgewas staat.

Groenbemesters kunnen problemen met bodemplagen geven, wanneer ze de condities voor overleving verbeteren of als de plaag zich hierop kan vermeerderen. De teelt van gras, Japanse haver en andere grasvegetaties, evenals rode klaver, kan leiden tot ei-afzet van kniptorren en langpootmuggen indien de groenbemesters op het veld staan in de periode dat de adulten vliegen. Hierdoor zou de populatie ritnaalden respectievelijk emelten in de bodem kunnen toenemen. Cruciferen als groenbemester in het najaar kunnen een late generatie van koolvlieg helpen ontwikkelen met als gevolg meer kans op aantasting in het volggewas als dat een kruisbloemige is. Witte klaver kan problemen geven met bladrandkevers, bonenvliegen of naaktslakken (Haagsma et al., 2019). Het toevoegen van organische stof door het onderwerken van de groenbemester kan bodemplagen ook bevorderen (zie 1.3.2 Organische-stof toevoegingen). Andersom kan een groenbemester ook zorgen voor minder problemen door bodemplagen. Percelen waar springstaarten voorkomen hebben doorgaans minder schade als er voorafgaand aan de teelt een groenbemester heeft gestaan die alternatief voedsel biedt voor de springstaart.

Binnen de vruchtwisseling kan naast de keuze voor het gewas ook de keuze voor het ras worden overwogen, wanneer een bodemplaagsoort in een perceel wordt verwacht. Voor diverse gewassen kan resistentie of tolerantie tegen bepaalde bodemplaagsoorten uitkomst bieden; de aandacht hiervoor wordt echter overschaduwd door aandacht voor andere gewenste raseigenschappen.

1.3.2 Organische-stof toevoegingen

Het toevoegen van organische stof aan de bodem kan een effectieve maatregel zijn om de bodem minder vatbaar te maken voor ziekten afhankelijk van het type organische stof, de dosering en de grondsoort (Termorshuizen et al., 2020). Het toevoegen van organische stof kan ook een onderdrukkend effect hebben op plaaginsecten, hoewel dit vooralsnog alleen voor bovengrondse plagen is vastgesteld. Planten die gevoed zijn met organische bemesting zijn over het algemeen minder gevoelig voor plagen dan planten gevoed met kunstmest (Pathma & Sakthivel, 2012). Dit effect wordt toegeschreven aan een lagere voedingskwaliteit en een verhoogde concentratie aan secundaire metabolieten. Dit verlaagt de aantrekkelijkheid van een plant voor een plaaginsect en verlaagt de voortplantingssnelheid. Het is niet ondenkbaar dat ook ondergrondse plantendelen minder

aantrekkelijk zijn voor bodemplagen bij toevoeging van organische bemesting in plaats van kunstmest, maar dit is tot dusver niet onderzocht. Voor de bonenspintmijt zijn wel plaagonderdrukkende effecten gevonden wanneer planten bemest zijn met vermicompost (Simsek-Ersahin, 2011). Organische stof effecten kunnen ook invloed hebben op nuttige plaagbestrijdende insecten. Meer organische stof (gewasresten, compost, vaste mest) en stromulch leiden tot grotere aantallen bodemroofmijten, wat leidt tot een afname in aantallen bovengrondse en ondergrondse tabakstrips en larven van de varenrouwmug (Vosman & Faber, 2011).

Naast verhogen van weerbaarheid kan organische stof toevoeging ook bodemplagen bevorderen. Larven van de bonenvlieg, springstaarten, duizendpoten en miljoenpoten leven zowel van dood als levend plantmateriaal en kunnen het beter doen in bodems met een hoger aandeel verterend organisch materiaal. Bonenvliegvrouwjes worden daarnaast aangetrokken door de geur van rottend organisch materiaal om hun eitjes af te zetten. Anders dan eerder gedacht heeft het toevoegen van organische stof geen directe invloed op ritnaalden die zich voornamelijk met levende plantwortels voeden (Traugott et al., 2015). Het aandeel bodemorganische stof is daarentegen wel een indicator voor risico op schade door ritnaalden. Furlan et al. (2017b) zagen een significant hogere kans op schade door ritnaalden in bodems met meer dan 5% organische stof in Noordoost Italië. De auteurs schrijven dit toe aan een algehele betere bodemconditie waardoor overleving van ritnaalden toeneemt.

Van het effect van toedienen van specifieke vormen van organische stof (zoals chitine, biochar, cellulose, lignine) op bodemplagen is geen informatie beschikbaar. De onderzoeken hierover richtten zich op aaltjes of micro-organismen. Voedingsstoffen, bodemmicroben en concurrenten kunnen soms de kwaliteit van planten als voedsel voor een herbivoor verbeteren, maar op andere momenten kan de afweer van planten tegen die herbivoor worden versterkt. Het gebruik van organische toevoegingen wordt ook in verband gebracht met andere gewenste bodemeigenschappen, waaronder een hoger waterhoudend vermogen, verhoogde kationen-uitwisselingscapaciteit en een lagere bodemdichtheid (Krey et al., 2019)

1.3.3 Natuurlijke plaagbeheersing

Voor boeren speelt het ecosysteem een belangrijke rol in het gezond houden van de bodem en een gezond ecosysteem draagt bij aan de weerbaarheid van (agro)ecosystemen tegen klimaatextremen en ziekten en plagen (Dawson & Norén, 2019). Over het algemeen geldt dat hoe meer soorten zich in het voedselweb bevinden des te veerkrachtiger het systeem is (Barot et al., 2017). Toch leidt het verbeteren van de habitat voor natuurlijke vijanden niet altijd tot meer plaagonderdrukking (Ratnadass et al., 2012). Om te begrijpen hoe het arsenaal aan natuurlijke vijanden kan bijdragen aan het beheersen van plagen is inzicht nodig in het voedselweb van een bepaald agro-ecosysteem en in de ecologie en gedrag van de soorten die er het meest toe doen. Loopkevers, spinnen en kortschildkevers zijn de grootste groep bodempredatoren in akkers en nemen een groot deel van de natuurlijke bestrijding voor hun rekening.

Loopkevers

Ongevleugelde loopkevers, hoewel zeer mobiel, worden verondersteld gedurende het groeiseizoen in een klein gebied te verblijven (Allema et al., 2019; Holland et al., 2004) en eten vervolgens wat ze in dat gebied aantreffen. De aantallen en diversiteit aan loopkevers tussen akkers kan sterk verschillen afhankelijk van voorvrucht, voedselaanbod, microklimaat, grondbewerking en mate van insecticidegebruik. Meerjarige akkerranden, bodembedekking in de winter en gereduceerde grondbewerking zijn maatregelen die de populatie loopkevers stimuleren. De meeste soorten zijn polyfaag en eten zowel plantenzaden als dierlijk materiaal. Een overzicht van 110 onderzoeken laat zien dat 241 soorten volwassen loopkevers op insectenplagen prederen (Sunderland, 2002). Een aantal soorten heeft een specifieke voorkeur. *Notiophilus biguttatus* is gespecialiseerd in het jagen op springstaarten en *Leistus fulvibarbis*, *Leistus spinibarbis* en *Loricera pilicornis* eten vooral mijten, springstaarten, spinnen en kleine vliegjes die op het bodemoppervlakte leven (Evans, 1975; Hengeveld, 1980, geciteerd in Finch, 1996). Het goed en praktisch benutten van generalistische en meer soort-specifieke loopkever-bodemplaag interacties zou verder onderzocht moeten worden.

Hoewel eitjes van de koolvlieg door veel loopkevers worden gegeten als deze worden aangeboden (Finch, 1996), zoeken loopkevers doorgaans niet naar eitjes onder het bodemoppervlak terwijl deze daar wel worden afgezet (Finch & Elliott, 1994). Uitzondering daarop vormen soorten van het geslacht *Bembidion*. Nilsson et al. (2016) zag dat de activiteitsdichtheid van *Bembidion*-soorten gecorreleerd was met predatie van de eitjes van de koolvlieg. En vergelijkbaar zagen Grafius en Warner (1989) in veldkooien een halvering van de uienvliegpopulatie door de viervlekpriemkever *B. quadrimaculatum* die predeerde op eitjes onder het oppervlak. Bovengronds worden larven van de koolvlieg – ze komen bijvoorbeeld voor in spruitjes – door meerdere soorten gegeten, maar het waren de loopkevers *Amara familiaris* en *Abax parallelepipedus* die de aantallen op de plant konden halveren (Kromp, 1999). Vele genera kennen één of enkele soorten die het goed doen op agrarische gronden, waaronder de glanspriemkever *B. lampros* die al vroeg in het voorjaar wordt waargenomen (Kromp, 1999). Het verzamelen van de biologische kennis (cyclus, overwintering) van deze loopkeversoorten en nagaan hoe we deze kennis inzetten in de praktijk is een onderwerp voor onderzoek.

Fox & MacLellan (1956, geciteerd in Kromp, 1999) lieten zien dat een aantal loopkeversoorten op ritnaalden predeert, waaronder met name soorten van de geslachten *Amara* en *Harpalus*, maar ook soorten van het *Pterostichus* geslacht, *Agonum mülleri* en *Clivina fossor*. Dobrovolsky (1970, geciteerd in Kromp, 1999) voegde daar nog soorten uit de geslachten *Calathus*, *Carabus*, *Broscus* en *Pseudophonus* aan toe.

Grote loopkevers, wanneer in voldoende dichtheden, kunnen ook een effectieve predator zijn van larven en eitjes van de coloradokever (Kromp, 1999 en referenties daarin). *Carabus* soorten waren in staat de schade door coloradokevers met een derde te verminderen in vergelijking met plots zonder kevers. Helaas zijn *Carabus* soorten in veel Europese landbouwgebieden aan het verdwijnen (Kromp, 1999). Als met habitatmanagement deze soort kan worden teruggebracht kan die weer bijdragen aan de beheersing van coloradokevers.

Scherney (1961, geciteerd in Kromp, 1999) vond dat larven en poppen van de koolzaadglanskever effectief werden gepredeerd door de roodbruine graver *Clivina fossor*. In een laboratoriumexperiment werden tot tweederde van de populatie larven en poppen van deze plaag die tot 6-7 cm diepte in de grond werden verstopt door de loopkever opgegeten. Basedow (1973, geciteerd in Kromp, 1999) zag meer dan eenderde reductie in het veld van de koolzaadglanskever, waarschijnlijk door predatie van in de grond verpoppende larven door bodempredatoren. Kevers en larven van *C. fossor* leven overwegend van dood organisch materiaal, maar bij uitzondering kunnen levende planten worden aangetast (IRS).

Kortschildkevers

Een tweede grote groep bodempredatoren zijn de kortschildkevers. Kortschildkeverlarven en volwassen kevers eten andere insecten of leven van organisch afval. Een opvallende groep zijn soorten van het genus *Aleochara* waarvan de larven andere insecten parasiteren in de bodem. *A. bilineata* en *A. bipustulata* zijn twee belangrijke natuurlijke vijanden van de koolvlieg (Fournet et al., 2000). De algemene biologie van beide *Aleochara*-soorten is vergelijkbaar. Volwassen kevers voeden zich met eieren en larven van de koolvlieg en andere vliegen. De larven parasiteren poppen van de koolvlieg, verschillende andere bloemvliegen (waaronder o.a. het geslacht *Delia* valt) en een paar andere Diptera. Volwassen *Aleochara*-vrouwtjes leggen eieren in de buurt van de vliegenpoppen. De pas uitgekomen larven overleven alleen als ze snel poppen vinden van de plaagvliegen. De larven vreten zich de pop in en voeden zich met de gastheerpop en ondergaan drie larven stadia vóór ze verpoppen. Volwassen kortschildkevers komen uit de gastheerpop en kunnen onmiddellijk paren; ze zijn langlevend en vrouwtjes leggen kort na het paren en tot het einde van hun leven eieren in de bodem. Volwassenen van beide soorten vliegen wanneer de temperatuur en lichtomstandigheden gunstig zijn. De adulte *A. bilineata* kunnen zich tenminste 5 km verspreiden (Tomlin et al., 1992). Overwintering vindt plaats in de poppen van de (kool)vlieg. In 1960 is onderzoek uitgevoerd naar natuurlijke vijanden in kool in Nederland (Abu Yaman, 1960, Varis, 1989). De belangrijkste parasieten die voortkwamen uit koolvliegpoppen waren *Aleochara bilineata* en *A. bipustulata* en de sluipwesp *Cothonaspis rapae* (nu *Trybliographa rapae*, parasieten van de koolvliegmaden). Deze belangrijke parasieten veroorzaakten samen een parasiteringspercentage van 5,5-38% van het aantal poppen. Eén *A. bilineata* kever kan in zijn leven meer dan 600 eitjes en 60 larven van de koolvlieg eten en elk vrouwtje legt in haar leven ongeveer 700 eitjes waarvan de larven na uitkomen op zoek gaan naar

koolvliegpoppen om die van binnenuit op te eten (Broatch et al., 2010). Parasitering van de koolvlieg door larven van kortschildkevers heeft veel aandacht gehad in de literatuur en er zijn waarnemingen van 90 tot 96% parasitering van de poppen (zie discussie in Finch en Collier, 1984). In een driejarig veldexperiment om populaties natuurlijke vijanden van de koolvlieg te bevorderen met meerjarige randen leidde dit echter niet tot een hogere parasitering van koolvliegpoppen (Nilsson et al., 2016). In tegendeel, een hogere mate van parasitering werd waargenomen in het controle veld zonder akkerranden. Een mogelijke verklaring kan zijn dat met de akkerranden ook de loopkeverpopulatie is gestimuleerd. Met name de grote loopkevers kunnen makkelijk de kleinere kortschildkevers eten en zodoende de natuurlijke bestrijding van de koolvlieg tegenwerken (Prasad & Snyder, 2004).

Spinnen

De derde grote groep grondpredatoren zijn de spinnen. Spinnen reageren sterk op diversificatie van het landschap, maar worden verondersteld in de randen te blijven en niet snel het veld in te trekken (Sunderland & Samu, 2000). De meest effectieve bijdrage aan gewasbescherming is te verwachten in percelen waar het habitat voor spinnen is verbeterd door gewasdiversificatie (Sunderland & Samu, 2000).

Weekschildkevers

Weekschildkevers (soldaatkevers) worden in grote aantallen op schermbloemigen aangetroffen. De larven prederen onder andere op de larven van snuitkevers die vrij oppervlakkig onder het bodemoppervlak leven, over de impact van deze kevers op bodemplaaginsecten is weinig bekend.

Mijten en sluipwespen

Andere groepen natuurlijke vijanden die bijdragen aan het beheersen van de genoemde bodemplagen zijn mijten en sluipwespen. Mijten prederen op andere mijten, trips en springstaarten. Alle bodemplagen kennen parasiterende sluipwespen en die kunnen worden gestimuleerd door (meerjarige) randen aan te leggen met bloemen (Stephens et al., 1998; Frank & Shrewsbury, 2004) of door minimale grondbewerking waardoor meer bloeiende onkruiden op de akker staan (Norris & Kogan, 2000). Veel parasitoïdesoorten overwinteren in de grond van het koolzaadveld (Williams, 2010), waaronder sluipwespen gericht op de koolzaadglanskever. De gewone keverdoder gaat actief de bodem in op zoek naar engerlingen van de rozenkever, en legt een ei op het lichaam van de engerling. Op een graslandperceel werd 28% parasitering van rozenkeverengerlingen waargenomen (Van Rozen et al., 2015). Ook de aspergekever kent een specifieke sluipwesp (*Tetrastichus coeruleus*, vroeger *Tetrastichus asparagi*) die de eieren van de aspergekever parasiteren en als larve en sluipwesp in de bodem in de pop voorkomt (Johnston, 1915). Voor een optimale werking van sluipwespen is de beschikbaarheid van voldoende voedsel nabij het perceel noodzakelijk. Het aanleggen van randen hoeft niet altijd te leiden tot een hogere parasitering van de plaag. Nilsson et al. (2016) zag bijvoorbeeld wel een verhoging van het aantal sluipwespen in de buurt van koolveldjes met meerjarige randen, maar vond geen hogere parasitering van koolvlieglarven. De auteurs schrijven dit toe aan het zoekgedrag van de sluipwespen en een hogere dichtheid van larven in het controleveldje. Sluipwespen gebruiken geurstoffen om hun gastheer te lokaliseren, en het manipuleren van het zoekgedrag van sluipwespen door geurstoffen te verspreiden kan een methode zijn om plaagbestrijding te optimaliseren (Xu et al., 2018).

Het stimuleren van meer biodiversiteit leidt niet altijd tot betere plaagonderdrukking en het is daarom nodig te begrijpen welke mechanismen betrokken zijn (Ratnadass et al., 2012). Eén aspect is dat predatoren en parasitoïden ook elkaar bestrijden. Hyperparasitoïden zijn hiervan een voorbeeld die in de kasteelt voor behoorlijke reductie kunnen zorgen van de parasitoïden van bladluizen (De Boer et al., 2020). Hetzelfde geldt voor grotere soorten loopkevers die kleinere soorten eten en zodoende de natuurlijke vijand van bijvoorbeeld *Delia* vliegen reduceren (Prasad en Snyder, 2004). Ook vogels (Boesing et al., 2017; Parasharya et al., 1994; Vlug, 2011), zoogdieren en wespen (Vlug, 2011) spelen een rol in het voedselweb, maar hun effect op plaagonderdrukking in Nederland is nog weinig onderzocht. In grasland gaat plaaginsectenvraat door vogels en zoogdieren vaak gepaard met schade aan het gras; een positieve uitzondering hierop is de spreeuw (East & Pottinger, 1975).

1.3.4 Biologische bestrijding

Biologische bestrijding van insectenplagen heeft de afgelopen vijftig jaar een enorme vlucht genomen met wereldwijd een groot palet aan natuurlijke vijanden van plagen (Van Lenteren et al., 2018). Deze aanpak wordt echter in Nederland vrijwel uitsluitend in gesloten teelten toegepast. Klimaat- en oppervlakteverschillen tussen gesloten en open teelten en het vermogen om weg te vliegen bij gebrek aan plaaginsecten zijn factoren die hierin een rol spelen, evenals verschillen in saldo tussen bedekte en onbedekte teelt. De zoektocht naar nieuwe lokale biologische bestrijders voor de open teelten is in Nederland daarom nog niet goed op gang gekomen m.u.v. roofmijten, entomopathogene nematoden en vleugellose lieveheersbeestjes. In de bodem zijn verder lokale soorten entomopathogene nematoden en schimmels bekend, maar onderzoek naar toepassingen hiermee is zeer beperkt.

Beschikbare producten voor biologische bestrijding in de open teelt beperken zich op dit moment tot micro-organismen voor de bestrijding van ritnaalden, emelt, engerling, kool- en wortelvlieg, trips en slakken (Tabel 2). Voor de uienvlieg is een steriele insectentechniek (SIT) beschikbaar, een methode waarmee een kweek mannelijke insecten kunstmatig worden gesteriliseerd en uitgezet om hiermee het paringssucces van de specifieke plaag te verlagen. Verder wordt uienolie ingezet om wortelvlieg te verjagen.

Tabel 2 Overzicht van organismen die worden gebruikt voor biologische bestrijding van de in Tabel 1 genoemde bodemplagen. Overgenomen uit Kergunteuil et al. (2016) aangevuld met producten beschikbaar op de Nederlandse markt.

Bodemplaag	Bacterie	Schimmel	Nematode
Ritnaalden		<i>Metarhizium brunneum</i>	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> <i>Heterorhabditis marelatus</i> <i>Steinernema carpocapsae</i>
Koolvlieg, Wortelvlieg		<i>Metarhizium anisopliae</i>	
Emelt	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i>	<i>Metarhizium robertsii</i>	<i>Steinernema feltiae</i> (R)
Engerling rozenkever			<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (R)
Trips		<i>Beauveria bassiana</i> (R)	<i>Steinernema feltiae</i> (R)
Slakken			<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i> (R)

(R) = Geregistreerd product in Nederland.

La Forgia & Verheggen (2019) geven een review van onderzoeken die zijn gedaan aan biologische alternatieven voor het bestrijden van ritnaalden. Zij concluderen dat micro-organismen (aaltjes en schimmels) hun effectiviteit hebben laten zien en veelbelovend zijn om ritnaalden te bestrijden. Lokstoffen voor de ritnaalden kunnen de effectiviteit en specificiteit van de natuurlijke bestrijders vergroten, samen met informatie over de distributie en gedrag van ritnaalden voor een optimale timing van de ingreep (La Forgia en Verheggen, 2019; La Forgia et al., 2020). Daar waar onderzoek plaatsvindt naar biologische bestrijders van ritnaalden is de vertaalslag naar een veld de uitdaging.

1.3.5 Grondbewerking

Grondbewerkingen kunnen nadelig zijn voor zowel de in de bodem levende plaag als de predator en de uitkomst is niet altijd eenduidig. Over het algemeen draagt gereduceerde grondbewerking bij aan het beheersen van plagen door een toename van de populatie natuurlijke vijanden, maar de resultaten zijn afhankelijk van het gewas en de plaag (Alyokhin et al., 2020). Edwards (1975) zag een toename van slakken en ritnaalden in graan en koolzaad waar niet werd geploegd ten opzichte van de controle waar wel werd geploegd. Ritnaaldpopulaties waren twee tot drie keer hoger in continue teelt van graan of in graan volgend op grasland. Slakken waren met name een probleem gedurende milde en natte winters als koolzaad in de rotatie was opgenomen.

Jonge stadia van ritnaalden zijn gevoelig voor uitdroging en een strategische timing van grondbewerking kan helpen de populatie te onderdrukken. Eitjes worden in het late voorjaar afgezet

en een grondbewerking in die periode verhoogt de sterfte door uitdroging, mechanische verwonding of door predatie. Hetzelfde geldt voor een grondbewerking in de late zomer die de larven aantast die op dat moment in de bovenste laag van de bodem zitten. Tijdens de zomer en winter zitten de larven dieper in een onbeteelde bodem en heeft grondbewerking minder effect (Barsics et al., 2013 en referenties daarin). Het helpt ook om tegen het eind van het voorjaar velden te ontwateren als deze nog vochtig zijn, omdat zo de aantrekkelijkheid voor eileg vermindert (Barsics et al., 2013).

De bonenvlieg (*D. platura*) houdt van rottend plantmateriaal en bodems met veel dood plantmateriaal kan vrouwtjes aantrekken om eitjes af te zetten (Qiu et al., 2013). Zowel goed onderwerken (van Rozen & Vlaswinkel, 2014) als geen grondbewerking hadden negatieve invloed op de bonenvlieg in vergelijking met oppervlakkige grondbewerking (Regan, 2019). Stinner en House (1990) bevestigen dat het half onderwerken van gewasresten, en met name als deze nog groen zijn, de bonenvliegpopulatie bevordert. Het moment van zaaien na een grondbewerking heeft ook invloed op schade door de bonenvlieg. Inzaaien 2 tot 3 weken na de grondbewerking resulteerde in minder schade dan als er binnen 1,5 week na de grondbewerking werd gezaaid. In het eerste geval waren de larven reeds verpopt en konden dus geen schade meer brengen aan het gewas (Qiu et al. 2013; Van Rozen & Vlaswinkel, 2014).

Grondbewerking zowel in het voorjaar als in het najaar had een negatief effect op de koolvlieg in koolzaad (Doddall et al., 1996). Voor *Delia floralis* was het effect het grootst bij grondbewerking in het najaar, voor *D. radicum* maakte het moment van grondbewerking niet uit.

Grondbewerkingen zoals wieden verstoren ook de populatie op de grond levende predatoren en worden verondersteld op die manier een negatief effect te hebben op het beheersen van bodemplagen. Hoewel het negatieve effect van grondbewerking op bodempredatoren meermalen is aangetoond (Mesmin et al. 2020, meerdere referenties), is de doorwerking op het beheersen van bodemplagen weinig onderzocht. Mesmin et al. (2020) zag dat de populatie loopkevers die (deels) als larve overwinteren het laagst was bij oppervlakkige grondbewerking (harken) in het voorjaar in tegenstelling tot als de grond vooraf geploegd was, maar zag geen effect van grondbewerking op het onderdrukken van de koolvlieg in kool. Met name spinnen zijn gevoelig voor grondbewerking, meer dan loopkevers en kortschildkevers (Thorbek & Bilde, 2004). Het laten liggen van maaisel na maaien van gras-klaver was bevorderlijk om de populatie spinnen in het veld te houden. Het aanbrengen van randen rondom het perceel draagt bij aan een snellere herkolonisatie van het veld.

Vosman & Faber (2011) vatten een literatuurstudie samen van Geerts et al. (2009) waarin is gekeken naar de relatie tussen grondbewerkingen en de dichtheden van bodemmijten en bodemroofmijten. In vrijwel alle studies wordt aangegeven dat de overvloed (abundantie) van roofmijten meer afneemt na ploegen dan na een beperkte grondbewerking zoals eggen. In ongestoorde grond, die dus niet is bewerkt, is de overvloed aan roofmijten het grootst (Geerts et al., 2009). Het effect van bodembewerking op de overvloed van roofmijten is vaak direct na de eerste grondbewerking het grootst. In de meeste studies is de grondbewerking uitgevoerd in het voorjaar en soms in de zomer. De grondbewerking op zichzelf, en de mate van verstoring, lijken belangrijker dan het tijdstip van de grondbewerking. Verder hebben zware machines een negatief effect op de aanwezigheid van roofmijten door verdichting van de bodem.

1.3.6 Bodemeigenschappen

De meest bepalende factor die bodemplaagpopulaties beïnvloedt is bodemvochtigheid die nauw is gerelateerd aan bodemtemperatuur (Barnett & Johnson, 2013). Op de tweede plaats staan bodemtextuur en -structuur die bepalend zijn voor de mobiliteit van bodemorganismen. Maatregelen die de grond helpen uitdrogen als er geen gewas op staat kunnen bijdragen aan het onderdrukken van bodemplaagpopulaties.

Compactere bodems veroorzaken een hogere mortaliteit van larven en als gevolg hiervan leggen volwassen insecten hun eitjes af in luchtigere bodems waar verplaatsing van de larven makkelijker is (Barnett en Johnson, 2013). Schade door springstaarten is afhankelijk van bodemdichtheid. Hoe losser, hoe meer schade omdat ze zich beter kunnen bewegen (Cooke, 1992). De textuur van de bodem kan ook bepalend zijn voor eiafzet zoals voor de koolvlieg is gevonden. De koolvlieg

(*D. radicum*) had een voorkeur voor eiafzet in bodems met een deeltjesgrootte tussen 0,6 en 0,8 mm (Barnett & Johnson, 2013, en referenties daarin). Een dergelijke voorkeur lijkt ook van toepassing op de bietenvlieg, die de meeste schade doet op zavelgronden rondom Zonnemaire (Zeeland), in het westen van de NOP en rondom Kollumerwaard/Usquert, allemaal vergelijkbare grondsoorten (Raaijmakers, pers. comm.).

De zuurgraad van de bodem speelt ook een rol. Over het algemeen lijken licht zure gronden populaties bodemplagen te stimuleren (Barnett en Johnson, 2013, en referenties daarin). Ritnaalden hebben voorkeur voor vochtige, humusrijke en zure gronden (Qiu et al. 2013), terwijl engerlingen op typische veengronden nauwelijks voorkomen. Vanuit de veenkoloniën met een hoog organischestofgehalte komen bij IRS relatief weinig meldingen van problemen met bodemplagen vandaan (Raaijmakers, pers. comm.).

Bodembemesting heeft in de meeste gevallen een stimulerende invloed op bodemplaagpopulaties, omdat het de kwaliteit van de plant verbetert. Ook de optimalisatie van nutriëntenbeschikbaarheid speelt hierin mee (Dordas, 2008). In het algemeen geldt dat traag opkomende gewassen langer blootgesteld staan aan vraat, waardoor meer en sneller een economische schadedrempel wordt overschreden. Ritnaalden daarentegen worden negatief beïnvloed door het langdurig toedienen van kunstmest aan grasland (Edwards, 1977). De reden hiervoor wordt niet gegeven, maar zou er mee te maken kunnen hebben dat de botanische samenstelling eenzijdiger werd. Het toevoegen van silicium verbetert de groei van planten in bodems met een lage hoeveelheid oplosbaar silicium, wat leidt tot een betere weerstand tegen plaaginsecten (Dordas, 2008).

Voor generalistische plagen kan gewaswisseling een indirect effect hebben op de populatieomvang van die plagen. Tabakstrips komt bijvoorbeeld af op uien met hoog stikstofgehalte en het telen van een gewas voorafgaand aan de uien dat veel stikstof uit de bodem trekt kan daarmee bijdragen aan het beheersen van trips in het volgende gewas (Buckland et al., 2013).

1.3.7 Overige maatregelen tegen bodemplagen

Inundatie

Het onder water zetten van land wordt vooralsnog gebruikt om ziekten of aaltjes te bestrijden. Inunderen is effectief gebleken tegen rupsen, engerlingen en ritnaalden. De effectiviteit is van vele factoren afhankelijk, waaronder behandelingsduur, temperatuur, bodemtype, zoutgehalte, soort en levensstadium (van Herk & Vernon, 2006; meerdere referenties). De effectiviteit van inundatie onder Nederlandse omstandigheden is nauwelijks onderzocht.

Anaerobe grondontsmetting

Bij anaerobe grondontsmetting wordt een makkelijk afbreekbare vorm van organische stof in grote hoeveelheid door de bodem gemengd, die vervolgens met voldoende vocht voor twee tot zes weken wordt afgedekt met luchtdichte plastic. De vertering van het organisch materiaal onttrekt zuurstof aan de bodem waardoor anaerobe omstandigheden ontstaan; daarnaast zorgen afbraakproducten van deze organische stof voor aanvullende sterfte van een fors aantal bodempathogenen waaronder een aantal aaltjessoorten (Lamers & Van Os, 2016). Dit proces wordt anaerobe grondontsmetting genoemd en met de Engelse afkorting ASD (Anaerobic Soil Disinfestation) aangeduid (zie website Best4Soil). Runia et al. (2014) toonde aan dat het mogelijk is om in de bodem aanwezige poppen van de blauwe aspergekever af te doden met anaerobe grondontsmetting, waarbij na toepassing van het middel 'Herbie' (een restproduct van de voedselverwerkende industrie) – als alternatief voor vers organisch materiaal – het gewas werd afgedekt met folie. Verder is anaerobe grondontsmetting effectief voor het beheersen van koolvlieg (Nieto et al., 2019) en wortelduizendpoot (Lamers & Van Os, 2016).

Solarisatie

Bij bodemsolarisatie wordt gebruik gemaakt van zonnewarmte en folie. In zuidelijke landen wordt deze methode met succes toegepast. De temperatuur in de bouwvoor wordt bij deze methode een aantal weken sterk opgevoerd (Meijer et al., 2004). Hoewel bodemsolarisatie geclaimd wordt ook bodeminsecten negatief te beïnvloeden (Gamliel et al., 2000) zijn er weinig studies over te vinden in

de literatuur. Ook is de werking van deze methode onder Nederlandse omstandigheden te gering omdat onvoldoende hoge temperaturen worden bereikt.

Biofumigatie

Bij biofumigatie komen de giftige gassen vrij na het hakselen en inwerken van glucosinolaathoudende gewassen in de bodem. Semi-veldonderzoek leidde tot een significante reductie van de ritnaaldpopulatie na het inwerken van 2-5 mm kleine stukken glucosinolaat bevattende gewasresten (Furlan et al., 2009). Veldonderzoek waarbij ontvet zaadmeel van Ethiopische mosterd (*Brassica carinata*) met glucosinolaat in de bodem werd gewerkt leidde tot een significante afdoding van ritnaalden, maar het product moet in een voldoende hoge dosering snel en homogeen worden toegepast bij de juiste temperatuur en vochtigheid. Daarbij is toepassing op het moment dat de ritnaalden in de bovenste 20 cm van de bodemlaag zitten van belang om een voldoende deel van de populatie af te doden (Furlan et al., 2010). Aangegeven wordt dat zaadmeel ingezet kan worden tegen het eerste larvale stadium, en hiermee mogelijk bijdraagt aan populatiebeheersing (Furlan et al., 2010). Vanuit deze context zou zaadmeel ook in combinatie met andere maatregelen een bijdrage kunnen leveren, bijvoorbeeld in combinatie met grondbewerkingen rondom de jongste ritnaaldstadia. De kosten van dergelijk zaadmeel zijn echter hoog. Biofumigatie tegen bodemziekten en aaltjes in het veld valt vaak tegen door de lage concentratie isothiocyanaten die vrijkomt en de korte tijd dat deze stoffen aanwezig zijn in de grond. Positieve effecten van biofumigatie op ziekteverwekkers worden veroorzaakt door het groenbemestingseffect (verbeterde bodemstructuur, hogere organische stof en beschikbaarheid van nutriënten), en niet door het ontsmettingseffect (Visser & Van Os, 2016). Om het perspectief voor biofumigatie te verbeteren zou gebruik gemaakt moeten worden van glucosinolaathoudende gewassen/rassen die resistent zijn tegen aaltjes, veel hogere gehalten van glucosinolaten én myrosinase in het gewas, grotere groeikracht van het gewas voor meer biomassa onder Nederlandse omstandigheden en een betere omzettingsefficiëntie door volledige celdisruptie met betere technieken om te klepelen en in te werken (Visser & Van Os, 2016).

Vanggewassen

Voor het beheersen van bovengrondse plagen kunnen soms vanggewassen worden ingezet. Deze zijn aantrekkelijker dan het hoofdgewas en houden zo de plaag bij het gewas weg. Vanggewassen worden doorgaans langs een akker geplant. In de akker kan een derde soort worden toegevoegd die afstotende werking heeft op de plaag, wat een push-pull strategie oplevert. Voor bodemplagen is deze techniek van push-pull minder onderzocht. In Nederland werden engerlingen geweerd uit een boomteelt van *Carpinus* als er ondergezaaid was met *Tanacetum vulgare* (boerenwormkruid) en als de engerlingen elders heen konden kruipen om gras- of onbehandelde *Carpinus* wortels te eten (Rob van Tol, 2020 pers. comm.).

Vernon et al. (2016) zaaide graan tussen de aardappelen en had het zaad met een systemisch insecticide behandeld. Hij zag hierdoor een grote reductie van ritnaalden tot wel 100%. Zo kon met zeer weinig actieve stof een sterk effect behaald worden.

Lamy et al. (2018) ontwikkelde een push-pull strategie voor de koolvlieg door Chinese kool rondom de kool te planten en deze te behandelen met een attractant die vrouwtjesvliegen aantrok om eitjes af te zetten. De broccoli werd behandeld met een repellent. Technisch was het mogelijk om op deze manier minder ei-afzet te realiseren op de broccoli.

Ritnaalden hebben een voorkeur voor soorten uit de weegbree- en asterfamilie, zelfs nog meer dan grassen (Wallinger et al. 2014). Schermbloemigen daarentegen worden vermeden.

Biostimulanten en bodemverbeteraars

De definities van biostimulanten en bodemverbeteraars zijn kort geleden beschreven in de Fertilizer Product Regulation (FPR) van de EU, die medio 2022 van kracht wordt. Biostimulanten zijn middelen die één of meer van de volgende eigenschappen hebben op planten: ze verhogen de efficiëntie van voedingsstoffen, verhogen tolerantie tegen abiotische stress, verhogen de kwaliteit van de plant en verhogen de beschikbaarheid van nutriënten. Microbiële biostimulanten behoren tot een van de volgende organismen: met peulvruchten in symbiose levende stikstofbindende bacteriën (*Rhizobium*), vrijlevende stikstofbindende bacteriën (*Azotobacter* en *Azospirillum*) en Mycorrhiza-schimmels.

Volgens de FPR kunnen producenten aan deze lijst nieuwe organismen toevoegen. Bodemverbeteraars zijn middelen die de fysische, chemische of biotische eigenschappen van de bodem verbeteren.

Een direct verband tussen biostimulanten en bodemverbeteraars op het onderdrukken van bodemplagen is lastig aan te tonen. Het verbeteren van de kwaliteit van de bodem heeft een gunstige invloed op plantgroei en -ontwikkeling en kan zowel de plaagpopulatie als de natuurlijke vijanden stimuleren. Door de vitaliteit van het hele systeem te verbeteren wordt verondersteld dat de plant weerbaarder is tegen plagen en is er meer natuurlijke regulatie van het plaagorganisme. Zaai- of planttijdstip speelt hierin ook een rol. Bij vroeg zaaien van bijvoorbeeld suikerbieten is het vaak nog wat kouder en vochtiger en groeien de suikerbieten trager. Alle bodemplagen (bietenkevers, springstaarten, wortelduizendpoten, miljoenpoten, emelten, ritnaalden) veroorzaken dan allemaal meer schade, dan wanneer het wat warmer is en de bieten zich sneller ontwikkelen.

Hygiëne

Schoon oogsten en opslagplanten voorkomen resulteert in minder gunstige bodemomstandigheden voor bodemplagen in de winter. Voorbeelden zijn wortelvlieg en bietenkever, die op de plantenresten doorleven. Aardappelopslag in graan of suikerbieten is ongewenst als bron van ziekten, maar zou de verspreiding van Coloradokevers vanuit een bronperceel met opslag wel vertragen naar nieuwe aardappelgewassen.

1.3.8 Synergie bodemweerbaarheid en bodemgezondheidsmaatregelen

De weerbaarheid van een bodem tegen bodemplagen kan worden verhoogd door bodemgezondheidsmaatregelen die voorkómen dat bodemplagen zich ontwikkelen tot schadelijke dichtheden en door het stimuleren van een populatie predatoren, parasitoïden en entomopathogene schimmels en nematoden. Bodemplagen kennen veelal een bovengrondse levensfase. Bovengrondse maatregelen zijn belangrijk om plaagdichtheden laag te houden, vooral in situaties waar bodemgezondheidsmaatregelen onvoldoende soelaas bieden.

Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste redenen met voorbeelden per bodemgezondheidsmaatregel waarom deze maatregelen de weerbaarheid tegen bodeminsectenplagen kan verhogen:

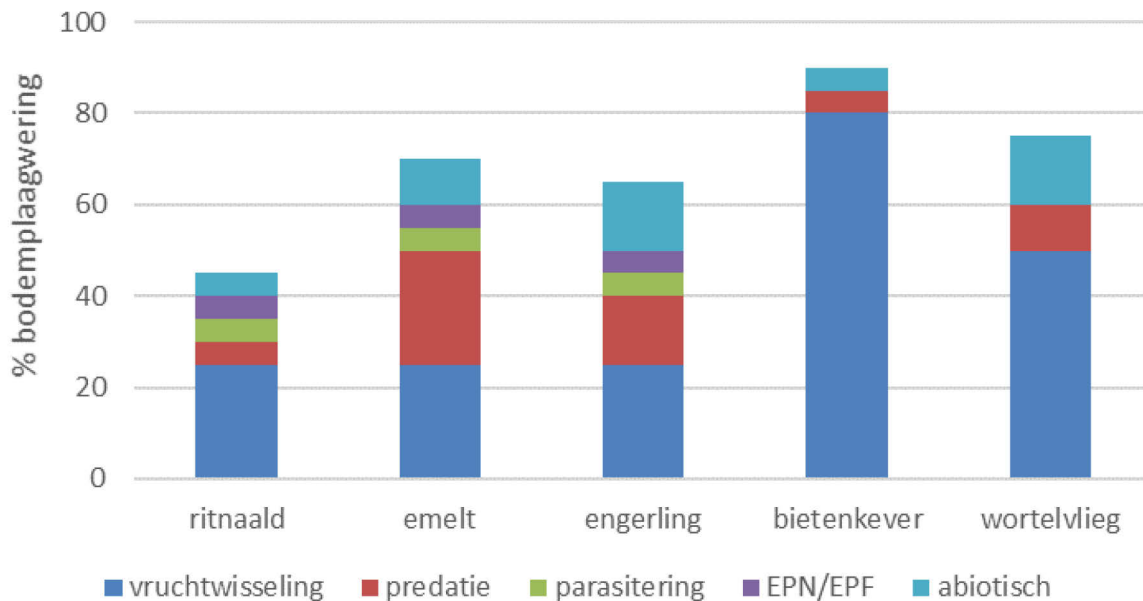
1. Vruchtwisseling:
 - a. Door het in opeenvolgende jaren afwisselen van waardplanten en niet-waardplanten wordt voorkomen dat eitjes continu worden afgezet op hetzelfde perceel (kniptorren, meikevers, langpootmuggen en verschillende plaagvliegen).
 - b. Door het afstand houden tussen waardplantpercelen van het vorig jaar arriveren sommige bodemplagen later in nieuwe waardplantpercelen, waardoor het gevoelige, jonge plantstadium (deels) voorbij kan zijn (bietenkever) of dat schade aan de nieuwe waardplant wordt vertraagd (Coloradokever).
 - c. Telen van resistente rassen van een waardplant (koolrassen vertonen verschillende gevoeligheid tegen koolvlieg; bonenspintmijt veroorzaakt schade in beperkt aantal aardappelrassen).
 - d. Beperken van gras in de rotatie of nagaan hoe direct na de oogst van graszaad of graan de plaagpopulatie kan worden verlaagd met bijvoorbeeld grondbewerking.
 - e. Keuze van groenbemester afstemmen op vervolggewas.
2. Organische-stof toevoegingen:
 - a. Organische bemesting verlaagd voedingskwaliteit van de plant voor bovengrondse insecten, mogelijk heeft dit ook effect op ondergrondse plagen.
 - b. Bepaalde plagen kunnen worden bevorderd door toevoegen van organische-stof (bonenvlieg, springstaarten, duizendpoten, miljoenpoten).
 - c. Goede groeiomstandigheden verkorten de periode waarin kiemende planten blootgesteld staan aan bodemplagen (algehele aanpak bodemplagen).
3. Natuurlijke plaagbeheersing:
 - a. Buiten de akkers optimaliseren van habitat voor bodempredatoren en parasitoïden kan bijdragen aan een snellere (her)kolonisatie van de akker na een verstoring.

-
- b. Bloemenranden en struweel stimuleren sluipwespen die onder meer bodemplagen kunnen parasiteren.
 - c. Er zijn veel natuurlijke bestrijders van bodemplagen, maar het complex van interacties tussen soorten werkt een doeltreffende bestrijding soms tegen.
4. Biologische bestrijding:
- a. Er zijn producten op de markt op basis van micro-organismen voor de bestrijding van ritnaalden, emelt, engerling, trips, slakken, kool- en wortelvlieg. Voor de uienvlieg is een steriele insectentechniek (SIT) beschikbaar.
 - b. Onderzoek naar nieuwe lokale biologische bestrijders voor de open teelten is in Nederland nog niet goed op gang gekomen m.u.v. roofmijten, entomopathogene nematoden en vleugelloze lieveheersbeestjes.
 - c. Er is potentieel voor meer producten op basis van biologische bestrijding, maar de vertaalslag naar de praktijk is de uitdaging.
5. Grondbewerking:
- a. Grondbewerkingen kunnen nadelig zijn voor zowel in de bodem levende plaag als predator en de uitkomst is niet altijd eenduidig.
 - b. Jonge stadia van ritnaalden zijn gevoelig voor uitdroging en een strategische timing van grondbewerking kan helpen de populatie te onderdrukken.
 - c. Verstoren en uitdrogen van de bodemtoplaag, om ei- en (jonge) larvale stadia te beschadigen of af te doden op specifieke momenten (algehele aanpak bodemplagen).
 - d. Goed onderwerken van gewasresten voorkomt problemen met de bonenvlieg.
6. Bodemeigenschappen:
- a. Over het algemeen zijn bodemeigenschappen die plantengroei bevorderen ook bevorderend voor bodemplagen.
 - b. Door het wegnemen van plantstress bevorderende omstandigheden, zoals verdichte bodemplagen, slechte zuurstofvoorziening en nutriëntengebrek verhogen de weerbaarheid van planten tegen plagen.
 - c. Maatregelen die de grond helpen uitdrogen als er geen gewas op staat kunnen bijdragen aan het onderdrukken van bodemplaagpopulaties.
 - d. De bodem bevat veel silicium. Echter, het toevoegen van silicium verbetert de groei van planten met een lage hoeveelheid oplosbaar silicium, wat leidt tot o.a. een verbeterde groei en weerstand tegen plaaginsecten.
7. Overige maatregelen:
- a. Inundatie kan ritnaalden bestrijden door het veld in de zomer of vroege herfst onder water te zetten als er hogere temperaturen zijn. Effectiviteit tegen andere bodemplagen is niet onderzocht.
 - b. Anaerobe grondontsmetting is effectief tegen koolvlieg en wortelduizendpoot.
 - c. Biofumigatie; de huidige indruk is dat de effecten hiervan vooral de groenbemesterseffecten betreffen.
 - d. Vanggewassen (push-pull strategieën) hebben specifieke toepassingen voor bestrijden van bodemplagen.

Naast de gangbare teelt zijn er alternatieve teeltsystemen waar een ander bodembeheer wordt uitgevoerd. Voorstanders van biologische landbouw hebben reeds lang aangegeven dat plaaguitbraken worden verminderd door biologische landbouwpraktijken, met inbegrip van het maken en in stand houden van "gezonde" grond. Minimale grondbewerking, of niet-kerende grondbewerking, is een bodembeheerbenadering die tot doel heeft de frequentie of intensiteit van grondbewerkingen te minimaliseren voor behoud van bodemkwaliteit en vochtretentie. Dit gebeurt vaak in combinatie met het bedekt houden van de bodem en mechanische onkruidbestrijding. Minimale grondbewerking kan zowel dichtheden plaaginsecten als natuurlijke vijanden en diversiteit beïnvloeden (Zehnder, 2007). Biologische landbouw creëert omstandigheden waarbij populaties van predatoren en antagonisten zo min mogelijk worden verstoord en dat draagt bij tot een opbouw van bodemweerbaarheid. Ook in dergelijks teeltsystemen bestaan echter bodemplagen; een one-size-fits-all aanpak is er niet.

Plaagonderdrukking is veelal het gevolg van een optelsom van meerdere mechanismen. Zo kan vermeerdering van de bodemplaag tegengegaan worden door vruchtwisseling met niet-waardplanten en er zijn abiotische aspecten die zorgen voor een verminderde vermeerdering van de plaag.

Bovendien kunnen er diverse predatoren, parasitoïden, entomopathogene schimmels en nematoden in de bodem aanwezig zijn die de plaagpopulatie reduceren. Hoe belangrijk deze verschillende aspecten kunnen zijn verschilt per bodemplaag. Een conceptueel voorbeeld van hoe bodemplaagwering uit verschillende aspecten kan zijn opgebouwd is voor vijf bodemplaaginsecten weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Conceptuele weergave van aspecten die kunnen bijdragen aan plaagonderdrukking van vijf bodemplagen gebaseerd op expert judgement. ENP/EPF staat voor entomopathogene nematode of schimmel.

1.4 Bodemplaaginsecten en bovengronds levensstadium

Anders dan voor veel bodempathogenen hebben bodemplagen meestal ook een bovengronds levensstadium. Het is voor beheersing van bodemplagen dan ook mogelijk om bodemgezondheidsmaatregelen aan te vullen met maatregelen op de bovengrondse levensfase. Sommige plagen hebben een korte levensfase in de bodem (bijvoorbeeld tabakstrips alleen als pop) en andere hebben een veel langer stadium in de bodem en slechts een korte levensfase bovengronds (engerling/meikever, ritnaald/kniptor) waarbij de bovengrondse fase het reproductieve ontwikkelingsstadium omvat. Het aanpakken van dit reproductieve stadium bovengronds is een belangrijke aanvulling op bodemmaatregelen. Dit is vooral aan de orde als er onvoldoende fysische (abiotische) eigenschappen in de bodem zijn die dit ondergrondse stadium beperken (Barnett & Johnson 2013) en als biologische bestrijding of gewaskeuze (vruchtwisseling) geen soelaas biedt. Daarom hebben we voor een aantal belangrijke bodemplaaginsecten de opties van aanpak bovengronds gezet naast de bodemmaatregelen, welke verder per plaag in Hoofdstuk 2 worden behandeld. Het betreft:

1. Ritnaalden – in Nederland schadelijke soorten leven 3 tot 5 jaar in de bodem en hebben een kort reproductief stadium als kniptor bovengronds. De kniptor zet haar eieren af in gras en gras gerelateerde gewassen, waarna in volggewassen schade optreedt. De plaag (ritnaald) is behoorlijk polyfaag en de ritnaalden zijn tot nu toe met weinig succes te bestrijden met biologische middelen.
2. Vliegen (koolvlieg, wortelvlieg, bonenvlieg, bietenvlieg) – een diverse groep van vliegensoorten die eieren afzetten bij specifieke gewasgroepen. Het larvestadium beweegt in en om de wortels in de bodem, behalve de bietenvlieg (mineert in het blad). Ook hier moeten de vliegen in het voorjaar het gewas invliegen om eieren af te zetten.
3. Tabakstrips – een bovengrondse schadeveroorzaker, maar de verpoping vindt plaats in de bodem. Deze korte fase van activiteit in de bodem maakt het nemen van effectieve bodemmaatregelen mogelijk lastig.

2 Maatregelen tegen bodemplaaginsecten

In dit hoofdstuk worden per soort of groep bodemplagen de maatregelen besproken die in de literatuur zijn aangetroffen en waarvan een effect is waargenomen. Dit kan zowel lab- als veldonderzoek zijn geweest.

Per bodemplaaginsect worden de waardplantschema's gepresenteerd. Deze dienen als volgt gelezen te worden (Tabel 3, zie ook Qiu et al., 2013 <https://edepot.wur.nl/294276>):

- De kleur geeft informatie over de te verwachten schade (Tabel 3, links).
- De symbolen geven informatie over de vermeerdering (Tabel 3, rechts).

Tabel 3 Legenda bij de vruchtwisselingsschema's.

legenda schade		legenda vermeerdering	
	onbekend (0%)	?	onbekend
	geen (0-5%)	–	natuurlijke afname
	weinig (5-15%)	•	weinig toename
	matig (15-33%)	••	matige toename
	sterk (>33%)	•••	sterke toename
		*	afhankelijk van dood organisch materiaal

Niet alle schema's zijn in het geheel weergegeven; soms zijn alleen de waardplanten weergegeven en soms zijn de schema's geheel overgenomen wanneer het aantal niet-waardplanten beperkt is. De niet-waardplanten zijn terug te vinden in Qiu et al. (2013) (<https://edepot.wur.nl/294276>). Van enkele bodemplagen die niet in Qiu et al. (2013) worden genoemd is een aanzet gedaan voor een bodemplaagschema.

Voor de gewassen die bij de vruchtwisselingsschema's staan geldt dat als er alleen tarwe, gerst of koolzaad aangegeven wordt, de informatie betrekking heeft op zowel het winter- als zomergewas.

2.1 *Agriotes* spp. / *A. lineatus* / *A. obscurus* (gestreepte kniptor / donkere akkerkniptor)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	-
Suikerbiet	-
Ui	-
Maïs	•
Wintertarwe	••
Zomertarwe	•••
Wintergerst	••
Zomergerst	•••
Rogge	•••
Haver	•••
Triticale	•••
Luzerne	••
Winterkoolzaad	-
Zomerkoolzaad	-
Hennep	?
Cichorei	-
Erwt (conserven)	-
Stamslaboon	-
Veld-/tuinboon	-
Spinazie	-
Peen	-
Schorseneer	?
Prei	-
Witlof	?
Sluitkool	-
Aardbei	-
Asperge	-
Dahlia	-
Gladiool	-
Lelie	-
Tulp	-
Bladrammenas	?
Gele mosterd	-
Engels raaigras	••
Italiaans raaigras	••
Facelia	?
Witte klaver	-
Bladkool	-
Tagetes	?
Japane haver	••

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Ritnaalden vreten aan ondergrondse plantendelen, wat in een jong plantstadium leidt tot plantwegval en in een gevorderd plantstadium tot schade in te oogsten product. De belangrijkste ritnaaldsoorten in Nederland zijn *Agriotes lineatus* en *A. obscurus*. De adulte fase (kniptor) legt eitjes in grasland en grassige vegetaties. Dit leidt niet tot schade in grasland, maar soms wel in granen. Van oudsher gaat het om de ritnaaldschade die optreedt na gescheurd grasland waar vervolgens mais (veehouders) of andere akker- en tuinbouwgewassen geteeld worden. Dit heeft te maken met de levenscyclus; ruwweg drie tot vier jaar na ei-afzet leven de ritnaalden in de bodem, voordat ze transformeren tot de adulte kniptor. Akkerbouwers maken graag gebruik van een gescheurde grasmat om aardappelen te telen, i.v.m. de vertering van organische stof waar stikstof uit vrijkomt. Veehouders verhuren dergelijke – vaak enigszins veronkruidde – percelen graag een seizoen als tussenfase in graslandvernieuwing. Deze graslanden kunnen schadelijke dichtheden ritnaalden bevatten, wat leidt tot vraatschade aan de

aardappelen. Nauwere rotaties met graszaad, gras, gras-klaver en graan verhogen de kans op ritnaaldschade in volgteelten. Ritnaaldproblemen komen voor in een 1:3 graszaad-wintertarwe-aardappelen rotatie (Van Rozen et al., 2007). In granen zelf kan ook plantwegval door ritnaaldvraat optreden. In de biologische teelt is ritnaald één van de hoofdproblemen; één of twee jaar gras/klaver kan tot grote schade leiden in volggewassen. Grasklaver wordt vaak gezaaid na een vroege uien- of aardappelteelt en blijft dan 1,5 jaar (1:6) of 2,5 jaar (1:8) liggen. In beide rotaties kan een graanteelt voorkomen, maar het rustgewas kan ook ingevuld worden door een maaigewas als bonen of erwten. Groenbemesters worden zoveel mogelijk geteeld, eventueel onder dekvrucht. Te denken valt aan klaver onder zomertarwe of onder suikermais. Mogelijk speelt organische stof ook een rol. De laatste jaren wordt ook schade in mais gemeld op percelen zonder graslandhistorie. Dit heeft mogelijk te maken met de vanggewassen die tegenwoordig meer en meer gezaaid worden, tegelijkertijd met de mais. Hiernaar wordt momenteel onderzoek gedaan binnen de PPS Ruwvoer, Bodem & Kringlooplandbouw. Naast aardappelen kunnen de ondergrondse delen van veel gewassen door ritnaalden worden aangevreten. Ritnaalden komen op alle gronden voor. Ritnaalden bewegen zich onder invloed van bodemtemperatuur en -vocht verticaal in de bodem (Huiting & Van Rozen, 2011). Ritnaalden komen in de gehele bouwvoor voor en kunnen een rijtje kiemplanten aanvreten en weg laten vallen. Trage ontwikkeling door minder optimale teelt- en/of weersomstandigheden kan leiden tot meer schade, aangezien de plant langer in dit 'gevoelige' stadium verkeert. Bij schade aan oogstbaar product kan de schade hoger zijn op percelen die later worden geoogst. Voor de aanpak van ritnaalden kunnen twee situaties worden onderscheiden:

1. Schade na langjarig, gescheurd weiland/grasland in de volgteelten, aangezien in grasland geen schade optreedt en dus niets wordt ondernomen om de ritnaaldpopulatie te onderdrukken. Hierna kan tot 3 à 4 jaar na scheuren nog schade in volgteelten voorkomen. Dit zorgt voor ongemak bij tuin- en akkerbouwers van gehuurd grasland bij veehouders. Voor het telen van een gevoelig gewas is het inzetten van insecticiden (granulaat) tot nu toe de enige manier om ritnaaldproblemen te voorkomen.
2. Schade in akkerbouwrotaties waar 1:2 of 1:3 gras (graszaad, grasland, grasklavers) of granen geteeld worden. Hiervoor zijn mogelijk meer maatregelen te bedenken om schade te voorkomen (ruimere rotaties, beperken of het slim inzetten van het aantal monocotyle gewassen, grondbewerking).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vermijden van grasvegetaties en hiermee afzet van eitjes in het bouwplan is een belangrijke maatregel om problemen met ritnaalden te voorkomen.
- Gangbare akkerbouwrotaties (zonder gras) met graan in een 1:4 rotatie of ruimer leiden in het algemeen niet tot problemen met ritnaalden. Populaties ritnaalden nemen snel af in de akkerbouwteelt en het is ongewoon dat grote aantallen ritnaalden dan 3 à 4 jaar nog in de bodem voorkomen nadat grasland is geploegd (Parker & Howard, 2001).
- Grassen en granen worden als rustgewas beschouwd, die bijdragen aan organische stof opbouw en bodemgezondheid (Smit & Jager, 2018). Hier ligt een discrepantie tussen goed bodembeheer en de kans op ritnaaldschade.
- Onderzoek naar twee managementstrategieën in het noordwesten van de VS resulteerde in significant minder ritnaalden in een wintertarwerotatie met zomerbraak zonder grondbewerking, ten opzichte van continu zomertarwe (Esser, 2015).
- Een aantal gewassen wordt genoemd die minder gevoelig zijn voor ritnaaldschade, zoals vlas, erwten en bonen (Parker & Howard, 2001; Griffiths, 1974).
- Boekweit wordt verder genoemd als een gewas dat in een rotatie met aardappel de ritnaalden populatie terugdringt. Onderzoek van Bohorquez Ruiz et al. (2019) wijst niet op het minder aantrekkelijk zijn van dit gewas of toxines die de ritnaalden doden maar wel is de schade aan boekweit veel geringer dan andere gewassen wat wijst op mindere geschiktheid als voedselbron en daardoor mogelijk uitputting van de populatie in een rotatie.
- Verder wordt er al meerdere jaren onderzoek gedaan naar een 3-jarige rotatie met aardappel, boekweit en bruine mosterd (*B. juncea*), wat effectief ritnaaldschade verlaagt (Vernon & Van Herk, 2017). Gewassen met een afstotende werking i.p.v. een lokkende werking zijn meestal comparatief,

d.w.z. er is een voorkeur voor het ene gewas boven ander gewas maar echt afstotende gewassen zijn niet bekend.

- Fasulati et al. (2019) geeft rasverschillen weer in ritnaaldgevoeligheid van aardappels. Vergelijkende proeven met verschillende biologisch geteelde rassen gaven in Nederland ook verschillen aan.

Organische stof

- In Italië en Frankrijk zijn verbanden tussen organische stof en ritnaaldpopulaties gevonden. Organische stof niveaus boven 5 à 5,5% verhoogden de kans op schade aanzienlijk (Furlan, 2017b; Poggi, 2018). Dit is mogelijk terug te voeren op een betere overleving van jongere stadia (en eitjes), o.a. doordat vocht beter wordt vastgehouden (Furlan, 2017a).
- Net als latere ontwikkelingsstadia hebben jonge ritnaalden levend organisch materiaal nodig om zich mee te voeden. Ze zijn in deze ontwikkelingsfase extra gevoelig voor tekorten. Normaliter sterven jonge ritnaalden binnen 30 dagen indien er geen levend organisch materiaal aanwezig is (Furlan, 1998).
 - De effecten van groenbemesters op de ritnaalddynamiek in het veld is afhankelijk van:
 - Of de groenbemester bovengronds staat en voldoende ontwikkeld is op het moment van ei-afzet door de kniptor. Ei-afzet vindt ruwweg plaats van april tot juli en vindt mogelijk plaats in onderzaai gras bij mais, maar niet in later gezaaide groenbemesters (in onderzoek).
 - In hoeverre de teelt van een groenbemester voeding en beschutting biedt aan een populatie die al in de grond aanwezig is; gunstige omstandigheden kunnen de populatie langer op een schadelijk niveau houden.
 - Er zijn aanwijzingen dat kruisbloemigen als bladrammenas en gele mosterd ritnaalden onderdrukken, door de aanwezigheid van glucosinolaten en isothiocyanaten in deze planten (Bohinc et al., 2012), maar dit is onvoldoende onderzocht.
 - Meer informatie groenbemesters is te vinden op:
https://www.akkervijzer.nl/site/assets/files/0/03/73/556/mv_en_aw_houden_bodemplaaginsecten_van_groenbemesters.pdf.

Natuurlijke beheersing

- Sommige soorten loop- en roofkevers voeden zich met *A. sputator* (Fox & MacLellan, 1956).
- Meerdere onderzoeken worden genoemd waarbij ritnaalden bij planten een reactie oproepen, wat leidt tot minder bovengrondse vraat door andere plaaginsecten (Heinen et al., 2018). In hoeverre vraat door ritnaalden leidt tot het aantrekken van natuurlijke vijanden of het vrijkomen van toxische stoffen ondergronds en hierdoor negatieve effecten op ritnaalden kan veroorzaken is niet bekend.

Biologische bestrijding

- Producten o.b.v. natuurlijke vijanden als entomopathogene aaltjes en micro-organismen zijn vooralsnog weinig effectief gebleken tegen ritnaalden in Nederland (Huiting & van Rozen, 2017).
- La Forgia & Verheggen (2019) concluderen dat micro-organismen (aaltjes en schimmels) hun effectiviteit hebben laten zien en veelbelovend zijn om ritnaalden te bestrijden. Lokstoffen voor de ritnaalden kunnen de effectiviteit en specificiteit van de natuurlijke bestrijders vergroten, samen met informatie over de distributie en gedrag van ritnaalden voor een optimale timing van de ingreep (La Forgia & Verheggen, 2019; La Forgia et al., 2020). Daar waar onderzoek plaatsvindt naar biologische bestrijders van ritnaalden is de vertaalslag naar een veld de uitdaging. Rogge et al. (2017) heeft in een open potproef laten zien dat ritnaaldaantallen kunnen worden gereduceerd door het toepassen van een entomopathogene schimmel in een groenbemesterteelt, maar de vraag is hoe deze techniek zich naar het veld vertaalt.
- Uit onderzoek in 2020 (Razinger et al.) bleek een stam van *Metarhizium brunneum* schade in mais door ritnaalden tegen te gaan.
- Attracap is een in Duitsland toegelaten product tegen ritnaalden. Het granulaat trekt ritnaalden aan door CO₂ wat opgewekt wordt door de toevoeging van bakkersgist. Op het granulaat is een entomopathogene schimmel *Metarhizium brunneum* Cb15-II aangebracht. Deze schimmel groeit uit en verspreid zich in de bodem, waar het ritnaalden infecteert. De effectiviteit onder Nederlandse omstandigheden is niet bekend.

Grondbewerking

- Herhaaldelijk bewerken van de bovenlaag in de zomer/herfst draagt bij tot een reductie van ritnaalden, mogelijk door directe beschadiging als gevolg van dit bewerken, uitdroging bodem en vogels die ze makkelijk oppikken uit deze grond (Parker & Howard, 2001, Furlan, 2007).
- Het ploegen van grasland kort voor de zaai van mais gaf significant minder schade in mais dan wanneer in het najaar werd geploegd, en de schade bleef altijd onder de geformuleerde economische schadedrempel van 15% (Furlan, 2020). Hier gaat het echter vooral over een tragere vertering van gewasresten, waardoor er minder aan de cultuurplanten gevreten werd. Dit komt overeen met ervaringen in het verleden in aardappelen waarbij in het eerste jaar na scheuren minder schade door ritnaalden werd ervaren, en wat hedendaags door het intensievere voorbewerken mogelijk minder wordt ervaren (Mulder & Turkensteen, 2008).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Een bodem met een lagere pH loopt meer risico op ritnaaldschade (Poggi, 2018; Staudacher, 2013).
- Ritnaalden (*Agriotes* spp.) worden aangetrokken door appelzuur, dat wordt uitgescheiden door de plantenwortels om fosfaat te mobiliseren (Barnett en Johnson, 2013)
- *A. obscurus* heeft een voorkeur voor voedselrijke graslanden (Hemerik, 2003).
- Percelen met een relatief hoger kleigehalte lopen meer risico op schade dan lichtere gronden, waar – net als bij het gehalte o.s. – betere vochtcondities de doorslag zouden geven (Furlan, 2017a). Schade op lichtere zandgronden zou lager zijn dan op zwaardere gronden maar de onderzoeken spreken elkaar daarentegen (Parker & Howard, 2001). Op percelen met een lagere bodemdichtheid werden meer ritnaalden gevonden (Parker & Seeney, 1997); dergelijke percelen hebben vaak een hogere organische-stof gehalte (<https://www.wur.nl/nl/show/Handboek-Melkveehouderij.htm>).
- Mulerčikas et al. (2012) vond op percelen met verschillend management (intensief bewerkt, grasland met herinzaai gras na ploegen, 1-2 jaar grasland, meer dan 20 jaar grasland) significant hogere ritnaaldpopulaties op zandpercelen ten opzichte van zavel, lichte en zware kleipercelen, behalve voor zavel op percelen die 1-2 jaar grasland waren geweest. Op percelen met een intensief grondbewerkingsmanagement werden minder ritnaalden waargenomen, behalve op zandgronden. Interpretatie van de grondbewerkingsintensiteit in dit onderzoek is onduidelijk, maar populatiegrootte van de ritnaalden zou afhankelijk zijn van o.a. grondsoort, compactheid en intensiteit grondbewerking.
- Hoge bodemtemperaturen en/of droge grond in de bovenste laag verdrijft de larven naar diepere bodemlagen (Huiting & van Rozen, 2011; Parker & Seeney 1997; Ross et al. 1948).
- Kalkstikstof (calciumcyanamide) heeft mogelijk een bijwerking op ritnaalden, maar literatuur over de werkzaamheid is schaars en de beschikbare resultaten zijn zeer variabel. Het effect zou zowel repellent als afdodend kunnen zijn, maar in labproeven op oudere ritnaalden (*Agriotes ustulatus*) is alleen een repellent effect waargenomen (Ritter & Richter, 2013).

Inundatie

- Onderzoek naar het onder water zetten van verschillende gronden met *A. obscurus* en *A. lineatus* ritnaalden in 40 liter emmers leidde tot hoge afdoding, afhankelijk van tijdsduur (dagen tot enkele weken), temperatuur, grondsoort en zoutgehalte (Van Herk & Vernon, 2006).

Biofumigatie

- Biofumigatie leidde tot afdoding ritnaalden (Furlan, 2010); Ritter & Richter (2013) geven aan dat er nog geen betrouwbare resultaten mee zijn behaald.

Andere maatregelen

- Er bestaan beslissingsondersteunende systemen voor ritnaalden, onder andere in mais (Furlan, 2017a) en mais en aardappelen (Brochure, 2019). Nagegaan kan worden of deze systemen voor Nederland geschikt zijn.
- Een effectieve maatregel om schade door ritnaalden te beperken of te voorkomen is het vroeger oogsten van aardappel, dus kiezen voor een relatief vroeger ras. Eind zomer, vroeg in de herfst is dan de beste periode om te oogsten (Parker & Howard, 2001).
- Goede kennis ontbreekt wanneer een teler nu met een perceel risico loopt. Er zijn modellen ontwikkeld om het risico op schade te voorspellen (Wechselberger et al., 2018; Furlan, 2017b), helaas is de

huidige versie van het "SIMAGRIO-W" (SIMulation of the larvae of AGRIOTes - Wireworms) model, ontwikkeld voor *Agriotes obscurus* (Jung et al., 2012) niet geschikt voor betrouwbare voorspelling van ritnaaldactiviteit. In een EU-project is geprobeerd om biologische data voor *A. ustulatus* in te voeren. Het bleek dat, om betrouwbare gegevens te verkrijgen, niet alleen de ritnaaldsoorten, maar ook de biologie van de larven (vooral de vervellings-fasen) en de invloed van vegetatie en bodembewerking in het model meegenomen moeten worden. Verder moest er een nieuwe modelbenadering worden ontwikkeld voor *A. ustulatus*, vanwege levensverschillen tussen de soorten *A. ustulatus* en *A. obscurus*. Het is niet gelukt om de nieuwe lineaire modelbenadering voor *A. ustulatus* te implementeren in het bestaande model "SIMAGRIO-W" (pers. comm. Mevr. Wechselberger - AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH).

- Uit een beperkt aantal buitenlandse studies naar populatiedichtheden en schade bleek geen duidelijk verband (Parker & Howard, 2001). Er zijn onvoldoende studies van exacte relaties tussen aantallen schadelijke soorten in Nederland (*A. lineatus* en *A. obscurus*) en schadeverwachting ritnaalden in de jaren erna. Uit Nederlands onderzoek bleek wel dat in slechts 1/3 van de graspercelen ritnaalden voorkomen, heterogeen verdeeld in het veld (Heutink, 1996). Recente Europese studies geven dit ook aan. Op basis van de bekende risicofactoren (Parker & Howard, 2001; Barsics et al., 2013; Ritter & Richter, 2013), algemene agronomische en landschappelijke kenmerken en de aanwezigheid van de belangrijkste ritnaaldsoorten (Barsics et al., 2013), zouden de belangrijkste habitats kunnen worden gedefinieerd.
- Er zijn zowel aanwijzingen dat ritnaalden een voorkeur hebben voor bepaalde planten (Schallhart et al., 2012), als voor het gewoon vreten waar het meeste van aanwezig was (Sonnemann et al., 2012). Daarnaast bepaalt de bodemtextuur en -structuur voor een groot deel de mobiliteit (Barnett & Johnson, 2013), wat ook de bereikbaarheid van de wortels limiteert (Maraun et al., 2003).
- Vergelijkend veldonderzoek naar mais en mais met tussen de rijen gezaaide tarwe en een plantenmix (tarwe, pronkbonen, blauwe lupine, witte mosterd, boekweit en Engels raaigras) resulteerde rond het 6-bladstadium (augustus, er was laat gezaaid) in significant meer ritnaalden in de monocultuur mais in vergelijking met het aantal ritnaalden in de mais met tarwe en de plantenmix. Dit resulteerde in 45%, 66% en 75% gezonde planten in respectievelijk de mais, mais met tarwe en mais met mix (Staudacher et al., 2013). Voor mais is het afleiden van de plaag van de hoofdteelt rond het gevoelige plantstadium (tot 4de-6de blad) een perspectiefvolle optie en mogelijk ook voor andere teelten waarvan het gevoelige plantstadium beperkt is, zoals suikerbieten en koolgewassen; voor aardappelen waarin de schade later optreedt aan de nieuw gevormde knollen is de dynamiek anders. Het effect van tussengewassen op de ei-afzet van kniptorren is onbekend.
- Onderzoek naar vreterij door bodemplagen in consumptieaardappelen (Van Rozen & Huiting, 2015) wees uit dat in 2012 en 2013 de meeste schade door ritnaalden werd veroorzaakt, met name op zandgronden met een graslandhistorie. De vraatproblematiek heeft een incidenteel karakter; individuele percelen of telers kunnen zwaar getroffen worden. In beide jaren overtrof de vraag het aanbod, waardoor de economische impact voor de getroffen telers relatief beperkt was. Naast gericht monitoren werd voorgesteld om oplossingen te zoeken in de afzetmogelijkheden van consumptieaardappelen (raskeuze) en dit af te wegen tegen het duurzaam beheersen van bodemplagen. Ritnaaldschade in aardappelen voor de zetmeelindustrie wordt namelijk gemakkelijker geaccepteerd dan voor de verse en verwerkende markt van de consumptieaardappelen. Jansson & Seal (1994; in Parker & Howard, 2001) ontwikkelde een systeem met lokaas om het oogstverlies te voorspellen in termen van economisch rendement onder verschillende scenario's voor aardappelprijzen en de kosten van ritnaaldbestrijding.

Maatregelen bovengronds

- Geleide bestrijding kniptorren: met seksferomonen worden de twee in de landbouw meest voorkomende schadelijke soorten (*Agriotes lineatus* en *A. obscurus*) zeer soortspecifiek aangetrokken. In combinatie met vallen kan zo de plaagomvang ingeschat en maatregelen genomen worden (Van Rozen et al., 2007). Dit kan naast een bestrijdingsmaatregel ook een gewaswijziging betekenen. Het systeem is gebaseerd op het vangen van de mannetjes, waarbij direct na een vluchtpiek een bestrijding toegepast kan worden. De bestrijding van de kniptorren zorgt voor een lagere ei-afzet en daarmee een lagere ritnaaldpopulatie. Zowel CZAV als De Groene Vlieg verzorgen deze monitoring. Brown & Keaster (1986) vonden op plakvallen op 1,2 meter hoogte voornamelijk mannetjes en in bodemvallen voornamelijk vrouwtjes. Totaal vingen zij evenveel mannetjes als

vrouwtjes waarbij de vrouwtjes vooral geclusterd voorkwamen. Lastig bij deze methode is dat het perceel een jaar (of meerdere) voorafgaand aan een gevoelige teelt gemonitord moet worden.

- Monitoring van de bodem en bovengronds voor bepaling plaagdruk: een bekende methode is de ritnaaldpopulatie in de bodem vast te stellen met halve aardappelen of een andere lokstof. Dit geeft een indicatie van de plaagdruk. Monitoring in de bodem is lastig omdat er verschillende stadia en verschillende activiteit van ritnaalden in de bodem is. De minimale bodemtemperatuur op het moment van monitoring bepaalt het slagen van de monitoring voor een belangrijk deel (Huiting & Van Rozen, 2011). Ritnaalden hebben verschillende groeistadia waarbij rondom elke vervelling een periode – die enkele weken kan duren – geen activiteit plaats vindt. Bij monitoring worden inactieve ritnaalden niet opgemerkt. In totaal wordt geschat dat ritnaalden slechts 20% van de tijd actief zijn in de bodem.
- Kniptorren wegvangen: aangezien de kniptorren met name in de avonduren actief zijn is een combinatie van een feromoon met een lichtval mogelijk om de kevers te lokken. Wegvangen is mogelijk en uitgetest door Vernon et al. (2014 a, b). Vallen moeten dan onderling op een afstand van 3 meter worden geplaatst en uit proeven bleek dat daarmee meer dan 77% *A. lineatus* en meer dan 85% *A. obscurus* werden weggevangen. Het wegvangen van nuttige insecten kan een nadeel zijn (Digweed et al., 1995), maar hier is nog te weinig van bekend. In de EU is wegvangen wettelijk gezien een bestrijding en valt daarmee onder de gewasbeschermingswetgeving.
- Invasiepreventie: uit diverse studies blijkt dat de meeste kniptorsoorten niet of slechts beperkt vliegen. Mannetjes worden voornamelijk vliegend gevangen en vrouwtjes vrijwel alleen via bodemvallen (Brown & Keaster, 1986). Aangezien de vrouwtjes de eitjes leggen is het van belang om de inloop van vrouwtjes in het veld vanaf de randen te verstoren door barrières (mechanisch of lokplanten).
- Lokgewassen: lokgewassen zijn planten die samen met/naast het te beschermen gewas de plaag lokken waarmee de gewasschade wordt voorkomen/beperkt, of doordat natuurlijke vijanden die de plaag bestrijden worden gelokt. Ritnaalden kunnen zich beperkt over korte afstand verplaatsen in de bodem. Het lokken en concentreren van ritnaalden rondom graangewassen heeft men bereikt met aardbei (Miles & Petherbridge, 1927; Vernon et al., 2000) en suikerbiet (Petherbridge, 1938) als lokgewas. Ritnaalden worden sterk aangetrokken door CO₂ en ze kunnen tot op 90 cm afstand een aantrekkelijk gewas detecteren en zich daarheen verplaatsen (Barsics et al., 2014). Voor het beheersen van ritnaalden in aardappel bleek graan als lokgewas niet te werken maar erwten (*Pisum sativum* L.) wel. Erwten lokten de ritnaalden weg van aardappel (Landl and Glauning, 2013). Daarnaast wordt er ook melding gemaakt van linzen als lokgewas, maar dan ter bescherming van tarwe tegen andere ritnaaldsoorten in de VS (Sharma et al., 2019).

2.2 *Delia radicum* (koolvlieg)

Gewas	Schade/vermeerdering
Winterkoolzaad	••
Zomerkoolzaad	•••
Sluitkool	•••
Bladrammenas	•
Gele mosterd	•
Bladkool	•

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Koolvliegen leggen de eieren direct naast koolplanten in de grond, of tussen koolbladeren in de bladoksels. Koolvliegmaden vreten aan ondergrondse plantendelen, wat in een jong plantstadium leidt tot plantwegval en in een gevorderd plantstadium tot slaphangende, kleine planten. Koolvliegen kennen in Nederland 2-3 generaties per jaar; iedere generatie leidt tot eitjes, maden en poppen in de bodem. Koolvliegen overwinteren als pop in de grond (Qiu et al., 2013). De koolvliegmaden bewegen zich zowel in als rondom de wortels.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Van de voedselgewassen beperkt koolvliegvermeerdering en -schade zich tot de cruciferen (Qiu et al., 2013). Hiermee is vruchtwisseling een belangrijke maatregel om koolvliedschade te beperken.
- Buiten de teelt om komen veel cruciferen buiten de percelen voor. In hoeverre dit invloed heeft op de plaagdruk is niet bekend.
- Lab- en veldonderzoek toont aan dat er rasverschillen zijn in gevoeligheid voor koolvliegaantasting (Santolamazza-Carbone, 2017).
- Onderzoek naar de effecten van vluchtige schimmels op *D. radicum* wijzen op een verhoogde plantresistentie (Moisan et al., 2020).
- In kruisbloemige tussengewassen kán ei-afzet door koolvlieg plaatsvinden en kán daarmee in het volgende jaar als uitvalsbasis voor een beginpopulatie vliegen fungeren. De combinatie van kruisbloemigen en koolteelt stuit echter ook op bezwaren vanwege aaltjes- en ziektevermeerdering en zal dus niet snel gekozen worden. Daarbij is de ei-afzet in het najaar veel minder massaal dan in het voorjaar.

Organische stof

- Verse compost van tuinafval en witveen stimuleerde de eileg van de koolvlieg, maar dit gebeurde niet bij kokos turf (Messelink & Slooten, 2004). In hoeverre verschillende organische meststoffen bij kunnen dragen aan minder eileg is niet bekend.

Natuurlijke beheersing

- Eieren van *D. radicum* worden gevreten door verschillende kleine loopkevers en kortschildkevers. Larven van *D. radicum* worden geparasiteerd door de sluipwesp *Trybliographa rapae* en de kortschildkever *Aleochara bilineata*. De twee parasitoïde soorten komen meestal samen voor en dragen gezamenlijk bij aan de regulatie van *D. radicum* (Meyling et al., 2013; meerdere referenties). In een veldonderzoek werden drie biologische teeltsystemen, variërend in nutriëntenaanvoer en N-recycling, vergeleken met een gangbaar systeem. De eileg was niet verschillend tussen de systemen, maar de pop / ei verhouding was lager in de drie biologische systemen, wat aangeeft dat de koolvliegpopulatie afnam gedurende de ontwikkeling van ei naar pop. Het percentage geparasiteerde poppen varieerde van 26,5% tot 59,5%, maar tussen de biologische landbouwsystemen werden geen significante verschillen aangetroffen (Meyling et al., 2013). *A. bilineata* adults kunnen tot vijf maden per dag consumeren - een paar kan 1200 eieren en 130 larven vernietigen, en tijdens hun leven kunnen hun nakomelingen honderden poppen parasiteren. De kortschildkevers komen in het voorjaar mogelijk pas enkele weken na het verschijnen van de overwinterende *Delia*-vliegen tevoorschijn. Dit is te laat om gewasschade in het vroege seizoen te onderdrukken, hoewel het parasitisme op poppen in het late seizoen soms wel

90% tot 95% kan bedragen. In één veldstudie varieerde parasitisme tussen 30% en 70%.

A. bilineata is op grote schaal gekweekt in de voormalige Sovjet-Unie, Europa en Canada voor de bestrijding van maden van plaagvliegen. Wellicht is het daarom mogelijk om de kortschildkevers massaal los te laten aan het begin van het seizoen om predatie en parasitisme van de eerste generatie wortelmaden te vergroten

(<https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Aleochara.php>). Ook andere soorten binnen het Aleochara-geslacht zijn ectoparasieten van vliegpoppen (Hammond et al., 2019); in Nederland kent dit geslacht 33 soorten. De Groene Vlieg heeft een kleine, commerciële kweek *A. bilineata* voor onderzoeksdoeleinden. Voor bestrijding in de open teelt is opschaling nodig; het opzetten van een rendabele kweektechniek is hierin een uitdaging (Peijnenborg, pers. comm.).

- Kool met onderzaai witte klaver resulteerde in consistent lagere aantallen overwinterende koolvliegpoppen per plant ten opzichte van monocultuur. Het aantal aangetaste planten was lager of niet verschillend ten opzichte van monocultuur. Dit verschil werd vooral verklaard door *A. bilineata*, want *Trybliographa rapae* liet geen verschillen zien tussen wel en niet onderzaai van klaver (Langer, 1996).
- *T. rapae* parasiteert alle drie larvale stadia van de koolvlieg; naarmate de koolvlegdichtheid toeneemt, neemt het percentage geparasiteerde larven toe. Laboratoriumonderzoek wees uit dat *T. rapae* tot 4 cm ondergronds maden parasiteert. Op basis van veldonderzoek werd geconcludeerd dat 80-96% van de maden zich binnen het bereik van de sluipvlieg bevinden (Hemachandra et al., 2007).
- Een 3-jarige veldstudie naar bloemstroken en meerjarige akkerranden resulteerde in hogere dichtheden kortschildkevers en sluipwespen, maar resulteerde niet in meer parasitering van verschillende koolvliegstadia. De activiteit (potvalonderzoek) van twee Bembidion-soorten (kleine loopkevers) was gecorreleerd aan ei-predatie. De experimentele opstelling, korte periode en het complexe landschap waren de mogelijke oorzaken waarom meer natuurlijke vijanden niet tot een significant hogere bestrijding heeft geleid (Nilsson et al., 2016), hiermee aangevend dat het niet eenvoudig is om een causaal verband te vinden tussen de stimulering van natuurlijke vijanden en beheersing van de koolvlieg in de teelt.
- Een nog weinig onderzochte methode is om zaaizaad en/of wortels van plantgoed met entomopathogene schimmels te behandelen, die op of in wortels kunnen overleven en meegroeien en doorgaand de plaag kunnen bestrijden. Razinger et al. (2014) heeft van meerdere entomopathogene schimmels in met name de groep van Trichoderma positieve effecten gevonden op koolvliegbeheersing en wortelkolonisatie.

Biologische bestrijding

- Spinosad is een natuurlijk insecticide uit een mengsel van stoffen die het product zijn van een gistingsproces van de bodembacterie *Saccharopolyspora spinosa* (Mayes et al., 2003). Insecticiden op basis van spinosad zijn effectief tegen de maden van de koolvlieg. Volgens de EU-regulering mogen producten met als werkzame stof spinosad ingezet worden in de biologische teelt, maar sommige biologische landbouwverenigingen zien hiervan af (Herbst et al., 2017). In Nederland is spinosad toegelaten in de biologische landbouw via de SKAL, en mag worden toegepast in o.a. sluit-, spruit-, bloem-, Chinese kool, broccoli (incl. paksoi, amsoi, etc.), koolrabi, sierkool en koolraap. De gemelde effecten van dit middel op natuurlijke bestrijders zijn tegenstrijdig: de milieumeetlat (CLM, <https://www.milieumeetlat.nl>) geeft aan dat het middel niet bruikbaar is in combinatie met bestrijders, terwijl Mayes et al (2003) aangeven dat er sprake is van lage toxiciteit op de meeste nuttige insecten.
- In de kas is onderzoek gedaan naar de effectiviteit van natuurlijke vijanden op de koolvlieg en toepassing van organische stof. Van commercieel verkrijgbare roofmijten en roofkevers verminderden de roofmijten schade door koolvlieg met 58%, en begraven poppen van de koolvlieg werden geparasiteerd door roofkevers, wat leidde tot 52% minder schade (Messelink & Slooten, 2004).

Grondbewerking

- Mechanische onkruidbestrijding zoals vingerwieden, eggen en rotorwieden geeft een bestrijding van koolvlieg door uitdroging van eitjes en poppen. De toepassing van bv. de Pneumat om onkruid uit de rij te blazen heeft ook een effect op koolvlieg vanwege het wegblazen van eitjes (Delphy, 2020).

- Oppervlakkige grondbewerking vlak voor het planten van broccoli bleek geen nadelig effect te hebben op het aantal predatoren die mogelijk bijdragen aan reductie van deze plaag, maar het effect op overwinterde larven van de predatoren is niet bekend en kan invloed hebben op de bestrijding van koolvlieg in het navolgende jaar (Mesmin et al. 2020).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Factoren als bodemtemperatuur en -vocht hebben effect op in de bodem levende insecten; eieren en jonge larven zijn meestal de meest kwetsbare stadia. Eieren van *D. radicum* zijn bestand tegen lage bodemvochtigheid en hoge temperaturen. De overleving van larven neemt toe met een toename in bodemtemperatuur en vocht (Lepage et al., 2012).
- Koolvliegen hebben een voorkeur om de eieren in grond met deeltjes met een diameter tussen 0,6 en 0,8 mm af te zetten. Dit zorgt mogelijk voor een optimale omgeving voor de maden met voldoende ruimte om in te bewegen zonder zichzelf te beschadigen (Barnett en Johnson, 2013).

Inundatie

- In hoeverre inundatie bij kan dragen tegen koolvlieg is niet bekend.

Anaerobe grondontsmetting

- In zowel laboratorium- als veldstudies (spruitkool) was de overleving van koolvliegpoppen na anaerobe grondontsmetting lager dan in de referentie (Nieto et al., 2019).

Maatregelen bovengronds

- Monitoring van maden in de bodem lijkt weinig perspectief te bieden omdat de eieren vlakbij de voet van de plant worden gelegd en de maden vrij snel na uitkomen van de eieren de plant in gaan. Met bovengrondse monitoring is wel ervaring. Daarbij wordt een kairomoonval gebruikt en het aantal vliegen per val kan informatie geven over infectiedruk en/of tijdstip van ingrijpen. Kairomonen zijn plantenstoffen die aantrekkelijk zijn voor een plaag en de plaag helpen het gewas te vinden, of kan dienen voor het misleiden van de koolvlieg.
- Koolvliegen traceren de plant op basis van een aantal specifieke plantenstoffen die koolsoorten afgeven. Dit zijn voornamelijk isothiocyanaaten waarvan allyl-isothiocyanaat het meest effectief was (Finch & Skinner, 1982). Daarnaast zijn er ook voor koolvlieg onaantrekkelijke stoffen. Door de combinatie van aantrekking en afstoting wordt het zogenaamde 'push-pull' mechanisme geactiveerd (Cook et al. 2007). In een veldproef met broccoli en Chinese kool vond Lamy et al. (2018) 30% minder aantasting in broccoli en 40% meer in Chinese kool. Veel praktijkervaring met het gebruik van kairomonen en vallen is er nog niet. Omdat de vliegen per dag slechts korte afstanden laagvliëgend overbruggen (Hawkes 1974) en ze voornamelijk in dicht beplante landschappen (heggen, groenstroken, weiden) overwinteren (Josso et al. 2013) is het wegvangen van de vliegen bij de bron mogelijk een strategie om infectie te voorkomen. In groene bloem- en kruidenstroken zouden deze vallen kunnen worden getest op aanwezigheid van vliegen en effectiviteit van wegvangen.
- Invasiepreventie: Voor alle *Delia* plaagsoorten is er een beperkte periode van vluchten. Door het gewas af te dekken met insectengaas in deze periode kan infectie en dus schade worden voorkomen. De methode is echter relatief duur en lijkt alleen zinvol als de verwachte schade groot en de waarde van het gewas hoog is. Het aanbrengen van een 10 cm dikke strolaag tussen de planten reduceerde de aantasting met ca. 70%. Verder is er ervaring met vliesvezel tussen de rijen aangebracht waarbij de aantasting met 64 tot 98% werd gereduceerd (Hoffmann et al. 2001). Omdat de vliegen relatief laag vliegen en ook geen grote afstanden overbruggen (Hawkes 1974) is een opstaand gaas aan de rand om de vliegen tegen te houden en/of een randgewas waar ze eieren afzetten mogelijk een oplossing. Deze methode lijkt effectief bij een perceelsgrootte tot 2,5 ha. Een randgewas kan eerder gezaaid of uitgeplant worden en dient dan zowel als fysieke belemmering als ook als aantrekkelijk gewas waar ovipositie plaats vindt. Deze methode is echter nog niet getest op effectiviteit en ook hier moeten andere gewasbehandelingen zoals onkruid wieden niet belemmerd worden door gaas.

2.3 *Thrips tabaci* (tabakstrips)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	•
Ui	•••
Maïs	•
Wintertarwe	•
Zomertarwe	•
Wintergerst	•
Zomergerst	•
Rogge	•
Haver	•
Triticale	•
Luzerne	•••
Winterkoolzaad	••
Zomerkoolzaad	••
Hennep	•
Cichorei	•
Erwt (conserven)	••
Stamslaboon	•
Veld-/tuinboon	••
Spinazie	•
Peen	•
Schorseneer	•
Prei	•••
Witlof	•
Sluitkool	••
Aardbei	••
Asperge	•
Dahlia	•
Gladiool	•
Lelie	•
Tulp	•
Bladrammenas	••
Gele mosterd	••
Engels raaigras	-
Italiaans raaigras	-
Facelia	••
Witte klaver	•
Bladkool	••
Tagetes	•
Japanse haver	-

Tabel onder voorbehoud.

Tabakstrips (*Thrips tabaci*) is niet meegenomen in het eerder verschenen bodemplaagschema (Qiu et al., 2013), omdat dit insect voornamelijk bekend staat om haar bovengrondse leven en de beheerstrategie zich hier voornamelijk op richt (Huiting et al., 2019). Het insect heeft echter ook een ondergronds stadium. Trips ondergaan 6 stadia: ei, twee larvale en twee popstadia en een adult stadium. De larven van de tabakstrips laten zich vallen van de plant en verpoppen voornamelijk in de bodem, of rond de plantvoet. De twee popstadia (pre-pop en pop) liggen 1-3 weken hoofdzakelijk inactief in de bodem. Tabakstrips is de belangrijkste schadelijke soort trips in de buitenteelten. Door een aantal warme groeiseizoenen is de aandacht voor tabakstrips in uien sterk toegenomen. Schade door tabaks-trips treedt vooral op in warme zomers: hoe droger en warmer het weer, hoe groter de kans dat tabakstrips schade veroorzaakt (Rueda et al., 2007). Grote aantallen worden daarom alleen bij warm weer bereikt, getuige ook de schade door trips die bijvoorbeeld in de jaren 1989 tot en met 1992 is waargenomen (Beeldenbank) en in 2018-2019. Daarnaast kent tabakstrips een brede reeks

waardplanten en een snelle ontwikkeling onder gunstige weersomstandigheden. Dit leidt tot meerdere generaties per seizoen, onder gunstige Nederlandse omstandigheden tot wel rond de 8 generaties. Tabakstrips plant zich parthenogenetisch (ongeslachtelijk) voort: veldpopulaties bestaan vrijwel uitsluitend uit vrouwtjes. Tabakstrips behoort tot de bladetende tripssoorten en voeden weinig op pollen (Loomans, 2003). Momenteel loopt er een verdiepend literatuuronderzoek voor de uienteelt naar de biologie en populatie ontwikkeling van trips door het Louis Bolk Instituut wat binnenkort beschikbaar komt.

Maatregelen bodemgezondheid

Tolerantie

- Er is voor diverse gewassen meer of minder gevoeligheid tussen rassen geconstateerd, bijvoorbeeld sluitkool (Voorrips et al., 2007).

Vruchtwisseling / diversificatie

- Tabakstrips komt af op uien met hoog stikstofgehalte en het telen van een gewas voorafgaand aan de uien dat veel stikstof uit de bodem trekt kan bijdragen aan het beheersen van trips in het volgende gewas (Buckland et al., 2013). Andersom geredeneerd is het niet aan te raden uien te telen na een vlinderbloemige.
- Eerder onderzoek laat zien dat een mengteelt van prei met o.a. aardbeiklaver (Den Belder et al., 2000), witte klaver (Kucharczyk & Legutowska, 2001; Theunissen & Schelling, 1998) of peen (Legutowska et al., 2003) bijdraagt aan het onderdrukken van trips.
- Tabakstrips wordt op verschillende gewassen, onkruiden en grassen aangetroffen (Morison, 1957; Ananthakrishnan, 1973; Smith, 2010; Smith et al., 2011).
- Tabakstrips overwinteren als adult in de bodem (Den Belder & Elderson, 2010; Jenser & Szénási, 2004; Rueda en Shelton, 1995) op percelen waar uien zijn geteeld en in de omringende vegetaties waaronder op groene amarant en melganzevoet (Larentzaki et al., 2007) en in kleine graan- en hooivelden (Rahaman, 2015). Veld- en voedergewassen zijn ook belangrijke bronnen van overwinterende populaties tabakstrips (Diaz-Montano et al., 2011), waaronder haver, winter tarwe en luzerne (North en Shelton, 1986). In deze fase kunnen bodemfactoren en -maatregelen dus een invloed op de populatie hebben.
- Uienopslag wordt ook verondersteld een rol te spelen bij het koloniseren van een volgend uien-perceel in het voorjaar (Larentzaki et al., 2007).

Bodembedekking / organische stof

- Diverse strooisellagen waarin bodemroofmijten kunnen gedijen en overleven worden genoemd als optie ter bestrijding van trips. In laboratoriumproeven werd waargenomen dat verpopping met 54% werd gereduceerd in uienplanten in stro-mulch vergeleken met een kale bodem (Diaz-Montano et al., 2011).
- Meer organische stof (gewasresten, compost, vaste mest) en stromulch leiden tot grotere aantallen bodemroofmijten, wat leidt tot een afname in bovengrondse en ondergrondse tabakstripsen (Vosman en Faber, 2011).

Natuurlijke beheersing

- Muvea et al. (2014a) laat zien dat er kolonisatie van uien mogelijk is door verschillende entomopathogene schimmels die de planten versterken en zowel ontwikkeling van trips als schade sterk reduceren. Verschillende *Trichoderma* en *Fusarium* soorten bleken hier effectief. Deze zaad- en zaailingstechnologie om entomopathogene schimmels planten te laten beschermen is mogelijk effectief tegen meerdere plagen maar is momenteel nog niet beschikbaar.
- Landschappen met bosachtig habitat hebben doorgaans lagere tripsdichtheden in preivelden en de schade door trips op prei is ook lager (Den Belder et al. 2002). Bomen en struiken bemoeilijken de verplaatsing van trips en kunnen de populatie natuurlijke vijanden stimuleren als er ten minste geen breedwerkende insecticiden worden gebruikt.

Biologische bestrijding

- Een combinatie van compost toedienen en het uitzetten van roofmijten reduceerde de tripsaantasting in prei met 36% (Van den Broek et al., 2011).

- De combinatie van een mulchlaag plus introductie van een roofwants gaf een significante reductie in aantallen tripslarven in de bloemen van de aardbei en een verbetering van de kwaliteit van de aardbeien (Den Belder & Van Kruistum, 2014).
- In Nederland zijn producten op de markt tegen trips in kassen op basis van de entomopathogene nematode *Steinernema feltiae* en de schimmel *Beauveria bassiana*.
- Muñoz-Cárdenas (2017) laat zien dat roofmijten kunnen bijdragen aan tripsreductie in siergewassen als er ook alternatief voedsel wordt aangeboden.
- *Hypoaspis miles*, *Hypoaspis aculeifer* en *Macrocheles robustulus* roofmijten tonen een voorkeur voor larven van rouwmuggen en tripspoppen (Pijnakker & Leman, 2013).
- De roofwants *Orius majusculus* kan effectief zijn in de beheersing van trips (Huiting et al., 2019) maar een praktische inzet onder Nederlandse akkerbouwomstandigheden vraagt nadere uitwerking.

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Zoals hierboven genoemd speelt stikstofbeschikbaarheid een rol bij de aantrekkelijkheid van uien voor trips; mogelijk speelt het ook een rol bij de vermeerdering van trips.

Inundatie

- Inundatie is tegen tabakstrips geen optie omdat de bodemfase een te beperkt deel van de levenscyclus uitmaakt om significant effect te sorteren.

Anaerobe grondontsmetting

- Anaerobe grondontsmetting is tegen tabakstrips geen optie omdat de bodemfase een te beperkt deel van de levenscyclus uitmaakt om significant effect te sorteren.

Andere maatregelen

- Volwassen tabakstrips overwinteren in de grond in en nabij uienvelden en koloniseren waarschijnlijk opslagplanten voordat volgende generaties het uien gewas in het voorjaar besmetten. Opslag en onkruid zorgen na de teelt voor vermeerdering van tabakstrips. Strategieën voor het beheersen van tabakstrips zouden daardoor voor het beheer van tabakstrips maatregelen moeten bevatten die deze waardplanten verminderen (Larentzaki et al., 2007).
- Uit een meta-analyse bleek een mogelijk effect van regenwormen op trips. In de aanwezigheid van regenwormen werden meer chemische afweerstoffen bij planten aangetroffen, nadat deze planten werden belaagd door trips. De weerbaarheid tegen trips nam met 81% toe. Deze effecten waren sterker bij een mix van soorten en ecologische typen regenwormen en wanneer de dichtheden van regenwormen hoog waren. De resultaten zijn echter verkregen uit een beperkt aantal studies (3), in dezelfde studie nam in de aanwezigheid van regenwormen de resistentie tegen bladluis af (Xiao et al., 2018).

Maatregelen bovengronds

- Er bestaan meerdere kairomoon-achtige stoffen die attractief zijn voor tabakstrips die (al of niet) in combinatie met lichtblauwe of witte plakvallen tot wel 20x meer trips vangen (Teulon et al., 2007a,b; Muvea et al., 2014b). Het lokken van tabakstrips levert echter nog geen bijdrage aan bestrijding van deze plaag.
- Wegvangen van trips staat nog in de kinderschoenen en lijkt vooralsnog slechts beperkt mogelijk, en in kleine veldjes met veel vallen zoals bij aardbei aangetoond (Sampson & Kirk, 2013). Visueel betere vallen voor tabakstrips (van Tol et al., 2020) kunnen de vangsten verhogen. Het is nog onbekend in hoeverre deze vallen kunnen bijdrage aan verminderen van tripsschade.
- Er bestaan temperatuurmodellen die de ontwikkeling van tripsvluchten voorspellen (Edelson & Magaro, 1988) en het moment van (chemisch) ingrijpen aangeven. Ze lijken vooral geschikt in de eerste fase van het groeiseizoen omdat later alle ontwikkelingsstadia tegelijkertijd voor kunnen komen. Monitoring in de bodem is heel lastig en draagt niet of zeer beperkt bij aan beheersing van een bovengrondse populatie.

2.4 *Delia antiqua* (uienvlieg)

Gewas	Schade/vermeerdering
Ui	•••
Prei	•••

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Eitjes worden in de grond aan de voet van waardplanten of op de waardplanten zelf afgezet. Waardplanten van de uienvlieg zijn planten van het geslacht *Allium*. De eieren komen na een paar dagen uit en de jonge larven eten aan de ondergrondse delen van de waardplant. Larven kunnen migreren van de ene naar de andere plant en zo meerdere planten beschadigen of vernietigen. De larve doorloopt drie stadia; bij elkaar duurt de totale larvale ontwikkeling ongeveer drie weken. Verpopping gebeurt in de grond en het duurt twee tot drie weken voordat de tweede generatie larven ontpopt. In Nederland komt de tweede generatie vliegen begin juli uit de grond. Afhankelijk van het weer kunnen de poppen van de tweede generatie, of slechts een deel daarvan, nog in hetzelfde seizoen uitkomen en een derde generatie vormen. De overige poppen overwinteren en vormen zo de eerste generatie van het volgende jaar (Qiu et al., 2013). Een deel van de poppen uit de eerste en tweede generaties overwintert ook.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vruchtwisseling verlaagt de kans op schade. Vruchtwisseling op regionaal niveau zou een effectieve beheersing van uienvliegen kunnen realiseren. De effectiviteit neemt af naarmate het areaal uien in een regio toeneemt en de afstanden tussen de percelen kleiner worden. Vluchtafstanden van 800 - 1200 m van uienvliegen zijn waargenomen (Walters & Eckenrode, 1996; Mlynarek et al., 2020), maar ook afstanden van meer dan 2 km worden gerapporteerd (Berryman, 2008). Schade is direct gerelateerd aan nabij gelegen percelen met ui. Dit wijst op een verdunningseffect; naarmate de afstand tot de bron toeneemt is de kans minder groot op uienvlieg. Onderzoek is nodig naar effectieve afstanden als barrières voorkomen.

Organische stof

- Uien op humusrijke gronden resulteerde in een gezond gewas, terwijl in praktisch de gehele omgeving de gehele uienteelt was vernietigd door uienvlieg (Balfour, 1948). Berryman (2008) geeft echter aan dat uienvlieg mogelijk een voorkeur voor ei-afzet op organische bodems heeft. Er lijkt dus minimaal nog een bepalende factor te spelen.

Natuurlijke beheersing

- Vele larven en kevers (loopkevers, kortschildkevers, weekschildkevers) vreten eitjes en jonge stadia uienvlieg.
- De kortschildkever *Aleochara bilineata* is een predator en ectoparasiet van vliegenmaden (zie koolvlieg).

Biologische bestrijding

- *Entomophthora muscae* is een veel voorkomende schimmelpathogeen van de uienvlieg, bonenvlieg en vele andere insecten. In de vroege lente en de late herfst benaderen de natuurlijke infectieniveaus van *E. muscae* in uienvlieg 100%, en resulteerde dit in een significant effect op de 1^e en 3^e generatie van de uienvliegpopulatie. Schimmelsporen overwinteren in de bodem en in de poppen van de uienvlieg zijn schimmelsporen aangetoond. De onderzoekers veronderstellen dat wanneer de uienvlieg uit de pop komt, de vlieg in de bodem besmet raakt met de sporen op weg naar het bodemoppervlak (Carruthers & Haynes, 1985).
- Labonderzoek naar de effectiviteit van diverse *Metarhizium anisopliae* isolaten op de maden van de uienvlieg resulteerde in 50-90% afdoding en een *Beauveria bassiana* isolaat resulteerde in 100% afdoding van de adulte uienvliegen (Davidson & Chandler, 2005). Deze strategieën worden afzonderlijk en in combinatie gebruikt om de *Delia*-plaagdruk in Canada te verminderen (Mlynarek, 2020).

-
- In een biotoets resulteerde het toepassen van de entomopathogene nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in doseringen van 10-160 nematoden per uienvliegmade tot significante afdoding van 1^e en 2^e larvale stadia, 12 dagen na toediening (Yildirim & Hoy, 2003).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Op lichtere gronden vindt een sterkere vermeerdering plaats dan op zwaardere gronden, waarbij op lichte grond ook meer schade wordt waargenomen (Loosjes, 1976). Mogelijke verklaringen zijn de voorkeur voor vrouwtjes om eieren af te zetten op lichtere gronden, de maden die zich gemakkelijker door de bodem bewegen, een vroegere eerste vlucht door snellere opwarming van zandige gronden en een hogere sterfte van poppen op zwaardere gronden (Qiu et al., 2013; meerdere referenties).
- Bodemomstandigheden hebben invloed op de uienvlieg. Uitkomen van eieren en overleving van larven zijn hoger in vochtige grond, maar een langdurige periode van verzadiging is ongunstig voor de made. Percelen met zware grond, rijk aan klei, zijn minder geschikt voor de uienvlieg dan organische stofrijke grond (Berryman, 2008).

Inundatie

- Effecten van inundatie op uienvliegen zijn niet bekend.

Anaerobe grondontsmetting

- Effecten zijn mogelijk vergelijkbaar met die op koolvlieg (zie koolvlieg).

Andere maatregelen

- Schoon oogsten is een belangrijke maatregel tegen uienvlieg. Beschadigde bollen op het perceel vormen een belangrijke voedselbron voor overwinterende populaties, veel meer nog dan het ruimen van afvalhopen en uienopslag. Zorg voor minder beschadiging tijdens de teelt en de oogst, want beschadigde en zieke uien zijn zeer geschikt voor de ontwikkeling van de maden. Uienvlieg en zachtrot in ui veroorzaakt door *Erwinia carotovora* zijn gerelateerd; de made maakt wonden waar de bacterie kan binnendringen in ui, besmette vliegen verspreiden de bacterie en de bacterie wordt ook in de pop aangetroffen. Uien besmet met zachtrot bacteriën zijn geschikter voor de ontwikkeling van larven. De relatie is niet helemaal specifiek, want ook bonenvlieg en enkele soorten prachtvliegen worden door rottende uien aangetrokken (Berryman, 2008).
- De vermeerdering van uienvliegen is sterk afhankelijk van de zaaidichtheid van de waardplanten. Wanneer een kiemplant geen voeding meer biedt, migreren de larven naar een volgende kiemplant. Hoe dichter de plantjes op elkaar staan, hoe groter de kans dat deze migratie succesvol verloopt. Ook zijn percelen met een hogere plantdichtheid aantrekkelijker voor de eileg (Loosjes, 1976).

Maatregelen bovengronds

- In de jaren '70 is onderzoek gedaan naar het behandelen en uitzetten van steriele mannetjes-techniek (SIT) (Loosjes, 1976), en verder vercommercialiseerd door De Groene Vlieg. Daarbij wordt een overmaat aan gesteriliseerde mannetjes losgelaten die paren met de vrouwtjes. Uit deze paring komen geen nakomelingen voort. Het is een populatiedrukkende methode; er blijft een minderheid aan fertiele mannetjes over die een succesvolle paring aan kunnen gaan. De Groene Vlieg verzorgt monitoring op uienvliegpopulaties en zet aantallen steriele mannetjes uit op basis van de gevonden populatiedichtheid fertiele mannetjes. Een regionale aanpak verhoogt de efficiëntie. De capaciteit en kosten van productie van deze steriele mannetjes lijkt vooralsnog een belemmering voor opschaling van deze aanpak tegen uienvlieg.
- Recentelijk is aangetoond dat visuele oriëntatie van deze vliegen een rol speelt bij het geclusterd leggen van eitjes. Vrouwtjes geplaatst op locaties lokten meer vrouwtjes. Er vond geen lokking plaats als de vrouwtjes op hun rug werden geplaatst, visuele aantrekking is waarschijnlijker (Hoshizaki et al., 2020).

2.5 *Psila rosae* (wortelvlieg)

Gewas	Schade/vermeerdering
Cichorei	?
Peen	●●●
Schorseneer	?
Witlof	?

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Eitjes van de wortelvlieg worden ondiep of oppervlakkig afgezet. Het eerste en tweede larvale stadium vreten vooral aan de wortelharen en het oppervlak van de peen. Het derde larvale stadium vreet gangen in de peen. Na het derde larvale stadium verpoppen de maden zich in de bodem (Qiu et al., 2013, meerdere referenties). De maden doorlopen drie larvale stadia en vervelling gebeurt meestal buiten de peen, wat soms leidt tot het verder vreten aan een naastliggende peen na vervelling.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vruchtwisseling en ruimtelijke spreiding van peenpercelen verlagen de wortelvlieg dichtheden in volgende waardplantgewassen (Ester & Van Rozen, 2009). Veel schermbloemige soorten worden beschouwd als gastheren van de wortelvlieg (Hardman et al., 1990). Van schermbloemigen in de perceelsranden en de bermen is niet bekend in hoeverre die als bron dienen voor wortelvliegen. Van een in de praktijk vaak verdachte soort als fluitenkruid heeft (beperkt) onderzoek in proefveld en lab niet geleid tot bewijs dat fluitenkruid een relevante waardplant is voor de wortelvlieg. Wel zijn wortelvliegen waargenomen op de bloem. Als waardplant lijkt de bijdrage van fluitenkruid hiermee klein voor populatieopbouw. Wilde peen, een andere schermbloemige die in bermen voorkomt, is wél een waardplant voor wortelvlieg. In hoeverre bermen en slootranden in een diverse omgeving bijdragen aan populatieopbouw is onbekend; verschillende vormen van predatie en parasitisme kunnen hier invloed hebben op eventuele ei-afzet en ontwikkeling van de verschillende levensstadia. Bermen kunnen voor wortelvliegen geschikt zijn als fourage-habitat, en om te schuilen en te paren. Bekend is dat wortelvliegschade voornamelijk aan de luwteranden van de percelen voorkomt (Ester & Van Rozen, 2009).
- Er zijn ongeveer 400 wortelrassen gescreend met veelbelovende resistentie-eigenschappen (Ellis & Ester, 1999). Partiële resistentie in combinatie met een zorgvuldige keuze van zaai- en oogstdatum schade zou schade door de wortelvlieg voldoende kunnen voorkomen (Ellis & Kift, 2003).

Organische stof

- In hoeverre organische stof invloed heeft op het gedrag van wortelvliegen is niet bekend.

Natuurlijke beheersing

- Vele soorten larven en kevers (loopkevers, kortschildkevers, weekschildkevers) vreten eitjes en jonge stadia van de wortelvlieg.
- De kortschildkever *Aleochara bilineata* is een predator en ectoparasiet van vliegenmaden (zie koolvlieg); effecten op de wortelvlieg zijn niet bekend.

Biologische bestrijding

- Zowel in het lab als in het veld zijn entomopathogene nematoden effectief gebleken tegen de maden van de wortelvlieg (Pereboom, 2004; meerdere referenties).

Grondbewerking

- Er wordt een verband gezien tussen mechanische onkruidbestrijding in peen en wortelvliegschade. Enerzijds zijn er positieve ervaringen door het regelmatig bewerken van de ruggen waarbij minder aantasting wordt waargenomen, maar ook wordt vermoed dat mechanische beschadiging van planten tijdens die bewerking vliegen zou kunnen aantrekken.

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Zandgrondgebieden zijn over het algemeen vatbaarder voor wortelvlieschade dan kleigrondgebieden door kleinere perceelsoppervlakten, vaak meer vegetatie rondom de percelen en een snellere bodemtemperatuurstijging en daardoor vroeger verschijnen van de wortelvlieg.

Inundatie

- Effecten van inundatie op wortelvliegen zijn niet bekend.

Anaerobe grondontsmetting

- Effecten zijn mogelijk vergelijkbaar op die van koolvlieg (zie koolvlieg) maar zijn niet bekend.

Andere maatregelen

- Zaaïen na half mei ontloopt over het algemeen de eerste vlucht van de wortelvlieg. Zeer vroeg zaaïen is een andere strategie, want voor half juni is in het algemeen nauwelijks schade te verwachten.
- Schoon oogsten is een belangrijke maatregel tegen wortelvlieg. Achterblijvende peen na de oogst biedt een overwinteringsmogelijkheid (Ellis & Ester, 1999).

Overig/in ontwikkeling

- Tot 6 weken na toepassing biedt Nemguard (knoflookextract) bescherming tegen de eerste generatie van de wortelvlieg. Het product is werkzaam op eieren en larven. Voor een afdoende bestrijding van tweede en latere generaties wortelvliegen dient u andere middelen in te zetten (<https://www.certiseurope.nl/producten/producten-a-z/>).

Maatregelen bovengronds

- Wortelvlieg wordt tegenwoordig met uienolie beheerst, in hoeverre dit voldoende effectief is, is niet bekend.
- Er zijn geen feromonen van de wortelvlieg bekend. Er is slechts sporadisch onderzoek gedaan naar voor de wortelvlieg attractieve kairomonen. Uit onderzoek van Guerin et al. (1983) blijkt dat er wel enkele kairomonen gevonden zijn. De geurstof-val combinaties leken eigenlijk alleen attractief als ze in een veld met wortels stonden, wat de bruikbaarheid om invliegende exemplaren te scouten sterk vermindert.
- Evenals voor koolvlieg en bonenvlieg is een mechanische barrière rondom het veld effectief in het voorkomen van infectie in het voorjaar (Vernon & McGregor, 1999; Siekmann & Hommes, 2007). Daarnaast is eigenlijk alleen de 1^e vlucht vroeg in het voorjaar van belang om buiten het veld te houden. Door de zaaïdatum van wortels uit te stellen tot mei kan schade worden voorkomen.
- Een combinatie van beide bovenstaande maatregelen levert een strategie van lokplanten als randplant met daarbij gaas en kairomonen om de vliegen aan te pakken. Het vóórkomen van Umbelliferae in de groenstroken lijkt teveel een beperking op te leveren aangezien deze groep van planten veel natuurlijke parasieten tegen meerdere plagen voedsel biedt.

2.6 *Delia platura* (bonenvlieg)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	••
Ui	••
Maïs	••
Wintertarwe	••
Zomertarwe	••
Wintergerst	••
Zomergerst	••
Rogge	••
Haver	••
Triticale	••
Luzerne	?
Winterkoolzaad	••
Zomerkoolzaad	••
Hennep	?
Cichorei	?
Erwt (conserven)	••
Stamslaboon	•••
Veld-/tuinboon	•••
Spinazie	•••
Peen	••
Schorseneer	?
Prei	••
Witlof	?
Sluitkool	••
Aardbei	••
Asperge	••
Dahlia	?
Gladiool	••
Lelie	?
Tulp	?
Bladrammenas	••
Gele mosterd	••
Engels raaigras	?
Italiaans raaigras	?
Facelia	?
Witte klaver	••
Bladkool	••
Tagetes	?
Japanse haver	••

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

De bonenvlieg is een polyfage plaagsoort; de maden vreten aan de ondergrondse stengeldelen van veel gewassen als bonen, erwten, koolplanten als spruitkool, bloemkool, boerenkool, radijs en andere planten als sla, spinazie, uien, aardappelen, zonnebloem en gladiolen (Qiu et al., 2013). In de bonenteelt veroorzaken de maden van de bonenvlieg vraatschade in de kiem- en opkomstperiode, wat kan leiden tot plantwegval en daarmee opbrengstverlies. Schade door de bonenvlieg wordt veroorzaakt omdat de maden zich in de nog niet, of pas gekiemde zaden vreten. Daardoor kunnen deze bonen niet kiemen en rotten weg. Sommige zaden kiemen nog wel, maar vormen geen echte blaadjes meer. De schade die optreedt kan oplopen tot het wegvallen van 60 procent van het aantal kiemplanten. De bonenvlieg komt in heel Nederland voor. Alle stadia komen in de bodem voor: eitjes worden aan de plantvoet afgezet net ondergronds of oppervlakkig, maden zijn actief in de bodem rondom en in de ondergrondse plantendelen, poppen vrijwel uitsluitend ondergronds en hieruit verschijnen de vliegen die vervolgens bovengronds actief zijn. In de biologische teelten wordt

bonenvlieg aangemerkt als zeer schadelijk, o.a. in een vroeg stadium in uien en andere gewassen, waaronder bonen, spinazie, soja, mais, peen en granen.

Naast directe schade kunnen maden van de bonenvliegen ook indirecte schade veroorzaken. Bijvoorbeeld *Erwinia stewartii* wordt in mais ook verspreid door maden van de bonenvlieg: de bacterie kan van wortel naar wortel worden meegenomen en van geïnfecteerde naar gezonde zaden (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vermijd spinazie als voorvrucht in de teelt van bonen. Naar verwachting kunnen ook groenbemesters en andere gewassen voor problemen zorgen (Qiu et al., 2013, van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

Organische stof

- Bonenvlieg wordt aangetrokken door verterend organisch materiaal en kan zich hierop volledig ontwikkelen van ei tot volwassen insect. Er zijn indicaties dat verschillende dierlijke meststoffen en groenbemesters in samenhang met het moment van toepassen tot meer of minder ei-afzet leiden (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

Natuurlijke beheersing

- De kortschildkever *Aleochara bilineata* is een predator en ectoparasiet van vliegenmaden (zie koolvlieg).
- Sluipwespen (*Trybliographa rapae*) kunnen de populatie-opbouw remmen (Van den Broek & Janmaat, 2011).

Biologische bestrijding

- *Steinernema feltiae* reduceerde het aantal bonenvliegmaden met 50%. *S. glaseri* en *S. feltiae* reduceerden het aantal bonenvliegmaden; deze soorten overwinterden en overleefden in het veld tot het volgende teeltseizoen. Toepassing van entomopathogene schimmels lijkt wegval door de maden van de bonenvlieg te beperken (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

Grondbewerking

- Direct na de oogst voldoende onderwerken van spinazieresten (in juli) leidde tot een betrouwbaar hogere opkomst en betrouwbaar hogere aantallen gezonde planten ten opzichte van het onbewerkt laten liggen van de gewasresten. Beter onderwerken van gewasresten met gebruik van daarvoor geschikte machines en methoden (ploegen, spitten, e.d.) kan tot betere resultaten leiden (Van Rozen & Vlaswinkel 2014).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Vermijd bemesting met organische meststoffen vlak voor zaaien of planten (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).
- Wanneer plantenweefsel te hard wordt, kunnen de maden van de bonenvlieg de plant niet meer penetreren (van Rozen & Vlaswinkel, 2013), mogelijk kunnen plantversterkende maatregelen de gevoelige periode rondom plantopkomst verlagen.

Inundatie

- Effecten van inundatie op verschillende levensstadia van de bonenvliegen zijn niet bekend.

Anaerobe grondontsmetting

- Effecten zijn mogelijk vergelijkbaar op die van koolvlieg (zie koolvlieg).

Andere maatregelen

- Verlengen van de periode tussen de oogst van spinazie en het zaaimoment van de bonen verlaagt schade door de bonenvlieg (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

-
- Vooral de eerste jaren na invoering van een teeltsysteem met niet-kerende grondbewerking lijken de kansen op aantasting toe te nemen (Van Rozen & Vlaswinkel, 2013).

Maatregelen bovengronds

- Er is geen feromoon bekend maar wel kairomonen. Isothiocyanaten, net als voor de koolvlieg, zijn aantrekkelijk en kunnen in combinatie met witte vallen worden gebruikt (Ellis & Scatcherd, 2007; Gouinguené & Städler, 2006).
- Er zijn aanwijzingen dat de vrouwtjes van de bonenvlieg voornamelijk reageren op vluchtige stoffen als octenol en octanon. Deze componenten zijn karakteristiek voor de geur van bodemschimmels. Er zijn indicaties dat de twee stoffen worden geproduceerd en losgelaten door de activiteit van micro-organismen in de nabijheid van kiemende zaden. De aanwezigheid van deze stoffen en organismen stimuleren ei-afzet door de bonenvlieg (Gouinguené & Städler, 2006). In hoeverre hier kansen liggen om bonenvliegen weg te lokken, de aantrekkende geur te maskeren of te onderdrukken zou verder onderzocht moeten worden.
- Net als de koolvlieg is bonenvlieg een laagvliegende soort en kan de strategie beschreven bij koolvlieg worden toegepast.
- De bonenvlieg wordt anders dan koolvlieg aangetrokken door vers verterend organisch materiaal en kan zich zelfs geheel ontwikkelen op dit materiaal (Rozen & Vlaswinkel 2013). Onder andere om deze reden is het een zeer polyfage plaag waar het aanbieden van een lokgewas dat concurreert met het te beschermen gewas weinig zinvol lijkt.

2.7 *Pegomya betae* (bietenvlieg)

Gewas	Schade/vermeerdering
Suikerbiet	•••
Spinazie	•••

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

De bietenvlieg *Pegomya betae* overwintert als pop in de grond waar suikerbieten, spinazie, rode bieten of voederbieten hebben gestaan (Amaranthaceae). Uit dezelfde familie zijn onkruiden als melganzevoet en papegaaienkruid waardplant. In het voorjaar verschijnen de bietenvliegen en zetten eitjes aan de onderzijde van het blad af. De maden mineren door de bladeren van suikerbieten; na ca. 2 weken gaan de maden de grond in om te verpoppen. Het popstadium duurt 1-3 weken. In Nederland komen drie generaties voor, maar in warmere (buitenlandse) regio's komen meer generaties voor. Indien een larve een blad verlaat, gaat zij nooit naar een ander blad, maar verpopt in de grond. Daardoor stopt de aantasting vanzelf. Tussen de generaties in is daardoor geen aantasting zichtbaar (IRS). De aanwezigheid van poppen in de bodem betreft al met al – tussen de generaties door, inclusief overwintering – meer dan een half jaar.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Naarmate meer waardplanten geteeld worden zal de plaagdruk toenemen. Ondanks de zeer beperkte waardplantenreeks is vruchtwisseling voor de bietenvlieg waarschijnlijk weinig effectief, omdat dit insect zich gemakkelijk kan verplaatsen.

Natuurlijke beheersing

- In Egypte zijn parasitaire wespen en predatie op de poppen binnen het geslacht van de bietenvlieg gemeld (https://www.freewebs.com/sugarbeet_egypt_eng/pegomyamixta.htm#94191810). In de UK en Nederland wordt hier ook onderzoek naar gedaan (Raaijmakers, Frijters, pers. comm.).

Biologische bestrijding

- IRS heeft in veldproeven onderzoek gedaan naar *Steinernema feltiae* voor de beheersing van de bietenvlieg in suikerbieten. Dit resulteerde niet in significante effecten. Aangenomen wordt dat de luchtvochtigheid in een klein bietengewas eind april/begin mei vaak te laag is voor een goede werking (Raaijmakers, pers. comm.).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Vaak is de aantasting op lichte gronden zwaarder dan op zware gronden. Waarschijnlijk overleven poppen makkelijker op lichtere gronden (Qiu et al., 2013). Schade wordt vooral waargenomen op percelen met een zavel- of lichte kleigrond in de Wieringermeer, Noordoostpolder, Noordelijke klei en Schouwen-Duiveland, die in het voorjaar geploegd worden (IRS).

Inundatie

- Effecten van inundatie op bietenvliegpoppen zijn niet bekend.

Anaerobe grondontsmetting

- Effecten zijn mogelijk vergelijkbaar op die van koolvlieg (zie koolvlieg).

Andere maatregelen

- De belangrijkste maatregel is monitoring op eitjes en maden. De bietenplant kan een bepaalde dichtheid aan eitjes en maden op de (kiem-)plant prima weerstaan, waarbij deze dichtheden niet of nauwelijks leiden tot economische schade. Bestrijding van de tweede en derde generatie is zelden rendabel. Een gezonde biet kan namelijk tot 30% van zijn bladoppervlak missen nadat het gewas gesloten is, voordat er financiële schade optreedt. Bij slecht groeiende bieten ligt dit percentage lager. In 2020 is een nieuwe, ruimere schadedrempel vastgesteld (IRS). Door het niet of zeer

beperkt inzetten van een insecticide vindt natuurlijke bestrijding optimaal plaats. Binnen de PPS FAB+ wordt verder gekeken naar de inzet van akkerranden, ter stimulering van natuurlijke vijanden.

- Roofwantsen en weekschildkevers worden genoemd als natuurlijke vijanden (IRS). Ter beheersing van de op het blad liggende eitjes en de vooral minerende maden zijn vooral parasitoïden geschikt, waaronder gewone sluipwespen en schildwespen. Gaasvlieglarven eten de eitjes van de bietenvlieg; daarnaast zijn er wel eens poppen verzameld van de 3e generatie waarvan meer dan 60-70% was geparasiteerd door een sluipwesp (Raaijmakers, pers. comm.). Dit betreft dan vooral een bovengrondse aanpak.

2.8 *Melolontha melolontha* (meikever)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	-
Suikerbiet	-
Engels raaigras	••
Italiaans raaigras	••

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

De meikever *Melolontha melolontha* L. behoort tot de bladspruitkevers (Familie Scarabaeidae), een familie van circa negentig soorten in Nederland en België waarvan de larven engerlingen worden genoemd. De meikever veroorzaakt economische schade in grasland en akker- en tuinbouwgewassen op zandgrond. Van de acht behandelde gewassen in dit rapport zijn het alleen de aardappelen die economische schade ondervinden, geteeld op gescheurd grasland. In Nederland komt deze schade vooral door de engerlingen van de meikever. Door haar driejarige levenscyclus kan deze engerling het eerste jaar van in het volggewas schade veroorzaken. In onderstaande maatregelen wordt regelmatig grasland genoemd, de favoriete plek waar bladspruitkevers hun eitjes in afzetten. Daarnaast worden voorbeelden van rozenkever (*Phyllopertha horticola*) aangehaald, familie van de meikever, ook schade veroorzakend in grasland, maar vanwege haar éénjarige cyclus geen directe bedreiging voor volggewassen na gras.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Eitjes worden in meerjarig grasland afgezet; meldingen over het ontstaan van nieuwe populaties in rotaties met 1- of 2-jarige gras- of graanpercelen is niet bekend. Grasland in een bouwplanverband voorkomt schadelijke populaties engerlingen.

Organische stof

- Hogere populatiedichtheden engerlingen van de rozenkever worden aangetroffen op plekken met een hoger percentage organische stof. Dit komt overeen met meerdere studies (Hann et al., 2015).

Natuurlijke beheersing

- Vele larven en kevers (loopkevers, kortschildkevers, weekschildkevers, etc.) vreten eitjes en jonge stadia engerlingen.
- Engerlingen van de rozenkever worden geparasiteerd door een parasitoïde, de gewone keverdoder, *Tiphia femorata*. Van een verzameling engerlingen van 1 m² grasland was 28% geparasiteerd door de gewone keverdoder (Van Rozen et al., 2015). In de PPS GROEN werd 9% parasitering vastgesteld op een met engerlingen besmet perceel waar wilde peen is gezaaid. Op de bloeiende bloemen van wilde peen fourageren gewone keverdoders, voordat ze het veld in trekken om in de bodem eitjes op de engerlingen af te zetten. In omliggende graslanden werd in het voorgaande jaar, hetzelfde jaar en het erop volgende jaar maximaal 2,5% parasitering vastgesteld.
- Endofyten zijn micro-organismen die in symbiose leven met het wortelcomplex. Ze kunnen plagen weren door fysieke bescherming van de plantenwortels. Ook kunnen bodemorganismen, zoals endofyten of bacteriën, of bepaalde stoffen de weerbaarheid van de plant verhogen door het stimuleren van resistentie mechanismen van de plant. Endofyten in grassen kunnen als een bestrijdingsstrategie ingezet worden tegen engerlingen. Veel C3-grassen uit gematigde streken, zoals Engels raaigras, Italiaans raaigras en rietzwenkgras, leven in symbiose met schimmels. Deze schimmels, *Epichloë*, onttrekken voedingsstoffen aan de plant, en worden vermeerderd en verspreid door de plant. Daarvoor produceren de schimmels alkaloiden die een rol spelen bij de bescherming van de grassen tegen biotische en abiotische stress. Dit omvat o.a. bescherming tegen herbivorie door insecten en vertebraten (inclusief vee), sommige ziektes en nematoden, en droogtestress. Verder verhoogt de symbiose het concurrentievermogen van de grassen en de productiviteit (Scharld, 1996). Van een aantal alkaloiden is bekend dat ze een rol spelen bij de vergiftiging van vee, maar niet alle alkaloiden die door de endofyten geproduceerd worden, kunnen door vertebraten worden opgenomen. Loline alkaloiden, en met name permanine en N-formylloline, zijn de enige

alkaloïdegroep waarvan een werking bekend is tegen insecten en niet tegen vee (Cagnano et al., 2019). Grassen kunnen gecombineerd worden met niet-eigen endofyten, maar niet elke combinatie is stabiel. Bovendien wordt het alkaloïdeprofiel van de schimmel beïnvloed door de genetische achtergrond van de gastheer. Voor elke nieuwe combinatie van schimmel isolaat en grassoort/-variëteit moet dus opnieuw de compatibiliteit, stabiliteit en het alkaloïdeprofiel getest worden.

Biologische bestrijding

- Entomopathogene nematoden en schimmels zijn meer of minder effectief en commercieel beschikbaar tegen engerlingen (Huiting et al., 2006, van Rozen et al., 2015).

Grondbewerking

- Engerlingen zijn gevoelig voor grondbewerkingen (Huiting et al., 2006). Wanneer de populatie engerlingen zich in de bovenste 10-15 cm van de bodem bevindt, kan een intensieve grondbewerking leiden tot meer dan 85% afdoding van die engerlingen. De sterfte neemt toe bij intensievere grondbewerkingen, deze methode is een mogelijkheid om engerlingen van de meikever in een volgteelt als aardappelen te voorkomen (PPS Groen, van Rozen et al., 2015).
- Het rollen van grasland leidt enerzijds tot afdoding van de engerlingen, anderzijds is dit een maatregel om de graszode weer goed aan te drukken en het contact van de graszode met de ondergrond weer te herstellen zodat de gewasschade beperkt wordt.

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Schade door engerlingen komt alleen op zandgronden voor.
- Primaire schade door engerlingen komt vooral voor in warme en droge jaren met weinig neerslag (Hann et al., 2015). Deze schade, al of niet gecombineerd met secundaire schade, is zichtbaar en kan visueel worden vastgesteld, voorafgaand aan een aardappelteelt. Grasland met een populatie engerlingen in groeizame jaren met voldoende neerslag geven geen symptomen. Deze percelen zijn een risico voor de teelt van aardappelen, vroegtijdig detecteren van deze percelen is gewenst.

Inundatie:

- Inundatie is waarschijnlijk op de meeste plaatsen waar met name de problemen met engerlingen voorkomen geen optie, vanwege de technische haalbaarheid om hoger gelegen zandgronden met een erg diepe grondwaterstand langdurig onder water te krijgen en te houden.

Anaerobe grondontsmetting:

- Ingegraven containers met engerlingen van de roestbruine bladsprietkever (*Serica brunnea*) in een afgedekt perceel leidde tot voldoende anaerobe omstandigheden resulterend in 100% afdoding (Ludeking et al., 2011).

Andere maatregelen

- Problemen met engerlingen in grasland treden op bij vochttekort (van Rozen et al., 2015). Beregenen helpt het gewas voor een aanzienlijk deel de schade te overleven/compenseren. Secundaire schade, veroorzaakt door dieren op zoek naar engerlingen als voedselbron, wordt in grasland als vele malen erger ervaren. In onderzoek naar engerlingproblemen met meikevers op twee locaties met grote meikeverpopulaties in Oostenrijk werd vastgesteld dat de locatie waar meer regen valt en de bodem vochtiger is, de engerlingen niet als plaag werd beschouwd (Benker & Leuprecht, 2007).
- Meer maaigangen per seizoen verlaagt de kans op schade door engerlingen van de rozenkever (Hann et al., 2015).

2.9 *Tipula paludosa* (weidelangpootmug)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	•
Ui	•
Maïs	•
Wintertarwe	•
Zomertarwe	•
Wintergerst	•
Zomergerst	•
Rogge	•
Haver	•
Triticale	•
Luzerne	••
Winterkoolzaad	•
Zomerkoolzaad	•
Hennep	?
Cichorei	•
Erwt (conserven)	•
Stamslaboon	•
Veld-/tuinboon	•
Spinazie	•
Peen	•
Schorseneer	•
Prei	•
Witlof	•
Sluitkool	•
Aardbei	•
Asperge	•
Dahlia	•
Gladiool	•
Lelie	•
Tulp	•
Bladrammenas	•
Gele mosterd	•
Engels raaigras	•••
Italiaans raaigras	•••
Facelia	•••
Witte klaver	•
Bladkool	•••
Tagetes	•
Japane haver	?

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Emelten zijn larven van de ongeveer 90 verschillende soorten langpootmuggen die in Nederland voorkomen (Familie Tipulidae). Enkele soorten worden in verband gebracht met schade in de landbouw. De weidelangpootmug (*Tipula paludosa*) wordt van oudsher als meest schadelijke emelt ervaren. Daarnaast veroorzaken emelten van de langpootmuggen *T. oleracea* en *Nephrotoma appendiculata* incidenteel schade. Er zijn belangrijke verschillen in het moment van voorkomen en aantal generaties per jaar en er zijn aanwijzingen dat per soort de waardplanten en schadeplanten verschillen. Eitjes worden oppervlakkig afgezet in met name grasvegetaties op alle grondsoorten. De maden veroorzaken schade aan de wortels, maar met name ook aan bovengrondse plantendelen. In grasland komen ze vanuit hun gang van enkele centimeters in de nacht bovengronds en vreten met name aan de groene grassprietten. Op golfvelden is dit zichtbaar op de green: rondom de uitgang ontstaat een "kommetje" doordat het gras rondom de uitgang wordt weggevreten. In suikerbieten

worden de blaadjes van de kiem-planten aangevreten. Omdat *T. paludosa* als meest schadelijke soort wordt ervaren is deze soort opgenomen in het bodemplagenschema.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vermijden van grasvegetaties en hiermee afzet van eitjes in het bouwplan is een belangrijke maatregel om problemen met emelten te voorkomen.
- Emelten zijn polyfaag, indien grassen en granen worden ondergewerkt voor een volgteelt kan in veel van deze gewassen schade ontstaan aan de jonge plant.

Organische stof

- Groenbemesters zijn potentiële gewassen waar eitjes kunnen worden afgezet, mits de teeltperiode overeenkomt met het moment van ei-afzet door een soort langpootmug. Meer informatie over groenbemesters:
https://www.akkerwijzer.nl/site/assets/files/0/03/73/556/mv_en_aw_houden_bodemplaaginsecten_van_groenbemesters.pdf.

Natuurlijke beheersing

- Emelten en andere stadia van de langpootmug kennen veel natuurlijke vijanden (Lukassen, 2005; Blackshaw, 1991, 1999; Vlug, 2010). De sluipvlieg *Siphona geniculata* wordt genoemd als de meest belangrijk parasitoïde. Deze sluipvlieg parasiteert zelden meer dan 10% van een populatie, maar met de juiste aanplant kan deze sluipvlieg gestimuleerd worden en in combinatie met andere vormen van biologische bestrijding of geïntegreerde bestrijding kan dit een goede aanvulling zijn (Vlug, 2010). Een sluipwesp, *Anaphes* sp., parasiteerde 44% van de langpootmugeieren (Blackshaw, 1999).

Biologische bestrijding

- De entomopathogene nematode *Steinernema carpocapsae*, toegepast in grasland, resulteerde in een afname van emelten van 75-82% ten opzichte van onbehandeld, indien de toepassing plaatsvond op het 1^e en 2^e larvale stadium van *T. paludosa* (Oestergaard et al., 2006). Deze periode valt in de herfst. In Nederland zijn deze entomopathogene nematoden beschikbaar tegen emelten. Toepassen van entomopathogene nematoden tegen emelten in het voorjaar heeft nog geen goede resultaten opgeleverd (Oestergaard et al., 2006; Raaijmakers, pers.comm.).
- Ook toepassing van *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti) bleek zeer effectief in grasland: een najaarstoepassing in grasland resulteerde in een afname van 74-83% ten opzichte van onbehandeld (Oestergaard et al., 2006; van Rozen & Ester, 2004). Bti op grasland in Schotland reduceerde de populatie van 3 miljoen emelten tot 0,5 miljoen emelten per hectare. Deze reductie is vergelijkbaar ten opzichte van de in het verleden toegepast werkzame stof chloorpyrifos. Een voorjaarsbestrijding met dit middel veroorzaakte geen significante daling van het aantal emelten (Lukassen, 2005). Bti heeft alleen een toelating in Nederland als biocide: VectoMax FG is een biologisch insecticide (PT18) gericht op plaagbeheersing van insectenlarven (Hoofdgroep 3) in mangaten, afvalbanden en drinkbakken voor vee, maar niet voor toepassing in landbouwgewassen (CtgB).
- Uit onderzoek van Van Tol (pers. comm.) bleek dat er wel effectieve entomopathogene schimmelstammen zijn tegen langpootmuggen. Toelating en veldtoetsing zijn echter nog achterwege gebleven vanwege registratieproblematiek in relatie tot het belang van deze plaag.

Grondbewerking

- Cultiveren van grond geeft een zeer hoge afsterving onder emelten van *Tipulidae* (Blackshaw, et al., 1999).
- Rollen over de grond wordt gesuggereerd om de emelt te verminken. Er is geen bewijs dat dit een reductie van het aantal emelten teweeg brengt. Rollen gedurende de zomermaanden heeft wel een gereduceerd aantal volwassenen bewerkstelligd. Waarschijnlijk heeft deze methode grote gevolgen voor de wortelzone en zijn drainagecapaciteit (Blackshaw, 1991).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Jonge emelten kunnen slecht tegen droogte. Daarom is het bevorderen van een goede drainage aan te bevelen, om vochtige omstandigheden tijdens het afzetten van de eieren te beperken. Dit zal helpen om de populatie te reduceren. Vochttekort in september en oktober is genoemd als een reden van verminderde hoeveelheden emelten in de herfst (Blackshaw, 1991). Eieren en jonge larven zijn gevoelig voor uitdroging én worden zeer oppervlakkig op de bodem afgezet; van oudsher wordt daarom geadviseerd om de grasmat zo kort mogelijk te houden in de maanden augustus en september. Deze periode komt overeen met de eileg-periode van *T. paludosa* en de met de tweede eileg-periode van *T. oleracae*, twee belangrijke schadelijke soorten in Nederland.

Inundatie

- Over het effect van het onder water zetten van de percelen ter bestrijding van de emelten verschillen diverse onderzoekers van mening. Niet duidelijk is of het gebrek aan zuurstof ook de daadwerkelijke reden is van het overlijden van de emelten en poppen (Jackson, 1975).

Andere maatregelen

- Rekening houden met het zaaimoment. In het voorjaar gaan de emelten van de meeste soorten over in het popstadium; vraat aan de planten stopt. Emelten van *Nephrotoma appendiculata*, die incidenteel flink schade in suikerbieten geeft, verpoppen tweede deel van april, de vraat stopt al iets eerder in de voorpopfase. Bij deze soort wordt verwacht dat met uitstel van zaai je het probleem met deze soort ontloopt (van Rozen & Raaijmakers, 2014).

2.10 *Atomaria linearis* (bietenkever)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	•••
Winterkoolzaad	•
Zomerkoolzaad	•
Erwt (conserven)	•
Stamslaboon	?
Veld-/tuinboon	•
Spinazie	•••
Sluitkool	?
Facelia	?
Witte klaver	?
Bladkool	•

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

De bietenkever overwintert als volwassen kevertje in achtergebleven stukken wortels van bieten, spinazie en melganzevoet, maar ook in perceelsranden of in de bodem. Op percelen met spinazie of biet zetten ze tussen half mei en begin september hun eieren af in de grond in de buurt van de wortels. De larven voeden zich in de bodem met de kleine wortels van waardplanten. Dit veroorzaakt geen schade; alleen de kevers geven schade. De larven verpoppen in de bodem waarna een kever weer verschijnt. De bietenkever voltooit één of twee levenscycli per jaar (Qiu et al., 2013). De bietenkevers veroorzaken zelden economische schade van betekenis sinds de introductie van insecticiden behandeld zaad. Incidenteel zijn er nog percelen waar planten massaal wegvallen en de teler moet overzaaien met een ander gewas. Dit gaat slechts om een paar hectare op het hele areaal en vaak is de oorzaak dat het voorgaande jaar een waardplant op het perceel werd geteeld, zoals spinazie of bieten (Frijters, pers. comm.).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Voorkomen van biet-op-biet of biet-naast-biet is de beste beheersmaatregel tegen bietenkevers. De kevers kunnen zich over circa 30 meter verplaatsen van het perceel van vorig jaar naar het nieuw ingezaaide perceel (Bombosch, 1963; Heijbroek, 1980). Hiermee kan men al een belangrijk deel van schade voorkomen (Heijbroek, 1980).
- Rotatie is een effectieve maatregel tegen bietenkevers (Qiu et al. 2013, Draycott, 2006).
- De meeste schade komt voor in gebieden met een intensieve suikerbietenteelt (Edwards & Thompson, 1934; Cochrane & Thornhill, 1987).

Natuurlijke beheersing

- larven van loopkevers en kortschildkevers vreten eitjes en jonge stadia van de bietenkever (IRS).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- De bietenkevers veroorzaken schade op zavel, klei- en lössgronden (IRS). De bietenkevertjes werden eerst waargenomen op kalkrijke zilte leem, zandig leem, lemig veen en lemige klei en ten minste zes weken later op de lemige zandgronden, toen de kiemplanten goed ontwikkeld waren (Baker & Dunning, 1975).
- Een goede bemesting stimuleert de begingroei, waarmee de plant de gevoelige kiemplantfase sneller doorloopt (Edwards & Thompson 1934).

Andere maatregelen

- Schoon oogsten en opslag voorkomen. Door schoon te oogsten of het diep onderwerken van de oogstresten wordt een overwinteringsbron weggenomen, vanwaar bietenkevers reeds op een vroeg tijdstip naar de nieuwe bietenpercelen kunnen migreren. Veel schade wordt waarschijnlijk

aangericht door bietenkevers die bij of kort na het zaaien in de bietenvelden aanwezig zijn (Cochrane & Thornhill, 1987).

- Voorkom losse grond en zaai niet te diep om een vlotte en egale opkomst van het bietengewas te bewerkstelligen (IRS).
- Vroeg zaaien leidt tot meer aantasting, doordat het dan vaak kouder is, de bieten langer onderweg zijn tot de opkomst en daardoor langer vatbaar zijn voor schade door de bietenkever. Datzelfde geldt voor diep zaaien (IRS).
- De bieten zijn vooral gevoelig voor bietenkeverschade tot aan het twee-bladstadium. In een serie proefvelden voor onderzoek naar middelen tegen bietenkevers is nimmer schade van betekenis opgetreden; aangegeven wordt dat de vlucht lastig is te voorspellen (Heijbroek, 1980).

2.11 *Sitona lineatus* (bladrandkever)

Gewas	Schade/vermeerdering
Luzerne	•
Erwt (conserven)	••
Stamslaboon	•••
Veld-/tuinboon	•••
Witte klaver	•

De bladrandkever is een nacht-actieve snuitkever, komt in Nederland zeer algemeen voor en kan in sommige jaren vrij veel schade doen aan erwten en andere vlinderbloemigen. Bladrandkevers, soms de eitjes en poppen, overwinteren in de grond dicht onder de oppervlakte, tussen gras en ruigten, of in klaver- en luzernepercelen. Aanvankelijk leven ze in percelen klaver en luzerne, waar de rijpingsvraat en vaak de paring plaatsvinden. Zodra erwten, tuin- en veldbonen of wikke boven de grond komen, trekken de kevers daarheen. De kevers vliegen zelden, als ze vliegen is dit vanaf 20°C, maar door stralingswarmte en bij windstil weer kan dat vanaf een luchttemperatuur van 12°C. De kevers vreten aan de bladranden. De eitjes worden voornamelijk op de grond afgezet, soms ook op bladeren en stengels. De larven vreten ondergronds eerst aan de door *Rhizobium*-bacteriën stikstof fixerende wortelknolletjes en later aan de wortels. Deze schade leidt tot stikstofgebrek. De verpopping vindt plaats tot op vijf cm diepte in bodemholtes. De verschijnende kevers leven nog een periode in bijna rijpe erwten, in veldbonen en wikke die als groenbemester is ingezaaid, waarna ze weer naar de winterwaard vertrekken (Ester, 1990). Toenemende productie van vlinderbloemigen zal leiden tot een hogere plaagdruk aan bladrandkevers (Vankosky et al., 2009). De voorziene transitie naar meer eiwit van eigen land maakt dat Nederlandse telers meer te maken gaan krijgen met de bladrandkever.

Interactie tussen *Fusarium avenaceum* (wortelrot) en larven van de bladrandkever leidt tot een hogere ziektedruk en lagere larvensterfte. Larvale schade heeft mogelijk de infectie vergemakkelijkt voor *F. avenaceum* en de aanwezigheid van *F. avenaceum* kan weer geleid hebben tot detoxificatie van fytoalexinen, stoffen die planten beschermen tegen plaaginsecten (Willsey et al., 2019).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vruchtwisseling is mogelijk weinig effectief door de mobiliteit van de bladrandkever, maar vertraging in de verspreiding vanuit de overwinteringsplek is wel te verwachten.
 - Primaire gastheren (waar de vermeerdering plaatsvindt): erwten, bonen, wikke (Jackson, 1919).
 - Secundaire gastheren (waar voeding buiten de reproductieve fase om plaats vindt): klaver, luzerne (Jackson, 1919).
- Twee peulvruchten zijn minder geschikt als gastheer (Vankosky, 2009):
 - Bij gewone boon, *Phaseolus vulgaris*, werden geen eitjes afgezet en larven werden afgestoten (schade wel eens vastgesteld).
 - Op linzen is nooit vraat vastgesteld.
- Resistentie: verschillen in nutriënten tussen erwtencultivars, evenals fenotypische verschillen zoals bladdikte, resulteren in meer of minder schade (Vankosky, 2009).

Natuurlijke beheersing

- Per vrouwtje worden wel tot wel ca. 1500 eitjes oppervlakkig afgezet (Vankosky, 2009). Het oppervlakkige suggereert dat de eitjes goed toegankelijk zijn voor natuurlijke vijanden. Verschillende soorten loopkevers en kortschildkevers prederen op eitjes (Vankosky, 2010).
- Sluipwespen waaronder schildwespen parasiteren op de bladrandkever.

Biologische bestrijding

- Entomopathogene nematoden zijn effectief tegen de bladrandkever en haar larven, maar ze zijn in relatie tot het teeltsaldo een dure methode en ze kunnen een negatief effect hebben op natuurlijke vijanden (Vankosky, 2009).

Grondbewerking

- Directzaai heeft geleid tot minder plaagdruk en schade dan teelt met conventionele grondbewerking op erwtenpercelen (Hanavan & Bosque-Pérez, 2012).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Bio-meststoffen samengesteld uit drijfmest verlaagde de schade in vergelijking met niet bemeste behandelingen, waarschijnlijk door snellere gewasontwikkeling (Arkhipchenko et al., 2005). Voldoende stikstof in de bodem verlaagt de kans op schade, toediening van mest kan toepassing van insecticiden vervangen (Cárcamo et al., 2018).
- Aanvreten van rhizobioom-wortelknolletjes door larven van de bladrandkever kan leiden tot ernstigere wortelrot, vooral in grond met een laag stikstofgehalte (Willsey, et al., 2019).
- De interactie van de bladrandkever met de stikstofbindende peulvruchten kan een negatieve invloed hebben op de voordelen van rest-stikstof op volgteelten in de rotatie. De belangrijkste route van stikstofoverdracht van peulvrucht naar volgteelt vindt ondergronds plaats via de stikstofbinding (Cárcamo et al., 2018).

Andere maatregelen

- Uitstel van zaaien, waarbij de vluchtpiek van de bladrandkever wordt vermeden (Cárcamo et al., 2018).
- Groei stimuleren, o.a. met *Rhizobium* bacteriën (Cárcamo et al., 2018).

2.12 *Leptinotarsa decemlineata* (Coloradokever)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	●●●

De Coloradokever *Leptinotarsa decemlineata* is de belangrijkste insectenplaag van aardappelen in een groot deel van de wereld en de impact in de rest van de wereld neemt toe (Boiteau, 2013). Het is voor de zetmeelteelt het belangrijkste plsaaginsect, samen met ritnaalden de grootste insectenplaag in consumptieaardappelen en op virusoverdragende bladluis na het grootste insectenprobleem in pootaardappelen. In Nederland zijn er verschillen tussen regio's: in het zuiden en oosten is Coloradokever een structurelere plaag dan in het noorden en westen. In warmere landen kan deze plaag volledige aardappelteelten vernietigen. Toenemende perioden van warmte zullen de problemen in Nederland met Coloradokever naar verwachting vergroten. De larven verpoppen in de bodem en de kever overwintert in de bodem. Bij toenemende temperaturen en meerdere generaties stijgt ook het aantal verpopingen dat in de teeltperiode in de bodem plaatsvindt. Volwassen exemplaren komen tevoorschijn in het voorjaar en gaan meestal lopend op zoek naar geschikte waardplanten, hoewel sommigen ook vliegen. Kevers lokaliseren plantgastheren door een combinatie van olfactorische en visuele signalen, en worden aangetrokken door geel. Er is in ieder geval een tweede "zomer" generatie en, afhankelijk van het klimaat, soms meerdere. De larven zijn bijzonder gevoelig voor verstoring en vallen daarbij onmiddellijk op de grond (Weintraub, 2013).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- De kans dat de kevers de waardplanten signaleren is een negatieve functie van de afstand (Boiteau et al. 2008). Rotatie is de meest efficiënte strategie om migratie te voorkomen of te vertragen, wat leidt tot een tragere plaagopbouw. De verspreiding van de kevers binnen aardappelteeltgebieden is gelimiteerd en rotatie verkleint dus de kans dat een kever de aardappelen vindt en verhoogt in elk geval de reistijd naar een gastheergewas (Follett et al. 1996, Weisz et al. 1996, Baker et al. 2001).
- Aardappelen tolereren lage tot matige dichtheden Coloradokevers; 30-40% ontbladering in de vroege groeifasen, 10-60% ontbladering tijdens de middelste groeifasen en tot 100% ontbladering in de laatste groeifasen geeft geen merkbare opbrengstverlaging (Hare, 1980; Cranshaw & Radcliffe, 1980; Ferro et al., 1983; Shields & Wyman, 1984; Zehnder & Evanylo, 1988; Ziemis et al., 2006). Dit zijn forse percentages, maar meestal wordt geadviseerd om 10-25% ontbladering tijdens de meest kritieke momenten te voorkomen (Hare, 1990). Binnen de PPS BO Groen wordt een deskonderzoek uitgevoerd naar schadedrempels.
- Resistentie factoren in de plant zijn beschreven (Maharijaya & Vosman, 2015).

Natuurlijke beheersing

- Coloradokevers worden geparasiteerd door verscheidene parasitaire wespen en vliegen, veel predatoren, waaronder roof-, schild- en blindwantsen, kevers, waaronder loopkevers en lieveheersbeestjes, gaasvliegen larven, parasitaire nematoden, protozoa, schimmels en bacteriën (www.cabi.org/isc/datasheet/30380; <http://www.potato beetle.org>). In Nederland is niet bekend welke en in welke mate natuurlijke vijanden bijdragen aan de plaagdrukverlaging. Larven en kevers van de Coloradokever zijn giftig, dus de vraag is of dit in Nederland invloed heeft op de natuurlijke vijanden. Eitjes zijn niet giftig, de verwachting is dat ze wel gepredeerd en geparasiteerd worden.
- Ook de in de bodem voorkomende poppen, of de larven die in de pop-fase overgaan, worden ondergronds geparasiteerd, o.a. door sluipvliegen (Logan et al., 1987) en *Lebia grandis* (Weber et al., 2006; Weber & Riddick, 2011), een soort waarvan leden uit hetzelfde geslacht in Nederland voorkomen.
- Naast het directe effect van natuurlijke vijanden op eitjes en larven zorgt de aanwezigheid van natuurlijke vijanden voor gedragsverandering bij de Coloradokever, wat leidt tot minder vraatschade en minder ei-afzet (Hermann & Thaler, 2018).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Het bodemtype kan een grote invloed hebben op de overleving tijdens de winter; in lemig zand overleven meer kevers dan in kleigrond (Hiiesaar et al. 2006). De mogelijkheid om de bodem binnen te dringen en de vochteigenschappen spelen hierin mogelijk een rol.

Andere maatregelen

- Dit betreft voornamelijk bovengrondse maatregelen.
- Onderzoek naar RNA interferentie (RNAi) is vooral op Coloradokevers getoetst; genen in planten worden geactiveerd om een specifiek plaaginsect uit te schakelen. RNAi wordt met een veldspuit over het gewas verdeeld, waarna het plaaginsect dit via vraat binnenkrijgt. Daar zetten RNA-moleculen de aanmaak van essentiële eiwitten stil, waardoor het plaaginsect sterft. Doordat het niet om een chemisch gewasbeschermingsmiddel gaat en er niet aan de erfelijke eigenschappen van de plant wordt gesleuteld, wordt deze methode mogelijk als duurzaam geclassificeerd (Jonkheer, 2017).
- De larven zijn bijzonder gevoelig voor verstoring en vallen daarbij onmiddellijk op de grond (Weintraub, 2013). Naar mechanische vangen van Coloradokevers wordt momenteel onderzoek verricht, een systeem waarmee de larven en de kevers van de plant geschud, opgevangen en afgevoerd worden. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de larven en de kevers van de plant te zuigen met de beetle eater (Boiteau, 1992).
- De Coloradokevers worden in het voorjaar eerst op aardappelopslag waargenomen. Dit zou kunnen leiden tot een vertraging in de verspreiding. Anderzijds hebben Coloradokevers mogelijk een reducerend effect op aardappelopslag.
- Veldonderzoek in Canada resulteerde na het toedienen van gekweekte schildwantsen (*Perillus bioculatus*) en *Bacillus thuringiensis*, zowel in combinatie als afzonderlijk, in een significante beheersing van de eerste generatie Coloradokevers (Cloutier & Bauduin, 1995). Later onderzoek geeft aan dat schildwantsen mechanisch goed te verspreiden zijn over grotere percelen (Paré & Khelifi, 2008). In hoeverre dit perspectief heeft voor de Nederlandse situatie is niet bekend.
- NeemAzal-T/S is een middel op basis van azadirachtine en heeft in Nederland een toelating tegen Coloradokevers.

2.13 *Oulema* spp. (graanhaantjes)

Gewas	Schade/vermeerdering
Maïs	•
Wintertarwe	••
Zomertarwe	••
Wintergerst	••
Zomergerst	••
Rogge	••
Haver	••
Triticale	••
Luzerne	?
Hennep	?
Engels raaigras	•
Italiaans raaigras	•
Japanse haver	•••

Soorten uit het geslacht *Oulema* worden graanhaantjes genoemd. In het noorden van Nederland wordt met name *O. obscura* in graanakkers aangetroffen, in Zuid-Nederland en België vaker *O. melanopus*. Voor de gematigde streken is de levenscyclus van *O. melanopus* beschreven. De kevers overwinteren als adulten in strooisel, graspollen of schorsspleten. In het voorjaar worden ze actief en zetten ze eieren af op grasachtigen. De eieren komen na een of twee weken uit en de larven vreten aan de bovengrondse delen van de planten gedurende twee tot drie weken. De larven kruipen de grond in voor de verpopping en na ongeveer drie weken verschijnen de nieuwe volwassen kevers; het is dan vaak het eind van de zomer. Deze volwassen kevers vreten ook weer aan planten en gaan daarna in winterrust (Noordijk et al., 2016).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Vruchtwisseling vermindert de plaagdruk niet omdat buiten het popstadium de plaag niet in de bodem voorkomt, en overwintert buiten de percelen (Bucurean, 2012). Doordat ze aan veel planten eten, zijn *Oulema*-soorten in veel gebieden aanwezig; in natuurgebieden, bermen en andere half-natuurlijke elementen. Hierdoor kunnen ze gemakkelijk akkers koloniseren (Noordijk et al., 2016).
- Granen kunnen meer of minder resistent zijn. Resistenties worden toegeschreven aan het hoge aantal haren op de bladeren wat de larvale dichtheid en aantasting kan verminderen (Bucurean, 2012).

Natuurlijke beheersing

- In poppen van graanhaantjes, zeer waarschijnlijk *O. obscura*, werden gewone sluipwespen (Ichneumoniden) en bronswespen (Chalcidoidea) aangetroffen (Noordijk et al., 2016).
- Eitjes van bronswespen worden in of op de gastheer afgezet, waarbij zowel eieren, larven, poppen als volwassen dieren kunnen worden belaagd. In de VS en Canada leidde de bronswesp *Tetrastichus julis* tot significante parasiteringsgraden van graanhaantjes. In hoeverre de geïntroduceerde wespen daadwerkelijk bijdragen aan het onderdrukken van *Oulema*-plagen is niet geheel duidelijk, mede doordat er toch al veel insecticiden worden gebruikt bij de graanproductie in Noord-Amerika. In Noord-Amerika Evans et al. (2010) sproeiden suiker over de gewassen om zo de adulte wespen van *T. julis* te bevorderen en vonden een flink toegenomen parasiteringsgraad bij *O. melanopus*. Dit is een aanwijzing dat de aanwezigheid van voedsel voor de volwassen wespen tot een sterke toename van de parasiteringsgraad leidt. FAB-randen en andere begroeiingen kunnen hierin een rol vervullen. Er zijn geen studies naar de parasiteringsgraad bij *Oulema* in ons land; dergelijk onderzoek is een belangrijke eerste stap in de ontwikkeling van strategieën voor biologische bestrijding van *Oulema* (Noordijk et al., 2016). De bronswesp *T. julis* komt in Nederland voor.

Grondbewerking

- Grondbewerking vermindert de plaagdruk niet, omdat buiten het popstadium de plaag niet in de bodem voorkomt (Bucurean, 2012). Noordijk et al. (2016) geven echter aan dat de poppen vaak tot aan het eind van de zomer in de bodem zitten. Dit biedt mogelijk ruimte om de pop toch te bestrijden via een grondbewerking na de oogst, dit zou nader onderzocht kunnen worden.

Inundatie

- Dit is geen optie vanwege de te korte levensduur in de bodem, hoofdzakelijk tijdens de teelt.

Anaerobe grondontsmetting

- Dit is geen optie vanwege de te korte levensduur in de bodem, hoofdzakelijk tijdens de teelt.

Overige maatregelen tegen bodemplaaginsecten

- Onduidelijk is welke mate van vraatschade gevolgen heeft voor de opbrengst. Bestrijding van het graanhaantje lijkt alleen zinvol bij grote aantallen (> 1 larve per halm) (Timmer, 1999).

2.14 *Meligethes aeneus* (koolzaadglanskever)

Gewas	Schade/vermeerdering
Winterkoolzaad	●●●
Zomerkoolzaad	●●●
Sluitkool	?
Bladrammenas	?
Gele mosterd	?
Bladkool	?

De koolzaadglanskever kent 1 generatie per jaar. Koolzaadglanskevers overwinteren als volwassen dieren in de bodem, vegetatie en bladafval van perceelsranden, bossages en heggen. De kevers verschijnen in het voorjaar (maart tot juni) bij temperaturen boven de 10°C. Ze zoeken kruisbloemige planten om te paren en om eieren te leggen. Er zijn twee larvale stadia. Na ongeveer 2 weken vallen de larven van de plant en verpoppen net onder het bodemoppervlak. De nieuwe generatie kevers verschijnt weer tijdens de zomer. Hun eierstokken rijpen niet en ze paren niet, en gaan op zoek naar overwinteringsplaatsen tussen half juli en eind september (Williams, 2010, meerdere referenties).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- De koolzaadglanskevers zijn goede vliegers tot wel 15 km, daarnaast overwintert het overgrote deel van de kevers buiten de percelen (referenties in Hokkanen & Hokkanen, 2018). Vruchtwisseling heeft hierdoor op bedrijfsniveau mogelijk weinig effect. Op regionaal niveau kan vruchtwisseling een populatieverduunnend effect hebben, wat heeft geleid tot voorstellen voor een ruimtelijke en temporele aanpak (Skellern & Cook, 2018).
- Koolzaadglanskevers zijn meestal talrijker en veroorzaken meer schade in zomerkoolzaad dan in winterkoolzaad, omdat de gevoelige plantfase (groene knop stadium) bij zomerkoolzaad samenloopt met de ontwikkeling van de kever. Voor winterkoolzaad is de gevoelige plantfase meestal voorbij als de kever eitjes gaat afzetten (Williams, 2010).
- Er zijn geen commercieel resistente en tolerante rassen beschikbaar, maar verschillende raseigenschappen hebben een duidelijke potentie tegen schade (Skellern & Cook, 2018).

Natuurlijke beheersing

- Veel parasitoïde sluipwespsorten overwinteren in de grond waarop koolzaad is geteeld. Bodembewerkingen na de oogst, met name ploegen en rotorkopeggen, verminderen parasitoïde overleving, terwijl systemen met minimale grondbewerking minder schadelijk zijn (Williams, 2010).
- Voor loopkevers zijn de koolzaadglanskevers het meest kwetsbaar als ze als larven op de grond vallen om te gaan verpoppen. Waarnemingen geven aan dat loopkevervraat tot 65% afdoding kan leiden, maar Fins onderzoek geeft een verlaging van slechts 3% aan bij larven en poppen van de koolzaadglanskever. In Zweden werd het belang van loopkevers ook als klein beschouwd (Williams, 2010, meerdere referenties).
- Roofkevers waren meestal talrijker op koolzaadpercelen in geïntegreerde systemen dan in gangbare systemen en hun aanwezigheid kwam ruimtelijk en in de tijd overeen met de aanwezigheid van larven van de koolzaadglanskevers (Williams, 2010).

Biologische bestrijding

- In 2005 is voor het eerst onderzoek gedaan naar de effecten van een behandeling met nematoden op de larven en poppen van de koolzaadglanskever in de bodem. Succesvolle verpopping van de koolzaadglanskever werd lager bij een toenemend aantal nematoden (*Steinernema bicornutum*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae* en *Heterorhabditis bacteriophora*). De blootgestelde larven waren verzameld in het veld en sommige larven waren geparasiteerd door sluipwespen. Het bleek dat geparasiteerde larven minder werden aangetast door nematoden dan niet-geparasiteerde larven (Nielsen & Philipsen, 2005).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- In Oostenrijk is een relatie gelegd tussen de koolzaadglanskeverpopulatie en een bodemindex (0-100 waarbij 100 de bodems zijn met de hoogste opbrengstcapaciteit in het land), waarmee rekening is gehouden met bodemtype, humusgehalte, bodemdiepte, textuur, dichtheid, structuur, kalkgehalte, roestverschijnselen en bodem; de populatie koolzaadglanskevers nam toe met de bodemindex tot gemiddelde indexniveaus, maar nam daarna af. De auteurs suggereerden dat bij lage indexwaarden de kwaliteit van de plant mogelijk niet geschikt was voor de plaag, maar bij hogere waarden kan het gewas wellicht beter in staat zijn om zichzelf te beschermen tegen aanvallen van herbivoren. Het glucosinolaatgehalte, waarvan de afbraakproducten belangrijk zijn voor het bepalen van de locatie van de waardplant van de koolzaadglanskever, neemt toe bij toename van nutriënten. Maar op bodems van hogere kwaliteit kan de productie van andere secundaire verbindingen de afweer van planten verhogen tegen de koolzaadglanskevers (Skellern & Cook, 2018).
- Hogere en lagere hoeveelheden stikstof in de bodem hebben mogelijk een positieve invloed op de populatie koolzaadglanskevers, ten opzichte van een mediane hoeveelheid (Skellern & Cook, 2018). Een negatief effect van stikstof op de schade kan veroorzaakt worden door het significante effect van stikstof op de groei van koolzaad, door het compenseren van schade met nieuwe trossen bloemen (Valantin-Morison et al., 2007).

Grondbewerking

- Grondbewerking heeft een negatief effect op de poppen. Veel van die poppen kunnen echter gevuld zijn met sluipwespen, wat de natuurlijke beheersing negatief kan beïnvloeden. Meer gedetailleerde kennis is nodig wat de impact is van grondbewerking op de winteroverleving en het bestrijdingspotentieel van deze parasitoïden in het voorjaar (Williams, 2010).

Inundatie

- Dit is geen optie vanwege de te korte levensduur in de bodem.

Anaerobe grondontsmetting

- Dit is geen optie vanwege de te korte levensduur in de bodem.

2.15 *Agrotis* spp. (aardrupsen)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	•
Ui	•
Maïs	••
Wintertarwe	••
Zomertarwe	••
Wintergerst	•
Zomergerst	•
Rogge	•
Haver	•••
Triticale	?
Luzerne	••
Winterkoolzaad	•
Zomerkoolzaad	•
Hennep	?
Cichorei	•
Erwt (conserven)	•
Stamslaboon	••
Veld-/tuinboon	••
Spinazie	•
Peen	•
Schorseneer	?
Prei	•
Witlof	•
Sluitkool	•
Aardbei	•
Asperge	•
Dahlia	?
Gladiool	?
Lelie	?
Tulp	•
Bladrammenas	?
Gele mosterd	•
Engels raaigras	?
Italiaans raaigras	?
Facelia	?
Witte klaver	•
Bladkool	•
Tagetes	?
Japanse haver	•

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Aardrupsen zijn de larven van vlinders van de familie Noctuidae ofwel uilvlinders. Binnen deze familie geven de rupsen van het geslacht *Agrotis* de meeste schade. Soorten die geregeld voorkomen, zijn onder andere *Agrotis segetum*, *A. exclamationis* en *A. ipsilon*. De aardrups heeft 1 of 2 generaties per jaar in Nederland. De volwassen motten verschijnen in het voorjaar (eind april, begin mei) en na de zomer (september). Eieren worden vooral afgezet op de bladeren, maar ook wel op de bodem. Pas uitgekomen aardrupsen vreten aan de bladeren van diverse planten. Vanaf het derde larvale stadium verhuizen de aardrupsen naar de bodem, waar ze nog vijf tot zeven larvale stadia doorlopen. Ze verpoppen in de bodem. In een vergevorderd larvaal stadium overwinteren ze in de bodem en verpoppen in het volgend voorjaar (Qiu et al., 2013).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Aardrupsen hebben een breed spectrum aan waardplanten binnen de teeltgewassen en kunnen zich daarnaast ook nog vermeerderen op een aantal andere planten (Qiu et al., 2013). Aangezien de motten aanzienlijke afstanden kunnen afleggen, is de invloed van vruchtwisseling beperkt.
- Onderzoek in de VS naar rotatie en grondbewerking resulteerde niet in significante effecten van de afzonderlijke behandelingen, maar de interactie was significant (Johnson et al., 1984).

Natuurlijke beheersing

- Vele larven en kevers (loopkevers, kortschildkevers, weekschildkevers, etc.) vreten eitjes en jonge stadia van de rupsen.

Biologische bestrijding

- Er zijn *Bacillus thuringiensis* producten beschikbaar tegen bladetende rupsen. De werking tegen specifieke soorten hangt af van het type Cry-toxines die ze bevatten; Cry9Ca, Cry1Aa en CryFb geven een goed resultaat tegen aardrupsen (Gerritsen, 2003). Bestrijding (labproef) met de bacteriepreparaten Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) en Turex (*Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* x *kurstaki*) en de schimmels *Beauveria* spp. en *Paecilomyces fumosoroseus* (Preferal) bleken niet effectief tegen aardrupsen (Bloemhard, 2005). Onderzoek in Egypte naar de effectiviteit van Dipel 2X (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) resulteerde in een zeer goede bestrijding van de aardrups *A. ipsilon* in een aardappelteelt (Salama, 1999). CoStar WG met als werkzame stof *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* stam SA-12 kan ondermeer in ui, wortel, koolzaad en peulvruchten ingezet worden. In Nederland ontbreken aardrupsen als doelorganisme op het etiket (Ctgb), maar staan bijvoorbeeld wel op het etiket in Italië.

Andere maatregelen

- Beregenen van de percelen zorgt voor hoge mortaliteit van met name het 1ste en 2de stadium, de stadia die op het blad voorkomen.
- Irrigatie is effectief tegen de larven van *Agrotis segetum*. Indien toegepast aan het einde van de massale ovipositie of het begin van het uitkomen eitjes (eind mei of begin juni in het geval van de eerste generatie) kan leiden tot 75-85% sterfte. Een enkele irrigatie is voldoende om zaailingen tegen de larven te beschermen, en bevredigende resultaten worden verkregen door zelfs de helft van de normale hoeveelheid (30-40 mm / ha) water te geven (Moir & Szito, 2007).

2.16 *Onychiurus armatus* (ondergrondse springstaart)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	*
Suikerbiet	*
Ui	*
Maïs	*
Wintertarwe	*
Zomertarwe	*
Wintergerst	*
Zomergerst	*
Rogge	*
Haver	*
Triticale	*
Luzerne	••
Winterkoolzaad	*
Zomerkoolzaad	*
Hennep	*
Cichorei	*
Erwt (conserven)	*
Stamslaboon	*
Veld-/tuinboon	*
Spinazie	*
Peen	*
Schorseneer	*
Prei	*
Witlof	*
Sluitkool	*
Aardbei	*
Asperge	*
Dahlia	*
Gladiool	*
Lelie	*
Tulp	*
Bladrammenas	-
Gele mosterd	*
Engels raaigras	•••
Italiaans raaigras	•••
Facelia	*
Witte klaver	•••
Bladkool	*
Tagetes	*
Japane haver	*

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

* omdat het voedsel van springstaarten hoofdzakelijk bestaat uit organische stof en dood organisch materiaal, heeft vruchtwisseling weinig invloed.

De ondergrondse springstaart *Onychiurus armatus* wordt actief zodra de bodemtemperatuur in het voorjaar boven de 5°C uitkomt. Ze zetten hun eieren in groepjes af in de bodem. Na het uitkomen van de eieren doorlopen de larven vijf stadia. Ze kunnen in allerlei stadia de winter overleven. Er is veel discussie over de snelheid van het verloop van de levenscyclus. Sommige onderzoekers geven aan dat er slechts één generatie per jaar is, terwijl anderen aangeven dat *O. armatus* jaarlijks wel vier tot vijf generaties kunnen voltooien in West-Europa. Volgens Amerikaanse onderzoekers is het aantal generaties afhankelijk van de beschikbaarheid van voedsel, de weersomstandigheden en de hoeveelheid vocht in de bodem (Qiu et al., 2013).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Ondergrondse springstaarten vermeerderen goed op Italiaans raaigras, wikke, klaver en matig op luzerne (Qiu et al., 2013).
- Ze veroorzaken geen schade in aardappelen. Incidenteel kunnen ze flinke schade veroorzaken in bieten (Qiu et al., 2013).

Organische stof

- Springstaarten voeden zich hoofdzakelijk met afgestorven plantenresten, bacteriën, schimmeldraden, schimmelsporen, algen, uitwerpselen en dode bodeminsecten (Qiu et al., 2013), enkele soorten worden in verband gebracht met gewasschade.
- Op percelen met verse organische stof (groenbemester in het najaar) veroorzaken ze minder schade dan op percelen zonder groenbemester. Bladrammenas is daarbij veiliger dan Italiaans raaigras, omdat het de springstaarten minder vermeerdert. Met beide groenbesters kun je de organische stof verhogen (alternatief voedsel), maar bij de bladrammenas heb je minder springstaarten na de teelt van je groenbesters in vergelijking met Italiaans raaigras. (Sievers, 1989; Sievers & Ulber, 1990).

Grondbewerking

- Het licht aandrukken van het bodemoppervlak kan schade beperken (IRS).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- In vochtige, zware kleigronden en löss, vooral met hoge organische stofgehalten, zijn de aantallen springstaarten het grootst en komt de meeste schade voor (Qiu et al., 2013; IRS).
- Schade aan jonge planten wordt vooral waargenomen in koude en natte voorjaren. De springstaart is erg gevoelig voor droogte en de schade is afhankelijk van de bodemdichtheid, waardoor de hoeveelheid schade moeilijk is te voorspellen. Hoe losser de structuur, hoe actiever de springstaarten zijn en hoe meer schade op kan treden (Qiu et al., 2013).

Andere maatregelen

- Vroeg zaaien leidt tot meer aantasting, doordat het dan vaak kouder is, de bieten langer onderweg zijn tot de opkomst en daardoor langer vatbaar zijn voor springstaartenschade. Datzelfde geldt voor diep zaaien (IRS).

2.17 *Blaniulus guttulatus* (roodstip)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	*
Suikerbiet	*
Ui	*
Maïs	*
Wintertarwe	*
Zomertarwe	*
Wintergerst	*
Zomergerst	*
Rogge	*
Haver	*
Triticale	*
Luzerne	*
Winterkoolzaad	*
Zomerkoolzaad	*
Hennep	*
Cichorei	*
Erwt (conserven)	*
Stamslaboon	*
Veld-/tuinboon	*
Spinazie	*
Peen	*
Schorseneer	*
Prei	*
Witlof	*
Sluitkool	*
Aardbei	*
Asperge	*
Dahlia	*
Gladiool	*
Lelie	*
Tulp	*
Bladrammenas	*
Gele mosterd	*
Engels raaigras	*
Italiaans raaigras	*
Facelia	*
Witte klaver	*
Bladkool	*
Tagetes	*
Japanse haver	*

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

Roodstip (*Blaniulus guttulatus*, ook wel de gespikkelde miljoenpoot) is een miljoenpootsoort. Volwassen miljoenpoten zetten hun eieren af in holtes in de bodem. Larven en adulten leven in de bodem. Er is in de literatuur weinig informatie over de hoeveelheid schade die miljoenpoten aan de verschillende gewassen veroorzaken. Volgens teeltadviseurs wordt in Zuid-Limburg weinig schade waargenomen in andere gewassen dan suikerbieten en aardappelen, maar dit zou ook kunnen komen, doordat schade niet herkend wordt. Miljoenpoten kunnen in aardappelen de kwaliteit negatief beïnvloeden, doordat ze gangen maken in de knollen (Qiu et al., 2013). Roodstip kan zowel primaire (oppervlakkige vraatplekken) als secundaire (in reeds door muizen aangevreten knollen) schade aanrichten. Meestal is schade oppervlakkig en gezien het zeer incidentele karakter van voorkomen is economische schade beperkt. Een andere soort miljoenpoot is ook aangetroffen in aardappelen in Duitsland, vermoedelijk afkomstig uit het geslacht *Cylindroiulus* spp. Het achtergebleven gaatje was niet van een gaatje door

ritnaalden te onderscheiden. In Nederland is geen schade uit dit geslacht gedocumenteerd (van Rozen & Huiting, 2015).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Miljoenpoten hebben geen specifieke waardplanten waar ze zich goed op vermeerderen, het zijn alleseters. Ze zijn zeer polyfaag wat betreft plantenkeuze, maar voeden zich voornamelijk met dood organisch materiaal of organische stof. Hierdoor heeft gewasrotatie weinig zin om schade te voorkomen (Qiu et al., 2013).

Organische stof

- Miljoenpoten hebben een voorkeur voor percelen met een hoog organische stof gehalte (Qiu et al., 2013), dit geldt ook voor biologische glastuinbouw en de gangbare grondgebonden sierteelt onder glas (Messelink & Bloemhard, 2005).
- Schade treedt vooral op in percelen waar veel organische stof, zoals stro, in de bodem aanwezig is of wordt ingewerkt (Qiu et al., 2013), in de kasteelt kan organische bemesting leiden tot extreem hoge dichtheden miljoenpoten (Messelink & Bloemhard, 2005, van Genuchten et al., 2010).
- In suikerbieten is ervaring met schade na de teelt van een groenbemester met niet-kerende grondbewerking (IRS).
- De verteringsgraad van een compost bleek sterk bepalend voor de ontwikkelingssnelheid van miljoenpoten (Messelink & Bloemhard, 2005).

Biologische bestrijding

- Mortaliteitseffecten zijn waargenomen door entomopathogene nematoden op miljoenpoten (Poinar & Thomas, 1985; Jaworska, 1994). Miljoenpoten zijn vochtminnend en komen in het algemeen voor in omgevingen die gunstig zijn voor de overleving van entomopathogene nematoden. De duizendpoot *Oxidus gracilis* is een kosmopolitische soort die veel voorkomt in kassen en kwekerijen. Deze soort voedt zich met humus en afval en heeft een voorkeur een hogere luchtvochtigheid (Poinar & Thomas, 1985).

Grondbewerking

- Grondbewerking is een belangrijke maatregel om miljoenpoten in de bodem te verlagen. Naast het direct doden van miljoenpoten, breekt grondbewerking grondaggregaten uit elkaar en worden de natuurlijke gangen vernietigd.

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Miljoenpoten zijn het meest actief op klei- en lössgronden met een losse structuur (Qiu et al., 2013).

Inundatie

- Mogelijk vergelijkbare effecten als wortelduizendpoot (zie paragraaf 0).

Anaerobe grondontsmetting

- Mogelijk vergelijkbare effecten als wortelduizendpoot (zie paragraaf 0).

2.18 *Scutigera immaculata* (wortelduizendpoten)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	?
Suikerbiet	?
Ui	?*
Maïs	?
Wintertarwe	?
Zomertarwe	?
Wintergerst	-
Zomergerst	-
Rogge	-
Haver	-
Triticale	?
Luzerne	?
Winterkoolzaad	?
Zomerkoolzaad	?
Hennep	?
Cichorei	?
Erwt (conserven)	?
Stamslaboon	?
Veld-/tuinboon	?
Spinazie	?
Peen	?
Schorseneer	?
Prei	?
Witlof	?
Sluitkool	?
Aardbei	?
Asperge	?
Dahlia	?
Gladiool	?
Lelie	?
Tulp	?
Bladrammenas	?
Gele mosterd	?
Engels raaigras	-
Italiaans raaigras	-
Facelia	-
Witte klaver	-
Bladkool	?
Tagetes	?
Japanse haver	?

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

* aangepast: in de praktijk grote schade in uien waargenomen (van Beers, pers. comm.).

Wortelduizendpoten overwinteren hoofdzakelijk in het volwassen stadium. Ze kunnen tot wel 1,2 m diep in de bodem zitten. In het voorjaar (vanaf 4,5 °C) beginnen ze met de ei-afzet. Elk vrouwtje legt vier tot 25 eieren per keer. De larven komen na acht tot 28 dagen uit de eieren. Dit is afhankelijk van de temperatuur en de vochtigheid. De jonge larven hebben zes paar poten en iedere keer als ze vervellen neemt het aantal poten en segmenten toe, tot maximaal twaalf paar. Na ongeveer de negende vervelling (40-60 dagen later) zijn de dieren volwassen en begint de ei-afzet opnieuw. De ei-afzet duurt tot de herfst. Wortelduizendpoten kunnen 2,5 tot vier jaar overleven (Qiu et al., 2013).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- In de Nederlandse bioteelt geven wortelduizendpoten momenteel problemen op specifiek zwaardere gronden met een graslandverleden.
- Gewasrotatie kan plotselinge verschuivingen in populatiedichtheden verklaren. Er is aangetoond dat populaties aanzienlijk afnemen in aardappelgewassen, voldoende voor een gevoelige volgteelt. Bodembekkers/groenbemesters hebben ook invloed op de populatiegrootte. Mosterd- en spinaziegewassen zijn zeer goede waardplanten en kunnen tot een toename leiden (Jessie & Dreves, 2020). Luzerne is ook een goede waardplant (Van Beers, pers. comm.).
- De teelt van aardappelen leidt tot significant lagere populaties wortelduizendpoten (Umble, 2003).
- Schadedrempel is rond de 1 tot 2 wortelduizendpoten per 6.8 L grond in matig tot sterk gevoelige gewassen, zoals broccoli, pompoen, spinazie en kool. In tolerantere gewassen als aardappel en granen leiden wortelduizendpoten niet tot aanzienlijke schade, zelfs niet bij hogere populatiedichtheden (Jessie & Dreves, 2020). Uien zijn ook gevoelig voor schade (Van Beers, pers. comm.).
- Na gele mosterd als groenbemester zitten er meer wortelduizendpoten in de bodem dan na gerst, rogge en haver. Doordat wortelduizendpoten zich voeden met afgestorven plantenresten, gisten, schimmels, mest en grond, lijkt de vermeerdering niet afhankelijk van de voorvrucht, maar des te meer van de bodemstructuur en de hoeveelheid vocht in de bodem. Om deze reden is in het bodem-plagenschema weinig informatie opgenomen over de vermeerdering (Qiu et al., 2013).

Organische stof

- De wortelduizendpoot lijkt een voorkeur te hebben voor levendige, sappige plantendelen, maar voedt ook op verterend materiaal (Michelbacher, 1938).

Natuurlijke beheersing

- Echte duizendpoten, of chilopoden, behoren tot de belangrijkste natuurlijke vijanden tegen wortelduizendpoten (Michelbacher, 1938).
- Roofmijten kwamen meer voor in bodems met grote hoeveelheden residu van bodembedekkers. Deze predatoren waren niet gecorreleerd met lagere populaties symphylans, een onderstam van de duizendpoten. Grondbewerking in het voorjaar reduceerde drastisch populaties van *Pergamasus quisquiliarum*, een bekende predator van wortelduizendpoten. Bodembedekkers verhoogden zowel de verhouding roofmijten / duizendpoten als ook de totale populatie potentiële prooien, waardoor het vermogen van roofmijten om duizendpootpopulaties te reguleren lager werd (Peachy et al., 2002).

Grondbewerking

- Veelvuldige grondbewerking is ongunstig voor wortelduizendpoten (Michelbacher, 1938).
- Wortelduizendpoten zijn in het algemeen een probleem in geïrrigeerde gewassen geteeld op alluviale bodems met een zeer goede bodemstructuur. Zowel de wortelduizendpootdichtheid als gewasgezondheid wordt beïnvloed door intensiteit van de grondbewerking, gewasoorten, plantdatum en gewasstadium. Oppervlakkige grondbewerking is een belangrijke maatregel tegen wortelduizendpoten (Jessie & Dreves, 2020).

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- In zware klei en lössgronden, vooral de gronden met een hoog organische stof gehalte, zijn de aantallen wortelduizendpoten het hoogst (Cooke, 1992, in; Qiu et al., 2013).
- In uien wil beregenen met minimaal 30 mm water de aantasting wel afremmen (Van Beers, pers. comm.).

Inundatie

- Inundatie van twee weken of langer is een geschikte en bevredigende methode in Californië in gebieden waar het kan worden uitgevoerd (Michelbacher, 1938).

Anaerobe grondontsmetting

- Wortelduizendpoten worden zeer goed bestreden door anaerobe grondontsmetting (Lamers & Van Os, 2016)

2.19 *Tetranychus urticae* (bonenspintmijt)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	?
Erwt (conserven)	?
Stamslaboon	?
Veld-/tuinboon	?

Alleen de volwassen bonenspintmijt komt soms in de bodem voor. Bonenspintmijten vliegen niet. De bonenspintmijt ontwikkelt zich ontzettend snel bij warm en droog weer met een lage luchtvochtigheid. De laatste jaren worden problemen gemeld in aardappelen; door de hogere temperaturen ontwikkelen de verschillende stadia ei, larve, protonimf, deutonomf en volwassenen zich snel. De laatste jaren komen ook meldingen binnen bij de diagnostiekafdeling in cichorei en suikerbieten, met name op percelen die al last hadden van droogte (Raaijmakers, pers. comm.). In aardappelen kunnen zeer hoge dichtheden voorkomen, er zijn geen meldingen bekend dat dit leidt tot problemen in de volgteelt op hetzelfde perceel.

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- De bonenspintmijt tast zeer veel verschillende gewassen aan. Bonenplanten, o.a. de snijboon, zijn zeer goede waardplanten voor spint. Maar ook aubergine, augurk, tomaat, komkommer, erwten en paprika worden aangetast. In de VS worden aantastingen vooral gevonden in sojabonen en maïs. Daarnaast komen er steeds meer berichten van aantasting in aardappelen in Nederland voor (Velema & Otter, 2014).
- In de teelt van consumptieaardappelen is Markies zeer gevoelig voor bonenspintmijt. In de teelt van zetmeelaardappelen zijn duidelijk rasverschillen zichtbaar. Met name Saprodi, Aveka, Altus, Stratos, Avarna en Sarion zijn zeer gevoelig voor schade (Hanekamp, 2020). In een zwaar aangetast aardappelgewas kwam vermenging voor met een ander ras; die individuele planten werden niet aangetast (Mulder & Turkensteen, 2008). Inventarisatie van een zwaar besmet aardappelperceel (Markies) in 2019 wijst hier ook op, de schade stopte op de grens met een aanliggend ander ras, waarop geen bonenspintmijten zijn vastgesteld (Kees Kooistra, pers. comm.). Harigheid van het blad en bitter smakende stoffen zijn vastgestelde resistente en tolerante eigenschappen tegen bonenspintmijt (Velema & Otter, 2014).

Natuurlijke beheersing

- De meest effectieve natuurlijke bestrijding van bonenspintmijt is door de schimmel *Neozygites floridana*. Deze schimmel kan in veel soorten gewassen voorkomen en werkt specifiek op spintmijt en in alle stadia (van ei tot volwassene). Gunstige leefomstandigheden komen echter niet geheel overeen tussen de schimmel en de mijt, maar in korte tijd kan een grote populatie bonenspintmijten flink reduceren (Velema & Otter, 2014). Mogelijk is er een natuurlijke plaagonderdrukking of stabiel evenwicht, en zijn bepaalde ingrepen (habitatbeheer) of veranderende weersomstandigheden oorzaken die dat evenwicht verstoren, waardoor de populatie bonenspintmijten de gewassen intrekt.

Biologische bestrijding

- In kassen wordt bonenspintmijt onder andere bestreden met de roofmijt *Phytoseiulus persimilis*. Andere natuurlijke vijanden zijn soorten roofwantsen van de geslachten *Orius* en *Anthocoris*, de galmug *Feltiella acarisuga* en het kevertje *Stethorus punctillum* (Velema & Otter, 2014).
- In de buitenteelt zijn inmiddels ook goede ervaringen met de roofmijt *Neoseiulus californicus* opgedaan (Van Beers, pers. comm.).

Andere maatregelen

- Planten die last hebben van (droogte)stress worden als eerste aangetast. Vooral op hogere stukken en aan de randen van een perceel en op plaatsen waar de plantdichtheid iets lager is, is de kans op aantasting groter (Velema & Otter, 2014). Dit zelfde speelt ook in cichorei en suikerbieten (Raaijmakers, pers. comm.).

-
- Bramen, brandnetels en paardenbloemen zijn goede overwinteringsgewassen (Yano, 1998).
 - Mogelijk heeft het maairegime van de randen en de bermen invloed op de ontwikkeling en verspreiding van deze bonenspintmijten. Satellietbeelden kunnen een bijdrage leveren; in 2019 werden twee kleine plekjes met satellietbeelden vastgesteld, die mogelijk geleid hebben tot de verdere verspreiding van de schade in een belendend aardappelgewas (Van Rozen, pers. comm.).
 - In het westen van de VS komt de bonenspintmijt in aardappelen algemeen voor, maar geeft slechts zelden ernstige schade (Velema & Otter, 2014).

2.20 *Deroceras reticulatum* (gevlekte akkerslak)

Gewas	Schade/vermeerdering
Aardappel	•
Suikerbiet	••
Ui	•
Maïs	•
Wintertarwe	••
Zomertarwe	•
Wintergerst	••
Zomergerst	•
Rogge	•
Haver	•
Triticale	•
Luzerne	••
Winterkoolzaad	•••
Zomerkoolzaad	••
Hennep	?
Cichorei	?
Erwt (conserven)	•
Stamslaboon	•
Veld-/tuinboon	•
Spinazie	?
Peen	•
Schorseneer	?
Prei	-
Witlof	•
Sluitkool	•
Aardbei	••
Asperge	?
Dahlia	?
Gladiool	?
Lelie	?
Tulp	?
Bladrammenas	•••
Gele mosterd	•
Engels raaigras	••
Italiaans raaigras	••
Facelia	•
Witte klaver	•••
Bladkool	•
Tagetes	?
Japanse haver	?

Bron: Qiu et al 2013, <https://edepot.wur.nl/294276>

In Nederland komen ca. 25 soorten naaktslakken voor. Een deel van deze slakken wordt regelmatig bovengronds waargenomen omdat ze zich voornamelijk voeden met bovengrondse plantendelen. Andere soorten slakken worden bovengronds zelden waargenomen en vreten hoofdzakelijk ondergrondse plantendelen. Alle naaktslakken benutten de bodem om te schuilen en eitjes af te zetten. Paring vindt hoofdzakelijk bovengronds plaats. Door een goede aanpassing aan de huidige cultuurmaatregelen is de gevlekte akkerslak (*Deroceras reticulatum*) de belangrijkste veroorzaker van schade (Van Rozen et al., 2012).

Maatregelen bodemgezondheid

Vruchtwisseling

- Slakken foerageren op vele gewassen. Vruchtwisseling kan vooral benut worden om grote stijgingen van slakkenpopulaties te voorkomen.

Organische stof

- Met het toedienen van dierlijke mest en groenbemesters wordt het organische stof gehalte in de bodem verhoogd, wat gunstig is voor naaktslakken. De mate van vermeerdering hangt in een groenbemester af van het type groenbemester. Door de teelt van gele mosterd kan de slakkenpopulatie uitbreiden, maar in veel mindere mate dan door bladrammenas. Meer informatie is terug te vinden in Haagsma et al. (2019) en Huiting et al. (2006).

Natuurlijke beheersing

- Naaktslakken dienen als voedsel voor verschillende vogels waaronder eenden, kikkers, padden, egels, mollen en spitsmuizen. Loopkevers en kortschildkevers jagen veel op slakkeneieren.
- In 2020 (Rowen et al.) is een meta-analyse uitgevoerd naar studies tussen 1983 en 2017 over de effecten van weinig grondbewerking (bijv. niet bewerken, eggen, ondiep schijveneggen) op de aanwezigheid plaaginsecten (bodemlagen incl. slakken) en natuurlijke vijanden in vergelijking met grondbewerking met veel verstoringen (bijv. ploegen). Bodemplaaagdichtheden kwamen niet in hogere aantallen in percelen met weinig grondbewerking voor ten opzichte van percelen met zeer intensieve grondbewerking. Dit kan verklaard worden door hogere dichtheden aan natuurlijke vijanden in minder verstoorde bodems (Rowen et al., 2020).

Biologische bestrijding

- Slakken kunnen effectief bestreden worden met slakkenkorrels op basis van ijzer(III)fosfaat; de resultaten zijn vergelijkbaar aan metaldehyde (Huiting & Ester, 2008). Meerdere middelen zijn commercieel beschikbaar en hebben een toelating in de biologische landbouw.
- Gevlekte akkerslakken kunnen effectief bestreden worden met de slakkenparasitaire nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita*. De werking is vergelijkbaar met metaldehyde, is in meerdere gewassen aangetoond (Ester & Wilson, 2005; Ester et al, 2003ab; van Rozen & Ester, 2004). Producten zijn commercieel beschikbaar, voor de meeste landbouwgewassen is het product echter nog te duur. Er is onderzoek gedaan naar vergelijkbare soorten slakkenparasitaire nematoden (o.a. Mc Donnell et al., 2020), soorten die mogelijk efficiënter geproduceerd kunnen worden.
- Kasproeven met etherische oliën (tijm en groene munt) resulteerde in vergelijkbare afdodingen ten opzichte van metaldehyde, en leidde niet tot zichtbare fytotoxiciteit aan de blootgestelde gewassen (Klein et al., 2019).

Grondbewerking

- Grondbewerking heeft een negatief effect op slakken, zowel op eitjes als de dieren zelf. Er zijn ervaringen met graspercelen en geogoste koolzaadpercelen waar in het najaar honderden gevlekte akkerslakken per vierkant meter werden vastgesteld, maar waar de schade in graan en koolzaad vervolgens meeviel. De indruk was dat het intensief frezen en inwerken van het bovengrondse plantmateriaal voorafgaand aan het zaaien de reden was (Van Rozen, pers. comm.).
- Een fijn zaaibed, aandrukken en verdichten van het bodemoppervlak direct na zaaien wordt aanbevolen. Dit beperkt bovengrondse activiteit van de slakken wat leidt tot minder schade aan het opkomende gewas.

Overige bodemeigenschappen; pH, grondsoort, textuur, vochtgehalte, bemesting, mineralen, biostimulanten

- Schade komt vooral voor op de zwaardere klei- en lössgronden en nauwelijks op zand- en veengronden (Qiu et al., 2013).
- Schade vindt in vochtige zomers en zachte winters jaarrond plaats, met uitschieters bij zaaien en planten in het voorjaar of najaar. Dit geldt vooral voor suikerbieten en cichorei waarbij schade optreedt in het kiemblad- tot vierbladstadium. Daarna doen de slakken geen schade meer (Raaijmakers, pers. comm.).
- Zeer jonge slakjes eten reeds zacht plantmateriaal, maar slakken eten ook organische stof, algen, vruchten en knollen (Qiu et al., 2013).

Andere maatregelen

- Er zijn meerdere beslissingsondersteunende systemen voorgesteld in de aanpak van gevlekte akkerslakken (Brun et al., 2014; HGCA, 2005).

-
- Voor de echte bodemslakkenplagen (kiel­slakken en in mindere mate wegs­lakken) die ondergronds schade kunnen veroorzaken aan aardappelen (Van Rozen et al., 2012), is een voorstel gedaan tot aanpak slakken voorafgaand aan een aardappel­teelt (najaar) en een aanpak slakken tijdens een aardappel­teelt (<https://kennisakker.nl/archief-publicaties/slakkenschade-in-aardappelen3196>).

3 Samenvatting per bodemplaaag en impact op gewas

Dit hoofdstuk probeert de kern van de bodemplaaagproblematiek per plaag kort weer te geven, in samenhang met het gewas. Problemen met bodemplagen zijn per gewas verschillend, terwijl verschillende gewassen te maken hebben met verschillende bodemplagen (Tabel 1). Meerdere bodemplagen kunnen in eenzelfde perceel voorkomen. Grasland speelt een belangrijke rol, ook gezien landruil tussen akkerbouwers en veehouders, en vergt een andere aanpak dan grassen en granen in akkerbouw-rotaties. Daarnaast zijn er meerdere aspecten die een verbetering teweeg kunnen brengen in de bestaande problematiek rondom bodemplagen, bijvoorbeeld het veranderen van de bodemgezondheid, verhogen van de biodiversiteit, het vasthouden van CO₂ en het tegengaan van N-verlies, wat leidt tot het gebruik van groenbemesters en organische mest en hierdoor hogere organische-stof gehalten. Dit laatste aspect kan invloed hebben op zowel bodemplaaagdichtheden als een betere weerbaarheid van het gewas. Wat zijn de gevolgen voor een transitie naar meer eiwit van eigen land? Voor details wat betreft specifieke maatregelen en bodemplagen wordt verwezen naar Hoofdstuk 1 en 2.

Ritnaalden zorgen de laatste jaren voor meer problemen in onder andere mais, aardappelen en diverse biologische teelten en is hiermee een sleutelplaag. Toenemende organische-stof zou het probleem kunnen verhogen volgens de buitenlandse literatuur. Ritnaalden vergt een preventieve aanpak, dit geldt met name voor gewassen waar ritnaaldschade later in de teelt schade veroorzaakt aan het eindproduct en waartegen op dat moment geen maatregel uitgevoerd kan worden. Aardappelen telen na langjarig grasland kan problemen geven maar niet altijd. Met het permanent in gebruik houden van grasland of ingebed in een (ruim) akkerbouw- of tuinbouwrotatie kan de problematiek rondom ritnaalden worden ontlopen. Mogelijkheden liggen bij methodiek en moment van gras onderwerken en het telen van minder ritnaaldgevoelige volgteelten. Grasland en granen in een voldoende ruim rotatieverband geven weinig problemen, maar met gras als vanggewas in de eilegfase neemt het risico weer toe. Een gerichte grondbewerking op eitjes en de jongste larvale stadia zou de plaagdruk in rotatiesystemen (direct na oogst van een waardplant) kunnen verminderen. Vooralsnog zijn er geen effectieve biologische en groene gewasbeschermingsmiddelen beschikbaar tegen ritnaalden. Het vroegtijdig vaststellen van de plaagdruk in een perceel is een vereiste; hiervoor zijn betrouwbare monitorings-systemen nodig. De betrouwbaarheid van de huidige systemen is niet optimaal en deze betrouwbaarheid heb je als teler wel nodig om een gevoelig gewas als aardappelen of suikerbieten te telen. Een betrouwbaar monitoringssysteem leidt ook tot een doelgerichtere inzet van de toegelaten gewasbeschermingsmiddelen, wat het gebruik aan insecticide kan verlagen en past binnen de IPM-strategie. Mogelijkheden voor verbeterde monitoring liggen waarschijnlijk meer in bovengrondse monitoring (kniptorren) voor risico-inschatting van een besmetting dan in het bepalen van de feitelijke ritnaaldbezetting.

Van de **koolvliegen**, met name de eitjes en de maden, zijn volgens de literatuur effectieve natuurlijke vijanden bekend. Zowel in het voorjaar maar met name richting het najaar neemt predatie en parasitering toe, het laatste leidt tot een lagere plaagdruk in het voorjaar. Belangrijke natuurlijke vijanden als roofkevers en roofmijten gedijen beter op gronden met meer organisch materiaal. Verhoging van de organische stof leidt niet tot een hogere koolvliegdrak, de trigger voor eileg is voor koolvlieg het koolgewas. Maskering van de specifieke waardplant door middel van bijvoorbeeld mengteelten biedt mogelijkheden. Grondbewerking is een manier om eitjes te verstoren, en zou in combinatie met mechanische onkruidbestrijding meer aandacht verdienen. Aandacht voor neveneffecten van mechanische grondbewerking op de natuurlijke vijanden is nodig, maar lijkt beperkt (Rombout et al., 2019). Verder kan onderzocht worden of mechanische wering (gaas) eventueel in combinatie met een lokgewas in de akkerrand een (technisch en economisch) haalbare optie is.

Tabakstrips is geen typische bodemplaaag, maar door meerdere generaties per seizoen komt de tabakstrips als pop in de bodem voor. De tabakstrips overwintert als adult in de bodem.

Bodemverbetering met organisch materiaal kan leiden tot betere leefomstandigheden voor natuurlijke vijanden en weerbaardere gewassen tegen tabakstrips. Droge teeltomstandigheden leiden tot extremere schadebeelden; dit wordt mogelijk minder wanneer het organische stof niveau wordt verhoogd en hiermee de vochtvasthouding verbeterd. Organische stof toediening, mogelijk in combinatie met een verrijking aan regenwormen, lijkt hiermee het basisniveau van een plaagwerende bodem te verhogen. Vergelijking van biologische met gangbare ui- en preiteelten kan inzicht geven.

De aanpak van **uienvlieg** is vergelijkbaar met koolvlieg; verhogen van het organisch materiaal kan een bijdrage leveren aan een plaagwerende bodem. De waardplant is ui en andere ui-achtigen en schade kan bestaan uit plantwegval en schade aan het te oogsten product. De steriele insecten techniek (SIT) zorgt bovengronds voor een bepaald beheersingsniveau van de uienvlieg. Meer gebruik van dit systeem is gewenst.

De aanpak van **wortelvlieg** is vergelijkbaar met koolvlieg, verhogen van het organisch materiaal kan een bijdrage leveren aan een plaagwerende bodem. De waardplant is peen en andere schermbloemigen, economische schade wordt geleden door schade aan het verkoopbare product. Rekening houden met de zaaidatum lijkt zeer effectief. Uienolie lijkt ook bij te dragen aan de beheersing van de wortelvlieg. Daarnaast zorgt een geleid monitoringssysteem voor een gerichte inzet van het beperkt aantal toegelaten gewasbeschermingsmiddelen.

Bonenvlieg is de uitzondering op de overige plaagvliegen besproken in dit rapport. Bonenvlieg laat zich leiden door vers organisch materiaal en kiemend zaad van met name vlinderbloemigen, gewasrotatie heeft weinig invloed op dit plaaginsect. Binnen de biologische landbouw is bonenvlieg een sleutelplaag. Een algehele toename/opbouw van organische stof kan hierin een rol spelen, maar waarschijnlijker is dat vers organisch materiaal veelal aan de oppervlakte blijft liggen waar de bonenvlieg op af komt. Goed en vroegtijdig onderwerken van vers organisch materiaal is effectief. Vergelijkbare natuurlijke vijanden als tegen koolvlieg kunnen worden gestimuleerd voor de beheersing van bonenvlieg; de inzet van organische stof kan dit stimuleren, maar meer kennis is nodig naar de verschillende effecten van verschillende aanvoerbronnen en de toepassing hiervan, enerzijds op de eifazet en het gedrag van de bonenvlieg, anderzijds op de positieve effecten van de plantweerbaarheid.

Bietenvlieg kan voor aanzienlijke schade in suikerbieten zorgen, maar de economische schadedrempel om in te grijpen is hoog. De jonge suikerbietplanten kunnen veel schade verdragen, die wordt veroorzaakt door de eerste generatie. Latere generaties leiden vrijwel niet tot economische schade. In tegenstelling tot de andere plaagvliegen worden de eitjes op het blad afgezet en zijn de maden bladminerend; alleen verpopping en overwintering als pop vindt in de bodem plaats. Een plaagwerende bodem kan dus een bijdrage leveren aan de beheersing van de plaag, maar de bovengrondse fase is nog belangrijker in het beheersen van de plaag.

Engerlingen veroorzaken van de gewassen in dit rapport alleen schade in aardappelen, en alleen wanneer gebruik wordt gemaakt van gescheurd grasland op zandgrond. Onderzoek heeft aangetoond dat de grotere stadia van deze engerlingen effectief kunnen worden afgedood door intensieve grondbewerking in de nazomer. Deze grondbewerking is juist voor grasland op zand lastig in verband met N-uitspoeling en regelgeving. In hoeverre een intensieve grondbewerking leidt tot meer N-uitspoeling ten opzichte van een beschadigd perceel door engerlingen en engering etende dieren, is niet bekend. Voldoende vocht in de zomer en nazomer kan echter ook de symptomen in grasland maskeren die een voor aardappelen nog schadelijke populatie bezitten, een late voorjaarsgrondbewerking zou hier uitkomst kunnen bieden. Er zijn aanwijzingen dat engerlingen meer voor kunnen komen op organisch rijkere zandgronden met gras, wat voor een volgteelt als aardappelen problemen op kan leveren. In het buitenland is enig onderzoek gedaan naar endofyten in graslanden tegen engerlingen; deze methodiek kan bijdragen aan de plaagweerbaarheid. Het weren van de meikever via kruidenrijkere graslanden en met bijvoorbeeld een onaantrekkelijk gewas (boerenwormkruid) om eileg te voorkomen is een optie om nader te bekijken.

Emelten houden over het algemeen van wat vochtiger omstandigheden, en zijn in tegenstelling tot ritnaalden en engerlingen meer aan de oppervlakte van de bodem actief. Dit leidt voornamelijk tot bovengrondse vraatschade. Eitjes worden ook, in tegenstelling tot ritnaalden en engerlingen,

oppervlakkig afgezet en zijn hierdoor gevoeliger voor uitdrogen, predatie en parasitering. Biologische bestrijding met entomopathogene nematoden en *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* heeft tot goede en betrouwbare effecten geleid tegen L1-L3 stadia van de emelten in het najaar op grasland. Toepassing van entomopathogene nematoden zijn echter op grasland, om bodemplagen in een volgteelt van de acht in dit rapport genoemde gewassen te voorkomen, voornamelijk te duur. *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* is niet toegelaten in Nederland. De indruk is dat door de warmere en drogere (na-) zomers minder problemen met emelten voorkomen, ook wordt vrijwel geen schade meer door emelten in de winter op grasland gemeld. Dit laatste kan ook een gevolg zijn van de zachtere winters, in het verleden speelde uitwintering in koudere winters en emeltschade op grasland vaak door elkaar heen.

De beste strategie tegen **bietenkevers** is het combineren van vruchtwisseling met enkele gerichte teeltmaatregelen. Vermijd biet op biet of biet naast biet (minimaal 30 meter tussen het perceel van vorig jaar en het nieuw in te zaaien perceel) in opeenvolgende jaren. Dit zorgt in combinatie met een insecticide zaadbehandeling (tefluthrin) in de huidige landbouwsystemen met suikerbiet voor voldoende bescherming tegen plantwegval. In hoeverre vruchtwisseling zonder zaadbehandeling tot voldoende bescherming leidt, is niet geheel duidelijk. Extra aandacht voor bepaalde maatregelen is waarschijnlijk noodzakelijk. Dit betreft schoon oogsten en de overgebleven gewasresten voldoende diep onderwerken, waarmee de migratie van bietenkevers naar de nieuwe bietenpercelen wordt vertraagd. Dit betreft ook zaaien op het juiste moment, niet te vroeg en niet te laat, met groeizaam weer in het vooruitzicht. Er zijn twee extra aanwijzingen dat bietenkever dan waarschijnlijk geen problemen meer opleveren; 1) het probleem bietenkever doet zich vooral voor op kleigronden, naarmate de percelen zanderiger zijn neemt de problematiek af. In laatstgenoemde gebieden is zaadbehandeling voor bietenkevers niet nodig en 2) in het verleden zijn veel veldproeven uitgevoerd om bijvoorbeeld middelen te testen op uiteenlopende gronden, waar vrijwel geen schade door bietenkevers optrad. Na het twee- tot vierbladstadium is het gevaar van plantwegval geweken. Bovengrondse aantasting door bietenkever, dat plaatsvindt bij temperaturen boven 15 graden Celsius, leidt zelden tot financiële schade. Binnen de PPS FAB⁺ wordt het extra stimuleren van natuurlijke vijanden tegen de bietenkever verkend.

De **bladrandkever** is een algemeen voorkomende plaag in vlinderbloemigen. De bladkevers kunnen enorme hoeveelheden eieren afzetten. Dit geeft een overlevingsstrategie van de soort aan waarbij hoge aantallen nakomelingen sterven, maar voldoende overblijven om de soort in stand te houden. Oppervlakkige eileg leidt tot veel predatie en parasitering; het niet bewerken van de grond heeft dan ook geleid tot minder plaagdruk en schade ten opzichte van bewerkte grond. In het kader van de transitie naar meer eiwit van eigen land moet rekening gehouden worden met deze plaag, mogelijk nog meer indien het klimaat warmer wordt (vroegere activiteit). In het buitenland in regio's waar veel vlinderbloemige gewassen worden geteeld is ervaring met de bladrandkever, waarvan we de kennis kunnen benutten voor Nederland.

Met het warmer worden van het klimaat, de ervaringen in het verleden en in het buitenland, en de plaatjes die getuigen van een compleet afgevreten aardappelperceel, nemen de zorgen over **Coloradokevers** in Nederland toe. Er zijn echter onderzoeken bekend waarbij een behoorlijk deel van een gewas kan worden aangevreten zonder dat dit leidt tot economische schade aan het gewas. In de VS worden ondergronds aanwezige poppen geparasiteerd, bovengronds worden diverse stadia ook door natuurlijke vijanden aangepakt. In hoeverre de Nederlandse natuurlijke vijanden invloed uitoefenen op de diverse stadia van de Coloradokever is niet bekend. Bovengronds wordt onderzoek gedaan naar het mechanisch verwijderen van de larven en kevers. De Coloradokever is één van de meest onderzochte plaaginsecten ter wereld, dus is er veel bekend over de biologie en haar gedrag. Coloradokevers verlagen bijvoorbeeld hun eiproduktie in de aanwezigheid van natuurlijke vijanden. De eerste kevers worden aangetroffen op de aardappelopslag op dezelfde percelen waar de Coloradokevers overwinteren; deze aardappelopslag wordt meestal weggevreten alvorens ze naar andere aardappelpercelen trekken.

Verpopping van **graanhaantjes** en **koolzaadglanskevers** vindt in de bodem plaats. Na de graan- en koolzaadteelt kan grondbewerking veel poppen vernietigen, deze poppen kunnen echter ook geparasiteerd zijn. De parasiteringsgraad en de gevolgen van grondbewerking zou dan ook nader onderzocht kunnen worden.

Aardrupsen brengen als rups de laatste drie larvale stadia in de bodem voor, waar ze ook verpoppen. De aanpak is vooral gericht op de bovengrondse stadia; de eerste drie larvale stadia op het blad zijn zeer gevoelig voor beregening en voor de bestrijding zijn er *Bacillus thuringiensis* middelen bekend.

Springstaarten, miljoenpoten en wortelduizendpoten zijn vrijwel hun hele leven in de bodem actief, met name de drie soorten die in het rapport behandeld worden. Problemen met deze soorten komen vooral voor op de (zwaardere) klei- en lössgronden met hogere organische stof gehalten. Van de drie soorten is de wortelduizendpoot momenteel een sleutelplaag, met name op de genoemde gronden met een graslandverleden. Wortelduizendpoten en miljoenpoten kunnen slecht tegen verstoring, ze maken namelijk gebruik van permanente gangen. Tegen wortelduizendpoten zijn positieve resultaten bereikt met inundatie en anaerobe grondontsmetting, hier liggen mogelijk overeenkomsten met systemen tegen bodempathogenen en plantparasitaire nematoden.

De **bonenspintmijten** zijn van de genoemde bodemplagen het minst als bodemplaat te bestempelen. In aardappelen zijn minder gevoelige rassen bekend.

De **gevlekte akkerslak** schuilt veelal ondergronds en foerageert voornamelijk bovengronds. De soort is prima te bestrijden met ijzer(III)fosfaat slakkenkorrels en slakkenparasitaire nematoden die beide kunnen worden toegepast in de biologische landbouw. De slakkenparasitaire nematoden worden vanwege de hoge prijs weinig ingezet in de onbedekte teelten. Grondbewerking kan de slakkenpopulatie reduceren, onderzoek naar optimalisering van methodiek en toepassingsmoment kan leiden tot een betere bestrijding. Meer ondergronds levende slakkensoorten leiden incidenteel tot problemen, maar economische schade is vrijwel alleen in aardappelen bekend.

4 Witte vlekken

4.1 Generiek

1. Integraal onderzoek naar de inzet van maatregelen tegen bodempathogenen, bodemplagen en onkruiden (connectie biologisch – gangbaar):
 - a. Positieve en negatieve interacties tussen maatregelen gericht op bodempathogenen en bodemplagen.
 - b. In het (lopend) onderzoek naar alternatieve landbouwsystemen (strokenteelt, NKG, circulair) monitoring op bodemplagen als waarneming opnemen.
2. Verdiepende biologische kennis in relatie tot bodemeigenschappen en omstandigheden, grondbewerking, organische stof, tritrofische interacties, waardplantkeuzes e.d., in relatie tot de neveneffecten op natuurlijke vijanden (deskonderzoek).
3. Onderzoek naar de effecten van diverse maatregelen op de groei en weerbaarheid (organische stof, bodemdiversiteit, regenwormen) van het gewas tegen bodemplagen.
4. Onderzoek naar het inzetten van lokale natuurlijke vijanden:
 - a. Klimaat – verkenning naar endemische natuurlijke vijanden.
 - b. Productie en toepassing optimaliseren.
5. Aandacht voor preventie:
 - a. Mogelijkheden verkennen van wering/bestrijding van het niet schadelijke bovengrondse stadium (kniptorren, meikevers, plaagvliegen).
 - b. Risico-inschatting via populatiebepaling; monitoring en maatregelen initiële bronnen (randgewassen en leefomgeving).

4.2 Specifiek

Per bodemplaag kunnen de volgende witte vlekken benoemd worden:

1. Ritnaalden
 - a. Verbeterd inzicht in populatiedynamica
 - Kniptor monitoring op schadevoorspelling en mass-trapping kniptorren.
 - Betrouwbare signaleringsmethode van ritnaalden.
 - Risico-inschatting van graslandpercelen o.b.v. lengte graslandperiode, gras- en kruidensamenstelling, bodem-, liggings- en omgevingsfactoren.
 - Beslissingsondersteunende systemen, monitoringssystemen en de specifieke aanpak.
 - b. Onderzoek naar de invloed van organisch materiaal op de ritnaaldpopulatie en de weerbaarheid die hogere organische stof voor een gewas meebrengt.
 - c. Na langjarig gras: het effect van timing en methodiek bepalen van grasland scheuren.
 - d. In bouwplanverband: bepalen kwantitatieve effecten van grondbewerking (timing en type) op diverse ontwikkelingsstadia.
 - e. Nagaan wat de ervaringen zijn in het buitenland met betrekking tot bodemfumigatie op bodeminsecten in mais.
 - f. Optimalisatie van de rotatie grasland met akkerbouwgewassen, inclusief teeltdoel waarbij ritnaaldschade wordt getolereerd.
2. Koolvlieg
 - a. Verbeteren van de leefomstandigheden en hiermee het stimuleren van natuurlijke vijanden waarvan een reducerend effect is aangetoond (*Trybliographa rapae*, *Aleochara bilineata* en *Bembidion*-soorten).
 - b. Kwantificeren van de effecten van grondbewerking en mechanische onkruidbestrijding om de eitjes te verstoren.
 - c. Praktijkonderzoek naar planten en kairomonen om koolvliegen aan te trekken en weg te lokken uit het gewas.

-
3. Tabakstrips
 - a. Onderzoek naar soortspecifieke voorspelling en het dagelijks vaststellen van trips voor snel en gericht ingrijpen.
 - b. Onderzoek naar verschillende organische stof toevoegingen (mulch) en teeltsystemen om gunstige leefomstandigheden voor bodemroofmijten en andere natuurlijke vijanden te creëren, waardoor deze nuttigen worden gestimuleerd of efficiënter kunnen worden ingezet tegen trips, zowel ondergronds als bovengronds.
 - c. Onderzoek naar mengteelt en ondergroei om trips in ui te misleiden.
 - d. Verdere verkenning van de mogelijkheden om de popfase van de trips beter te beheersen.
 4. Uienvlieg
 - a. Onderzoek naar opschalingsmogelijkheden van SIT.
 - b. Zie verder koolvlieg, van het effect van maatregelen op koolvlieg is specifiek voor uienvlieg weinig bekend.
 5. Wortelvlieg
 - a. Kwantificering effecten en validatie van grondbewerking en mechanische onkruidbestrijding om de eitjes te verstoren.
 - b. Zie verder koolvlieg, effect van deze maatregelen specifiek voor wortelvlieg weinig bekend.
 - c. Deugdelijkheidsonderzoek naar uienolie.
 6. Bonenvlieg
 - a. Onderzoek naar de mogelijkheden om het gedrag van bonenvlieg te beïnvloeden met betrekking tot keuze ei-afzet waaronder (vers) organisch materiaal en geurstoffen (attract & kill).
 - b. Mogelijkheden monitoring verkennen.
 - c. Verkennen van de mogelijkheden van afdekking, analoog aan de ervaringen met bonenvlieg in de aspergeteelt.
 7. Bietenvlieg
 - a. Inventariseren en stimuleren van sluipwespen en gaasvliegen en het effect hiervan op de plaag.
 8. Meikeverengerling
 - a. Onderzoek naar een betrouwbare methode om een schadelijke populatie tijdig vast te stellen.
 9. Emelt
 - a. Onderzoek naar het stimuleren van natuurlijke vijanden.
 - b. Nagaan of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in Nederland een uitbreiding kan krijgen voor akkerbouwgewassen.
 - c. Onderzoek naar het kosteneffectief inzetten van entomopathogene schimmels en nematoden.
 10. Bietenkevers
 - a. Kwantificering van schaderisico's zonder insecticide zaadbehandeling.
 11. Bladrandkevers
 - a. Validatie van in het buitenland ontwikkelde beheersingsstrategieën.
 12. Coloradokever
 - a. Validatie van de economische schadedrempel.
 - b. Onderzoek naar de toepassing van een feromoon als onderdeel van een beheersingsstrategie.
 - c. Inventarisatie van in Nederland voorkomende natuurlijke vijanden, het effect van deze insecten op de diverse Coloradokeverstadia en het stimuleren van deze populaties.
 - d. Verkenning van de rol van aardappelopslag in de populatiedynamica.
 13. Graanhaantjes
 - a. Validatie van de economische schadedrempel.
 - b. Onderzoek naar de verspreiding en de parasiteringsgraad door sluipwespen in Nederland en ontwikkeling van strategieën voor biologische bestrijding.
 14. Koolzaadglanskever
 - a. Vaststellen van de grondbewerking op de poppen.
 - b. Onderzoek naar de verspreiding en de parasiteringsgraad door sluipwespen in Nederland en ontwikkeling van strategieën voor biologische bestrijding.
 15. Aardrupsen
 - a. Praktijkonderzoek naar de effecten van beregenen.
 16. Springstaart
 - a. Vaststellen van de economische schadedrempel, inventarisatie teeltmaatregelen.

-
17. Gespikkelde miljoenpoot
 - a. Vaststellen van de economische schadedrempel, inventarisatie teeltmaatregelen.
 18. Wortelduizendpoten
 - a. Vaststellen van de economische schadedrempel, inventarisatie teeltmaatregelen.
 19. Bonenspintmijt
 - a. Populatiodynamica bepalen en schade- en actiedrempels vaststellen.
 - b. Onderzoek naar het kosteneffectief inzetten van natuurlijke bestrijding.
 20. Gevlekte akkerslak
 - a. Kwantitatief onderzoek naar populatiereductie door het vernietigen en onderwerken van groenbemesters of gewasresten.
 - b. Onderzoek naar het kosteneffectief inzetten van pathogene nematoden.

5 Conclusies

Dit rapport geeft een uitgebreid overzicht aan bodemgezondheidsmaatregelen en nieuwe inzichten om bodemplagen beter te beheersen. Effecten zijn afhankelijk van plaagsoort en gewas/gewasstadium. In het perspectief van het wegvallen van insecticiden kunnen beperkte effecten al leiden tot een afvlakking van bodemplaagpieken, waardoor biologische en groene middelen en andere cultuurmaatregelen effectiever ingezet kunnen worden, of geïntegreerd in een systeemaanpak. We zijn begonnen met een realistische definitie voor een plaagwerende bodem, uitgaand van het bestaande akkerbouwsysteem met monocultuur en korte rotaties. We stellen vast dat ten opzichte van een ziektewerende bodem er in mindere mate sprake is van een natuurlijke plaagwerende bodem, ook omdat insecten door actieve beweging mobieler zijn dan schimmels. Natuurlijke onderdrukking van bodemplagen door entomopathogene schimmels en nematoden is zeer beperkt, vooral door de verstoring die feitelijk een intrinsieke eigenschap van akkerbouwbedrijven is. Op akkerbouwpercelen komen wel natuurlijke vijanden voor, waarvan een deel overleeft in het perceel, en een deel met de seizoenen mee migreert tussen perceel en akkerranden. Deze dynamiek van natuurlijke vijanden levert een bijdrage tegen bodemplagen, aangezien eieren en larvale stadia van bodemplagen als voedsel worden gebruikt. Daarnaast zijn er bodemtypen waar bepaalde bodemplagen niet of minder of juist meer in voorkomen. Deze biotische en abiotische aspecten geven aan dat een bodem plaagwerende eigenschappen kan hebben, wat een basisniveau aan bescherming levert tegen bodemplagen. Ook zijn er voorbeelden van plantweerbaarheid door betere groeiomstandigheden of invasie-vertragende maatregelen. Hiermee wordt het gevoelige plantstadium korter blootgesteld aan de bodemplaag, wat schade aan het gewas beperkt. Hoe tritrofische interacties, wortelmicrobioom (endofyten), organische stof en andere biostimulanten (bodem- én plantweerbaarheid) een verdere bijdrage kunnen leveren tegen bodemplagen is stof voor onderzoek.

Wat in dit rapport naar voren komt is dat voor de meeste bodemplagen naast de generieke aanwezigheid van natuurlijke vijanden ook specifieke natuurlijke vijanden voorkomen die in de bodem actief zijn. Natuurlijke vijanden die een specifieke relatie hebben met de bodemplaag en waar in de akkerbouw geen of nauwelijks gebruik van gemaakt wordt. Ook van enkele in dit rapport genoemde plaagsoorten die als een bovengrondse plaag bekend staan, wordt nauwelijks aandacht geschonken aan de minder bekende ondergrondse stadia. Deze ondergrondse stadia kennen specifieke relaties met natuurlijke vijanden. Hier ligt een uitdaging om met beter bodembeheer (minder verstoring) een maximaal beheersingseffect uit deze ondersteunende organismen tegen bodemplagen te halen. Aangezien het toelatingsbeleid voor (chemische) gewasbeschermingsmiddelen minder perspectief biedt voor de toekomst, is elke aanwezige en hiermee beschikbare natuurlijke vijand een verrijking om bodemplagen mee te beheersen.

Naast het gebruik van natuurlijke vijanden, kunnen alle mogelijkheden waarmee bodempathogenen worden beheerst goede aanvullingen zijn tegen bodemplagen. Een eveneens preventieve aanpak is nodig om hoge bodemplaagdichtheden zoveel mogelijk te beperken. Bodemgezondheidsmaatregelen zijn per combinatie van plaagsoort en gewas/gewasstadium meer of minder effectief. Vruchtwisseling speelt vooral een rol bij met name de gras gerelateerde bodemplagen en vliegenplagen met een specifieke waardplant. In het algemeen leidt een ruime(re) vruchtwisseling, zowel op bedrijfsniveau als regionaal, tot minder plaagdruk. Daarnaast leidt vruchtwisseling tot een vertraging in de migratie van bodemplaaginsecten naar nieuwe percelen; ongevleugelde bodemplagen migreren veel langzamer. Vertraging kan voor sommige gewassen al een voordeel zijn, indien een kort gevoelig stadium voor een bepaalde bodemplaag (bv. kiemplant) wordt ontweken. Organische stof is een lastig onderwerp: de maatschappelijk en bedrijfsmatig gewenste verhoging kan zowel bodemplagen stimuleren als reduceren. Het is onduidelijk in hoeverre een weerbaardere plant op een perceel met een hoger organische stof niveau vraagt door een bodemplaag weerstaat. In het algemeen, een goede (praktische) inschatting van de plaagdichtheid en de hieruit voortvloeiende schade ontbreekt bij bodemplagen. Hier zou in sommige gevallen meer aandacht voor de monitoring van het bovengrondse stadium een oplossing kunnen bieden. Groenbemesters verhogen de organische stof. Over positieve of negatieve

effecten van groenbemesters op bodemplagen is weinig gedocumenteerd. In het algemeen lijken groenbemesters niet direct te leiden tot grotere problemen met bodemplagen. Goed nagegaan moet worden of een teeltperiode van een potentiële waardplant overeenkomt met de ei-afzet van de bodemplaag. Wanneer biologische grondontsmetting gebruikt of getoetst wordt om bodempathogenen te bestrijden, is het efficiënt om direct ook de effecten op specifieke bodemplagen op deze percelen te monitoren. Hygiëne speelt zowel bij bodemplagen als bodempathogenen een rol. In het algemeen zou er meer gekeken moeten worden naar de effecten van bestrijding pathogenen op de bodemplagen en vice versa.

Tabel 4 geeft een overzicht aan bodemgezondheidsmaatregelen per bodemplaag en de status wat betreft kennis, effectiviteit en inzetbaarheid. Van de meeste bodemplagen zijn de effecten door bodemgezondheidsmaatregelen gebaseerd op beperkt onderzoek. Tegen enkele bodemplagen kunnen biologische bestrijders effectief ingezet worden, deze producten zijn ofwel niet toegelaten op de Nederlandse markt, of te duur. Van de overige bodemgezondheidsmaatregelen is meer of minder bekend in hoeverre ze effectief en praktisch inzetbaar zijn.

Tabel 4 Samenvattende tabel met belangrijkste bodemgezondheidsmaatregelen (zoals beschreven in par. 1.3) tegen de behandelde bodemplagen, gebaseerd op expert judgement.

		vruchtwisseling	groenbemesters	organische-stoftoevoegingen	Natuurlijke plaagbeheersing	Biologische bestrijding	Grondbewerking	Bodemeigenschappen	Inundatie, grondontsmetting, ...	hygiëne / opslagplanten	aanvullend bovengronds
Plaaginsecten											
<i>Agriotes</i> spp.	Ritnaalden / kniptor	effectief				perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt				effectief
<i>Delia radicum</i>	Koolvlieg	effectief				perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Thrips tabaci</i>	Tabakstrips			perspectief, wordt niet aan gewerkt		perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		perspectief, wordt niet aan gewerkt
<i>Delia antiqua</i>	Uienvlieg	effectief				perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Psila rosae</i>	Wortelvlieg	effectief				perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Delia platura</i>	Bonenvlieg			effectief		perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Pegomya betae</i>	Bietenvlieg					perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Melolontha melolontha</i>	Engerling / meikever	effectief	perspectief, wordt niet aan gewerkt			effectief	effectief		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Tipula paludosa</i>	Emelt / weidelangpootmug	effectief		effectief		effectief	effectief				
<i>Atomaria linearis</i>	Bietenkever	effectief							niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Sitona lineatus</i>	Bladrandkever	perspectief, wordt niet aan gewerkt							niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Coloradokever	effectief							niet effectief of niet praktisch		perspectief, wordt niet aan gewerkt
<i>Oulema</i> spp.	Graanhaantje								niet effectief of niet praktisch		
<i>Meligethes aeneus</i>	Koolzaadglanskever						perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Agrotis</i> spp.	Aardrupsen	niet effectief of niet praktisch				perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Onychiurus armatus</i>	Springstaart	niet effectief of niet praktisch	effectief	perspectief, wordt niet aan gewerkt			perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		niet effectief of niet praktisch
<i>Blaniulus guttulatus</i>	Roodstip	niet effectief of niet praktisch		perspectief, wordt niet aan gewerkt			perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		
<i>Scutigerella immaculata</i>	Wortelduizendpoten			perspectief, wordt niet aan gewerkt			perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Tetranychus urticae</i>	Bonenspintmijt	niet effectief of niet praktisch	niet effectief of niet praktisch			effectief	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief
<i>Deroceras reticulatum</i>	Gevlekte akkerlak		effectief	perspectief, wordt niet aan gewerkt		effectief	perspectief, wordt niet aan gewerkt		niet effectief of niet praktisch		effectief

Legenda

effectief	effectief
geschikt binnen een systeemaanpak	effectief
perspectief, wordt aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt
perspectief, wordt niet aan gewerkt	perspectief, wordt niet aan gewerkt
onvoldoende bekend	onvoldoende bekend
niet effectief of niet praktisch	niet effectief of niet praktisch

Literatuur

- Abu Yaman, I. K. (1960). Natural control in cabbage root fly populations and influence of chemicals. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen*, 60, 1-57. <https://edepot.wur.nl/292583>
- Allema, B., Hemerik, L., Rossing, W. A. H., Groot, J. C. J., van Lenteren, J. C., & van der Werf, W. (2019). Dispersal of a carabid beetle in farmland is driven by habitat-specific motility and preference at habitat interfaces. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 167(8), 741-754. <https://doi.org/10.1111/eea.12804>
- Allema, B., Hoogendoorn, M., van Beek, J., & Leendertse, P. (2017). *Neonicotinoids in European agriculture; Main applications, main crops and scope for alternatives*. 1-78. https://www.clm.nl/uploads/pdf/937-CLM_report_neonics_EU.pdf
- Alyokhin, A., Nault, B., & Brown, B. (2020). Soil conservation practices for insect pest management in highly disturbed agroecosystems – a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(1), 7-27. <https://doi.org/10.1111/eea.12863>
- Ananthkrishnan, T. N. (1973). *Thrips: biology and control*. MacMillan, New Delhi, India, 120 pp.
- Arkipchenko, I. A., Salkinoja-Salonen, M. S., Karyakina, J. N., & Tsitko, I. (2005). Study of three fertilizers produced from farm waste. *Applied Soil Ecology*, 30(2), 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.005>
- Baker, A. N., & Dunning, R. A. (1975). Some Effects of Soil Type and Crop Density on the Activity and Abundance of the Epigeic Fauna, Particularly Carabidae, in Sugar-Beet Fields. *The Journal of Applied Ecology*, 12(3), 809. <https://doi.org/10.2307/2402092>
- Baker, M.B., Ferro, D.N., Porter, A.H., 2001. Invasions on large and small scales: Management of a well-established crop pest, the Colorado potato beetle. *Biological Invasions* 3, 295-306, <https://doi.org/10.1023/A:1015242013929>
- Balfour, E. (1948). THE LIVING SOIL evidence of the importance to human health of soil vitality, with special reference to national planning. *Faber and Faber LTD, 24 Russell Square, London August*. http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/GarciaJaime/SUELO/THE_LIVING_SOIL-LIBRO_COMPLETO.pdf
- Barnett, K., & Johnson, S. N. (2013). Living in the soil matrix. Abiotic factors affecting root herbivores. In *Advances in Insect Physiology* (1st ed., Vol. 45). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417165-7.00001-5>
- Barot, S., Allard, V., Cantarel, A., Enjalbert, J., Gauffreteau, A., Goldringer, I., Lata, J. C., Le Roux, X., Niboyet, A., & Porcher, E. (2017). Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 37, Issue 2, pp. 1-20). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0418-x>
- Barsics, F., Haubruge, E., & Verheggen, F. J. (2013). Wireworms' management: An overview of the existing methods, with particular regards to Agriotes spp. (Coleoptera: Elateridae). *Insects*, 4(1), 117-152. <https://doi.org/10.3390/insects4010117>
- Barsics, F., Haubruge, É., Francis, F., & Verheggen, F. J. (2014). *The role of olfaction in wireworms: a review on their foraging behavior and sensory apparatus*. 18(4), 524-535.
- Benker, U., & Leuprecht, B. (2007). The swarming flight of common cockchafer *Melolontha melolontha* L., 1758 (Coleoptera, Scarabaeidae) in two different areas of Bavaria and an approach to control the egg deposition. *Bulletin OILB/SROP*, 30 (7), 91-94
- Berryman, A. A. (2008) Outbreaks of Insects. In: *Capinera J.L. (eds) Encyclopedia of Entomology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_1906
- Blackshaw, R.P. (1991). Leatherjackets in grassland. Strategies for Weed Disease and Pest Control in Grassland. *Proceedings of the BGS Conference February*, 6.1-6.12
- Blackshaw, R. (1999). Economically Important Leatherjackets of Grassland and Cereals: Biology, Impact and Control Article. *Integrated Pest Management Reviews* 4: 143-160, 1999. © 1999 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. *Economically*, 97(1-4), 131-141. <https://doi.org/10.1023/A>
- Bloemhard, C. M. J., & de Groot, E. B. (2005). *Bestrijding aardrupsen en emelten in sla en radijs*. December. <http://edepot.wur.nl/297524>

- Boesing, A. L., Nichols, E., & Metzger, J. P. (2017). Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services : a review. *Landscape Ecology*, 32(5), 931–944.
<https://doi.org/10.1007/s10980-017-0503-1>
- Bohinc, T., Ban, S. G., Ban, D., & Trdan, S. (2012). Glucosinolates in plant protection strategies: A review. *Archives of Biological Sciences*, 64(3), 821–828. <https://doi.org/10.2298/ABS1203821B>
- Bohorquez Ruiz, Y. L., Scott, I. M., & McNeil, J. N. (2019). The Buckwheat Effect: A Biopesticide for Wireworm? *Journal of Economic Entomology*, 112(2), 625–632.
<https://doi.org/10.1093/jee/toy366>
- Boiteau, G., Misener, G. C., Singh, R. P., & Bernard, G. (1992). Evaluation of a vacuum collector for insect pest control in potato. *American potato journal*, 69(157), 157–166,
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02856547>
- Boiteau, G., & Heikkilä, J. (2013). Successional and invasive colonization of the potato crop by the colorado potato beetle: Managing spread. In *Insect Pests of Potato*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00012-0>
- Boiteau, G., Picka, J. D., Watmough, J. (2008). Potato field colonization by low-density populations of Colorado potato beetle as a function of crop rotation distance. *J. Econ. Entomol.* 101, 1575–1583.
- Bombosch, S. (1963). Untersuchungen zur Lebensweise und Vermehrung von *Atomaria linearis* Steph. (Coleopt. Cryptophagidae) auf landwirtschaftlichen Kulturfeldern. *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie*, 52, 313–342.
- Brendler, F., Holtschulte, B., & Rieckmann, W. (2008). *Zuckerruebe Krankheiten · Schädlinge · Unkräuter*. Deleplanque&Cie AgroConcept GmbH.
- Broatch, J. S., Dossall, L. M., O'Donovan, J. T., Harker, K. N., & Clayton, G. W. (2010). Responses of the specialist biological control agent, *Aleochara bilineata*, to vegetational diversity in canola agroecosystems. *Biological Control*, 52(1), 58–67.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.08.009>
- Brochure, 2019. Ritnaalden, hoe kan je ze herkennen en bestrijden? Landbouwtraject "Sectorbrede geïntegreerde beheersing van ritnaalden" (2015 - 2019), Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO), pp. 10.
- Brown, E. A. & Keaster, A. J. (1986). Activity and dispersal of adult *Melanotus depressus* and *Melanotus verberans* (Coleopter: Elateridae) in a Missouri cornfield. *Journal of the Kansas Entomological Society*, January, 59(1):127-132.
<https://www.jstor.org/stable/pdf/25084745.pdf?refreqid=excelsior%3Add056c5f2118e5bf029ecfb7daff014d>
- Brun, F., Chabert, A., Gervois, S., Mottin, E., & Michel, L. (2014). *Quel système d ' aide à la décision pour gérer le risque limaces en grande culture ? (Which decision support system to manage slugs in arable crop ?)*. October. <https://doi.org/10.13140/2.1.5054.9761>
- Buckland, K., Reeve, J. R., Alston, D., Nischwitz, C., & Drost, D. (2013). Effects of nitrogen fertility and crop rotation on onion growth and yield, thrips densities, Iris yellow spot virus and soil properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 177, 63–74.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.005>
- Bucurean, E., Bunta, G., & Stanciu A. (2012). Control of the Cereal Leaf Beetle (*Oulema melanopus*) Through Treatment Applied During the Vegetation Period in Wheat Crops. *Analele Universității Din Oradea Fascicula Protecția Mediului*, XIX, 49–54.
- Cagnano, G., Roulund, N., Jensen, C. S., Forte, F. P., & Scott, B. (2019). *Large Scale Screening of Epichloë Endophytes Infecting Schedonorus pratensis and Other Forage Grasses Reveals a Relation Between Microsatellite-Based Haplotypes and Lolium Alkaloid Levels*. 10(June), 1–19.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00765>
- Cárcamo, H. A., Vankosky, M. A., Wijerathna, A., Olfert, O. O., Meers, S. B., & Evenden, M. L. (2018). Progress Toward Integrated Pest Management of Pea Leaf Weevil: A Review. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(4), 144–153. <https://doi.org/10.1093/aesa/say007>
- Carruthers, R. I., & Haynes, D. L. (1985). Laboratory transmission and in vivo incubation of *Entomophthora muscae* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) in the onion fly, *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 45(3), 282–287.
[https://doi.org/10.1016/0022-2011\(85\)90105-3](https://doi.org/10.1016/0022-2011(85)90105-3)
- Cloutier C., & Bauduin F., (1995). Biological control of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Québec by augmentative releases of the two-spotted stinkbug *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae). *Can. Entomol.* 127: 195–212.

- Cochrane, J., & Thornhill, W. A. (1987). Variation in annual and regional damage to sugar beet by pygmy beetle (*Atomaria linearis*). *Annals of Applied Biology*, 110(2), 231–238. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb03253.x>
- Cook, S. M., Khan, Z. R., & Pickett, J. A. (2007). *The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management*. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091407>
- Cooke, D. A. (1992). Pests of sugar beet in the UK. *Agricultural Zoology Reviews*, 5, 97–137.
- Coppola, M., Cascone, P., Chiusano, M. L., Colantuono, C., Lorito, M., Pennacchio, F., Rao, R., Woo, S. L., Guerrieri, E., & Digilio, M. C. (2017). *Trichoderma harzianum* enhances tomato indirect defense against aphids. *Insect Science*, 24(6), 1025–1033. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12475>
- Cranshaw, W. S., & Radcliffe, E. B. (1980). Effect of Defoliation on Yield of Potatoes1. *Journal of Economic Entomology*, 73(1), 131–134. <https://doi.org/10.1093/jee/73.1.131>
- Davidson, G., & Chandler, D. (2005). Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi against larvae and adults of onion maggot (Diptera: Anthomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 98(6), 1848–1855. <https://doi.org/10.1093/jee/98.6.1848>
- Dawson, A., & Norén, I. S. (2019). Inspiratie voor een biodiverse akkerbouw. <https://edepot.wur.nl/504070>
- de Boer, J. G., Hollander, P. J., Heinen, D., Jagger, D., van Sliedregt, P., Salis, L., Kos, M., & Vet, L. E. M. (2020). Do plant volatiles confuse rather than guide foraging behavior of the aphid hyperparasitoid *Dendrocerus aphidum*? *Chemoecology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00049-020-00321-5>
- Delphy, 2021. Handleiding Gewasbescherming Akkerbouw & Veehouderij 2021, pp. 280.
- de Wolf, P., van Dijk, W., & Klompe, K. (2018). *Samenwerking tussen agrarische sectoren in Noord-Holland*. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/538453>
- de Wolf, P., Klompe, K., Hanegraaf, M., Molendijk, L., & Vellinga, T. (2018). *Verduurzaming samenwerking akkerbouw-veehouderij in Drenthe : Expertbeoordeling en advies*. <https://research.wur.nl/en/publications/63fd4f27-2973-4b80-912d-7a7a7ab3f0d6>
- den Belder, E., Elderson, J., & Vereijken, P. F. G. (2000). Effects of undersown clover on host-plant selection by Thrips tabaci adults in leek. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94(2), 173–182. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00617.x>
- den Belder, E., Elderson, J., Brink, W. J. Van Den, & Schelling, G. (2002). *Effect of woodlots on thrips density in leek fields : a landscape analysis*. 91, 139–145.
- den Belder, E., & Elderson, J. (2010). Bovengrondse-ondergrondse biodiversiteit: het effect van bodemroofmijten, stro-mulch en hun combinatie op tabakstrips. *Plant Research International, nota 663, Wageningen, Februari 2010*, pp. 18.
- den Belder, E., & Kruistum, G. van (2014). Repel (plaa) en retain (natuurlijke vijand) in aardbei Verslag trips-mulch-natuurlijke vijanden experimenten in 2013. *Plant Research International, Wageningen UR, rapport 548*, 18.
- Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B. A., Fail, J., & Shelton, A. M. (2011). Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 1–13. <https://doi.org/10.1603/EC10269>
- Digweed, S. C., C. R. Currie, H. A. Cárcamo, and J. R. Spence. 1995. Digging out the 'digging-in effect' of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*. 39: 561–576.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 33–46. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_8
- Dosdall, L. M., Herbut, M. J., Cowle, N. T., & Micklich, T. M. (1996). The effect of tillage regime on emergence of root maggots (*Delia* spp.) (Diptera: Anthomyiidae) from canola. *Canadian Entomologist*, 128(6), 1157–1165. <https://doi.org/10.4039/Ent1281157-6>
- Draycott, A. P. (2007). Sugar Beet. In *Sugar Beet*. <https://doi.org/10.1002/9780470751114>
- East, R., Pottinger, R. P. (1975). Starling (*sturnus vulgaris* L) predation on grass grub (*costelytra zealandica* (white), *melolonthinae*) populations in canterbury. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 18(4), 417–452. <https://doi.org/10.1080/00288233.1975.10421071>
- Edelson, J.V., & Magaro J.J. (1988). Development of onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman, as a function of temperature. *The Southwestern Entomologist*, 13 (3): 171-176
- Edwards E. E. & Thompson J. K. (1934). On the pygmy mangold beetle (*Atomaria linearis* Steph.) and methods for its control. *Annals of Applied Biology*, 21 (2), 300-318.
- Edwards, C. A. (1975). Effects of direct drilling on the soil fauna. *Outlook on Agriculture*, 8(1), 243–244.

- Edwards, C. A. (1977). *Investigations into the influence of agricultural practice on soil invertebrates. Annals of Applied Biology*, 87: 515–520.
- Elberse, I., Molendijk, L., Zijlstra, C., Jong, A. de, Wijk, M. Van, Helder, H., & Boonekamp, P. (2008). Bodem Vitaal! Naar het begrijpen en sturen van bodemvitaliteit. Wageningen UR, November 2008, <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/3270>
- Ellis P.R., Ester A. (1999). Possible reasons for the decline in carrot fly (*Psila rosae* Fabr.) infestations in western Europe. *IOBC/WPRS Bulletin* 22 (5): 83–88.
- Ellis, P. R., & Scatcherd, J. E. (2007). Bean seed fly and onion fly incidence in England and an evaluation of chemical and biological control options. *Annals of Applied Biology*, 151, 259–267, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1744-7348.2007.00170.x>
- Ester, A. (1990). Bladrandkeverbestrijding door middel van zaadcoating bij veldbonen; control of pea and bean weevil (*Sitona lineatus*) in field beans (*Vicia fabo* L.) by coating of seeds with insecticides. *PAGV-verslag nr. 116*, <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/350222>
- Ester, A., Rozen, K. van, Molendijk, L.P.G. (2003a): Field experiments using rhabditid nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* or salt as control measures against slugs in green asparagus. *Crop Protection* 22: 689-695, [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00003-6)
- Ester, A., Huiting, H.F., Molendijk, L.P.G., Vlaswinkel, M.E.T. (2003b): The rhabditid nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* Schneider as a potential biological control agent to control field slugs *Deroceras reticulatum* (Müller) in Brussel sprouts. In: *Slugs and Snails: Agricultural, Veterinary and Environmental Perspectives, BCPC Symposium Proceedings No 80. British Crop Protection Council, Alton, Hants, UK: 313-318.*
- Ester, A., & Wilson, M. J. (2005). Application of slug-parasitic nematodes. In book; *Nematodes as biocontrol aphids*, ISBN 9780851990170, DOI 10.1079/9780851990170.0431
- Ester, A., & Van Rozen, K. (2009). State of the art regarding carrot fly control in practice and possibilities in the future for Western and Northern Europe. *EPPO Bulletin*, 39(2), 138–142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2009.02279.x>
- Esser, A. D., Milosavljević, I., & Crowder, D. W. (2015). Effects of Neonicotinoids and Crop Rotation for Managing Wireworms in Wheat Crops. *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1786–1794. <https://doi.org/10.1093/jee/tov160>
- Evans, E. W., Bowling, P. D., & Anderson, M. R. (2010). Targeted sugar provision promotes parasitism of the cereal leaf beetle *Oulema melanopus*. *Agricultural and Forest Entomology* 12, 41-47.
- Fasulati, S. R., Ivanova, O. V., & Zhukovskaya, M. I. (2019). The Attractiveness of Tubers of Different Potato Cultivars for Larvae of the Click Beetle *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elateridae). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 55(3), 249–251. <https://doi.org/10.1134/s0022093019030128>
- Ferro, D. N., Morzuch, B. J., & Margolies, D. (1983). Crop Loss Assessment of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) on Potatoes in Western Massachusetts. *Journal of Economic Entomology*, Volume 76, Issue 2, 349–356, <https://doi.org/10.1093/jee/76.2.349>
- Finch, S., & Skinner, G. (1982). Trapping Cabbage Root Flies in Traps Baited With Plant Extracts and With Natural and Synthetic Isothiocyanates. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31(2–3), 133–139. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1982.tb03124.x>
- Finch, S., & Collier, R. H. (1984). Parasitism of overwintering pupae of cabbage root fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), in England and Wales. *Bulletin of Entomological Research*, 74, 79–86.
- Finch, S. & Elliot, M.S. (1994) Predation of cabbage root fly eggs and larvae by carabid ground beetles: fact or fantasy? *IOBC/WPRS Bulletin*, 17, 109–114.
- Finch, S. (1996). Effect of beetle size on predation of cabbage root fly eggs by ground beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 81(2), 199–206. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb02032.x>
- Follett, P. A., Cantelo, W. W., Roderick, G. K., 1996. Local dispersal of overwintered Colorado potato beetle (Chrysomelidae: Coleoptera) determined by mark and recapture. *Environ. Entomol.* 25, 1304–1311.
- Fournet, S., Stapel, J. O., Kacem, N., Nenon, J. P., & Brunel, E. (2000). Life history comparison between two competitive *Aleochara* species in the cabbage root fly, *Delia radicum*: Implications for their use in biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96(3), 205–211. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00698.x>
- Fox, C. J. S. & MacLellan, C. R. (1956). Some Carabidae and Staphylinidae shown to feed on a wire-worm, *Agriotes sputator* (L.) by the precipitin test. *Canadian Entomologist* 88, 228-231.

-
- Frank, T., & Reichhart, B. (2004). Staphylinidae and Carabidae overwintering in wheat and sown wildflower areas of different age. *Bulletin of Entomological Research*, 94(3), 209–217. <https://doi.org/10.1079/ber2004301>
- Frank, S. D., & Shrewsbury, P. M. (2004). Effect of conservation strips on the abundance and distribution of natural enemies and predation of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on golf course fairways. *Environmental Entomology*, 33(6), 1662–1672. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.6.1662>
- Furlan, L. (1998). The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae) II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. *Journal of Applied Entomology* 122, 71-78. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01464.x>
- Furlan, L. (2007). Management and biological control of wireworm populations in Europe: current possibilities and future perspectives. *Integrated Control of Soil Insect Pests IOBC/wprs Bulletin Vol. 30 (7) 2007 pp. 11-16*
- Furlan, L., Bonetto, C., Costa, B., Finotto, A., & Lazzeri, L. (2009). Observations on natural mortality factors in wireworm populations and evaluation of management options. *IOBC/Wprs Bulletin*, 45(June), 436–439.
- Furlan, L., Bonetto, C., Finotto, A., Lazzeri, L., Malaguti, L., Patalano, G., & Parker, W. (2010). The efficacy of biofumigant meals and plants to control wireworm populations. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 245–254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.10.012>
- Furlan, L., Contiero, B., Chiarini, F., Colauzzi, M., Sartori, E., Benvegnù, I., Fracasso, F., & Giandon, P. (2017a). Risk assessment of maize damage by wireworms (Coleoptera: Elateridae) as the first step in implementing IPM and in reducing the environmental impact of soil insecticides. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 236–251. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7692-z>
- Furlan, L., Vasileiadis, V. P., Chiarini, F., Huiting, H., Leskovšek, R., Razinger, J., Holb, I. J., Sartori, E., Urek, G., Verschwele, A., Benvegnù, I., & Sattin, M. (2017b). Risk assessment of soil-pest damage to grain maize in Europe within the framework of Integrated Pest Management. *Crop Protection*, 97, 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.029>
- Furlan, L., Benvegnù, I., Chiarini, F., Loddò, D., & Morari, F. (2020). Integrated Pest Meadow-ploughing timing as an integrated pest management tactic to prevent soil-pest damage to maize. *European Journal of Agronomy*, 112(April 2019), 125950. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125950>
- Gamliel, A., Austerweil, M., & Kritzman, G. (2000). Non-chemical approach to soilborne pest management - Organic amendments. *Crop Protection*, 19(8–10), 847–853. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00112-5)
- Geerts, R. H. E. M., den Belder, E., & Elderson, J. (2009). *Mogelijke effecten van bodembewerking en mulch op roofmijten in de grond: een literatuurstudie*.
- Gerritsen, L. J. M. (2003). *Bacillus thuringiensis: een overzicht. Plant Research International B.V., Wageningen december 2003, december, 21*, <https://edepot.wur.nl/18059>
- Gouinguéné, S. P., & Städler, E. (2006). Oviposition in *Delia platura* (Diptera, Anthomyiidae): The role of volatile and contact cues of bean. *Journal of Chemical Ecology*, 32(7), 1399–1413. <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9058-3>
- Grafius, E., & Warner, F. W. (1989). Predation by *Bembidion quadrimaculatum* (Coleoptera: Carabidae) on *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae). *Environmental Entomology*, 18(6), 1056–1059. <https://doi.org/10.1093/ee/18.6.1056>
- Griffiths, D. C. (1974). Susceptibility of plants to attack by wireworms (*Agriotes* spp.). *Annals of Applied Biology*, 78(1), 7–13. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1974.tb01480.x>
- Guerin, P. M., Stadler, E., & Buser, H. R. (1983). Identification of host plant attractants for the carrot fly, *Psila rosae*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 9, No. 7, 843–861.
- Haagsma, W. (2019). *Handboek groenbemesters*. <https://www.handboekgroenbemesters.nl/nl/handboekgroenbemesters.htm>
- Hammond, P. M., Marshall, J. E., Cox, M. L., Jessop, L., Garner, B. H., & Barclay, M. V. L. (2019). British Coleoptera larvae – A guide to the families and major subfamilies. *Handbooks for the identification of British insects Vol. 4 Part 1a*, ISBN: 978 1 910159 03 3.
- Hanavan, R. P., & Bosque-Pérez, N. A. (2012). Effects of tillage practices on pea leaf weevil (*Sitona lineatus* L., Coleoptera: Curculionidae) biology and crop damage: A farm-scale study in the US

- Pacific Northwest. *Bulletin of Entomological Research*, 102(6), 682–691.
<https://doi.org/10.1017/S0007485312000272>
- Hanekamp, H. (2020). Gemeine Spinnmilbe in Kartoffeln. *Bezirksstelle Emsland, LWK Niedersachsen, Juli 2020, Foto 3*, 2018–2021.
- Hann, P., Trska, C., Wechselberger, K. F., Eitzinger, J., & Kromp, B. (2015). Phyllopertha horticola (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae in eastern Austrian mountainous grasslands and the associated damage risk related to soil, topography and management. *SpringerPlus*, 4(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1186/s40064-015-0918-6>
- Hardman, B. J. A., Ellis, P. R., & Saw, P. L. (1990). Further investigations of the host range of the carrot fly, *Psila rosae* (F.). *Annals of applied Biology*, 117, 495–506.
- Hare, J. D. (1980). Impact of defoliation by the Colorado potato beetle on potato yields. *Journal of Economic Entomology* 73, 369–373, DOI:10.1093/JEE/73.3.369
- Hare, J. D. (1990) Ecology and management of the Colorado Potato Beetle. *Annual Review of Entomology* 35: 81–100, **ISSN** 0066-4170,
DOI: 10.1146/annurev.en.35.010190.000501
- Hawkes, C. (1974). Dispersal of Adult Cabbage Root Fly (*Erioischia brassicae* (Bouche)) in Relation to a Brassica Crop. *Journal of Applied Ecology*, Apr., 1974, Vol. 11, No. 1 (Apr., 1974), pp. 83–93
Published by : British Ecological Society Stable URL : <https://www.jstor.org/stable/2402006>. 11(1), 83–93.
- Heijbroek, W. (1980). Het bietekevertje, een toenemend probleem voor de suikerbietenteelt. *Gewasbescherming* 11(3), 65–73
- Heinen, R., Biere, A., Harvey, J. A., & Bezemer, T. M. (2018). Effects of Soil Organisms on Aboveground Plant-Insect Interactions in the Field: Patterns, Mechanisms and the Role of Methodology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(July), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00106>
- Hemachandra, K. S., Kuhlmann, U., Mason, P. G., & Holliday, N. J. (2007). Spatial patterns of *Trybliographa rapae* parasitism of *Delia radicum* larvae in oilseed rape and cauliflower. *Journal of Applied Entomology*, 131(5), 338–346. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01184.x>
- Hemerik, L., Gort, G., & Brussaard, L. (2003). Food Preference of Wireworms Analyzed with Multinomial Logit Models. *Journal of Insect Behavior*, 16(5), 647–665.
<https://doi.org/10.1023/B:JOIR.0000007701.04296.45>
- Herbst, M., Razinger, J., Ugrinović, K., Škof, M., Schroers, H. J., Hommes, M., & Poehling, H. M. (2017). Evaluation of low risk methods for managing *Delia radicum*, cabbage root fly, in broccoli production. *Crop Protection*, 96, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.023>
- Hermann, S. L., & Thaler, J. S. (2018). The effect of predator presence on the behavioral sequence from host selection to reproduction in an invulnerable stage of insect prey. *Oecologia*, 188(4), 945–952. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4202-7>
- Heutink, M. 1996. Detectie van en schade door ritnaalden. PAGV interne mededeling 1236.
- HGCA (2005). Integrated slug control in winter oilseed rape. *Topic Sheet no. 85, Summer 2005*,
http://adlib.everysite.co.uk/resources/000/102/356/HGCA_TS85.pdf
- Hiisaar, K., Metspalu, L., Joudu, J., & Jogar, K. (2006). Over-wintering of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in field conditions and factors affecting its population density in Estonia. *Agronomy Research (Tartu)*, 4(1), 21–30.
- Hoffmann, M. P., Kuhar, T. P., Baird, J. M., Gardner, J., Schwartz, P., & Shelton, A. M. (2001). Nonwoven fiber barriers for control of cabbage maggot and onion maggot (Diptera: Anthomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1485–1491.
<https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1485>
- Hokkanen, H. M. T., & Menzler-Hokkanen, I. (2018). Insect pest suppressive soils: Buffering pulse cropping systems against outbreaks of sitona weevils. *Annals of the Entomological Society of America*, 111(4), 139–143. <https://doi.org/10.1093/aesa/say019>
- Holland, J. M., Begbie, M., Birkett, T., Southway, S., Thomas, S. R., Alexander, C. J., & Thomas, C. F. G. (2004). The spatial dynamics and movement of *Pterostichus melanarius* and *P. madidus* (carabidae) between and within arable fields in the UK. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 30(1), 35–53.
- Hoshizaki, S., Koshikawa, N., Toyoda, T., & Ishikawa, Y. (2020). Oviposition in the onion fly *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) is socially facilitated by visual cues. *Bulletin of Entomological Research*, 110(6), 677–683. <https://doi.org/10.1017/S0007485320000152>

- Huiting, H., Ester, A., & Crombach, C. (2006). Effect van groenbemesters als bodembedekker op slakken, 2006. *Projectrapport 520236-3*, <https://edepot.wur.nl/41291>
- Huiting, H., & Ester, A. (2006). Effectiviteit slakkenkorrels in spruitkool: vergelijking in vier praktijkpercelen van de effectiviteit van Caragoal GR en Ferramol Slakkenkorrels bij toepassing na 1 september, 2008. *Productschap Tuinbouw, Projectnummer: 32 501258 00*, <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/294404>
- Huiting, H., Moraal, L. G., Griepink, F. C., & Ester, A. (2006). Biology, control and luring of the cockchafer, *Melolontha melolontha*: literature report on biology, life cycle and pest incidence, current control possibilities and pheromones. *Research Report, Applied Plant Research, Wageningen*, <https://edepot.wur.nl/121073>
- Huiting, H., & Rozen, K. Van. (2011). *Factors influencing monitoring of Agriotes spp. wireworms*. Insect pathogens and entomopathogenic nematodes IOBC/wprs Bulletin Vol. 66, 2011, 481–484.
- Huiting, H., & Rozen, K. Van. (2017). *IPM in practical wireworm control: a challenge!* 129, 7–12.
- Huiting, H., Evenhuis, B., & Qiu, Y. T. (2019). First steps towards a robust non-chemical thrips control strategy. *Proceedings of the Meeting at Wädenswil / Arenenberg (Switzerland) Edited by: Richard Meadow IOBC-WPRS Bulletin Bulletin OILB-SROP, 142, 17-22.*
- Jackson, D. J., & MacDougall, R. (1919). Bionomics of Weevils of the Genus *Sitona* Injurious To Leguminous Crops in Britain. *Annals of Applied Biology, 7(2-3)*, 269–298. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1920.tb05310.x>
- Jackson, M. and R. L. Campbell 1975. Biology of the European Crane Fly, *Tipula paludosa* Meigan, in Western Washington (Tipulidae; Diptera). *College of Agriculture Research Center Technical Bulletin No. 81, Washington State University, Pullman. July, 1975*, http://whatcom.wsu.edu/cranefly/European_Cranefly_fast.pdf
- Jaworska, M. (1994). Entomopathogenic nematodes for the biological control of crustaceans (*Porcellio scaber* Latr.) and millipedes (*Blaniulus guttulatus* Bosc.) in greenhouse. *Anzeiger Für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz, 67(5)*, 107–109. <https://doi.org/10.1007/BF01904701>
- Jenser, G., & Szénási, Á. (2004). Review of the biology and vector capability of *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 39(1-3)*, 137–155. <https://doi.org/10.1556/APhyt.39.2004.1-3.14>
- Jessie, W. & Dreves, A. J., (2020). Biology and control of the garden symphylan. *Pacific Northwest Insect Management Handbook. Corvallis, OR: Oregon State University, March*, 12-14, <https://pnwhandbooks.org/sites/pnwhandbooks/files/insect/chapterpdf/integrated-pest-management.pdf>
- Johnson, T. B., Turpin, F. T., Schreiber, M. M., & Griffith, D. R. (1984). Effects of Crop Rotation, Tillage, and Weed Management Systems on Black Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) Infestations in Corn. *Journal of Economic Entomology, 77(4)*, 919–921. <https://doi.org/10.1093/jee/77.4.919>
- Johnson, S. N., Hiltbold, I., & Turlings, T. C. J. (2013). Advances in insect Physiology. Behaviour and physiology of root herbivores. 1st ed., Vol. 45. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417165-7.00001-5>
- Johnston, F. A. (1915). Asparagus-beetle egg parasite. *Journal of Agricultural Research, 4*, 303–313.
- Jonkheer, E. (2017). Heel precies de plaag uitschakelen. *Akker nr 3, maart 2017*, 26–27. <https://edepot.wur.nl/412151>
- Josso, C., Le Ralec, A., Raymond, L., Saulais, J., Baudry, J., Poinso, D., & Cortesero, A. M. (2013). Effects of field and landscape variables on crop colonization and biological control of the cabbage root fly *Delia radicum*. *Landscape Ecology, 28(9)*, 1697–1715. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9928-3>
- Juhel, A. S., Barbu, C. M., Franck, P., Roger-Estrade, J., Butier, A., Bazot, M., & Valantin-Morison, M. (2017). Characterization of the pollen beetle, *Brassicoglyphus aeneus*, dispersal from woodlands to winter oilseed rape fields. *PLoS ONE, 12(8)*, 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183878>
- Jung, J., Racca, P., Schmitt, J., & Kleinhenz, B. (2012). SIMAGRIO-W: Development of a prediction model for wireworms in relation to soil moisture, temperature and type. *Journal of Applied Entomology, 138(3)*, 183–194. <https://doi.org/10.1111/jen.12021>
- Kergunteuil, A., Bakhtiari, M., Formenti, L., Xiao, Z., Defosse, E., & Rasmann, S. (2016). Biological control beneath the feet: A review of crop protection against insect root herbivores. *Insects, 7(4)*. <https://doi.org/10.3390/insects7040070>

- Klein, M. L., Chastain, T. G., Garbacik, C. J., Qian, Y. P. L., & Mc Donnell, R. J. (2020). Acute toxicity of essential oils to the pest slug *Deroceras reticulatum* in laboratory and greenhouse bioassays. *Journal of Pest Science*, *93*(1), 415–425. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01154-0>
- Krey, K. L., Blubaugh, C. K., Van Leuven, J. T., Snyder, W. E., & Schmidt, J. (2019). Organic Soils Control Beetle Survival while Competitors Limit Aphid Population Growth. *Environmental Entomology*, *48*(6), 1323–1330. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz100>
- Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *74*(1–3), 187–228. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7)
- Kucharczyk, H., & Legutowska, H. (2001). Thrips *tabaci* as a pest of leek cultivated in different conditions. September. *Thrips and tospoviruses: proceedings of the 7th international symposium on thysanoptera*, 211–213.
- Jenser, G., & Szénási, Á. (2004). Review of the biology and vector capability of Thrips *tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytologica et Entomologica Hungarica*, *39*(1–3), 137–155. <https://doi.org/10.1556/APhyt.39.2004.1-3.14>
- la Forgia, D., & Verheggen, F. (2019). Biological alternatives to pesticides to control wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Agri Gene*, *11*(December 2018), 100080. <https://doi.org/10.1016/j.aggene.2018.100080>
- la Forgia, D., Thibord, J. B., Larroudé, P., Francis, F., Lognay, G., & Verheggen, F. (2020). Linking variety-dependent root volatile organic compounds in maize with differential infestation by wireworms. *Journal of Pest Science*, *93*(2), 605–614. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01190-w>
- Lamers, J., & van Os, G. (2016). Anaerobe Grondontsmetting (AGO) voor open teelten. <http://edepot.wur.nl/378267>
- Lamy, F., Dugravot, S., Cortesero, A. M., Chaminade, V., Faloya, V., & Poinot, D. (2018). One more step toward a push-pull strategy combining both a trap crop and plant volatile organic compounds against the cabbage root fly *Delia radicum*. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(30), 29868–29879. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9483-6>
- Landl, M., & Glauning, J. (2013). Preliminary investigations into the use of trap crops to control *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae) in potato crops. *Journal of Pest Science*, *86*(1), 85–90. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0348-3>
- Langer, V. (1996). Insect-crop interactions in a diversified cropping system: Parasitism by *Aleochara bilineata* and *Trybliographa rapae* of the cabbage root fly, *Delia radicum*, on cabbage in the presence of white clover. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *80*(2), 365–374. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00949.x>
- Larentzaki, E., Shelton, A. M., Musser, F. R., Nault, B. A., & Plate, J. (2007). Overwintering locations and hosts for onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in the onion cropping ecosystem in New York. *Journal of Economic Entomology*, *100*(4), 1194–1200. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[1194:OLAHFO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[1194:OLAHFO]2.0.CO;2)
- Legutowska, H., Kucharczyk, H., & Surowiec, J. (2003). The effect of intercropping leek with clover and carrot on thrips infestation. *Integrated Control in Field Vegetable Crops, IOBC wprs Bulletin 26* (3), 355–359.
- Lepage, M. P., Bourgeois, G., Brodeur, J., & Boivin, G. (2012). Effect of soil temperature and moisture on survival of eggs and first-instar larvae of *Delia radicum*. *Environmental Entomology*, *41*(1), 159–165. <https://doi.org/10.1603/EN10313>
- Logan, P. A., Casagrande, R. A., Hsiao, T. H., & Drummond, F. A. (1987). Collections of natural enemies of *Leptinotarsa decemlineata* [Coleoptera: Chrysomelidae] in Mexico, 1980–1985. *Entomophaga*, *32*(3), 249–254. <https://doi.org/10.1007/BF02373247>
- Loomans, A. J. M. (2003). Parasitoids as biological control agents of thrips pests. *Proefschrift, Wageningen University, ISBN: 90-5808-884-7*, 200.
- Loosjes, M. (1976). Ecology And Genetic Control Of The Onion Fly *Delia-Antiqua*. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen (Agricultural Research Reports)*, *0* (857), 1–176.
- Ludeking, D., Hamelink, R., Bloemhard, C., & en van Sloten, M. (2011). *Biologische grondontsmetting bij de teelt van trekheesters. Rapport GTB-1135*, <https://edepot.wur.nl/294061>
- Lukassen, I. (2005). Deskstudie Tipulidae, <https://edepot.wur.nl/292805>
- Maharajaya, A., & Vosman, B. (2015). Managing the Colorado potato beetle; the need for resistance breeding. *Euphytica*, *204*(3), 487–501. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1467-3>

- Maraun, M., Martens, H., Migge, S., Theenhaus, A., & Scheu, S. (2003). Adding to "the enigma of soil animal diversity": Fungal feeders and saprophagous soil invertebrates prefer similar food substrates. *European Journal of Soil Biology*, 39(2), 85–95. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(03\)00006-2](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(03)00006-2)
- Mayes, M. A., Thompson, G. D., Husband, B., & Miles, M. M. (2003). Spinosad toxicity to pollinators and associated risks. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 179, 37–71.
- Mc Donnell, R. J., Colton, A. J., Howe, D. K., & Denver, D. R. (2020). Lethality of four species of Phasmarhabditis (Nematoda: Rhabditidae) to the invasive slug, Deroceras reticulatum (Gastropoda: Agriolimacidae) in laboratory infectivity trials. *Biological Control*, 150(June), 104349. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104349>
- Meijer, B., Lamers, J., Bertrums, S., Snoek, B., & Geers, F. (2004). Biologische grondontsmetting Bestrijding van bodemziekten voor een gezonde bodem. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V, Wageningen*, 415, 1–24.
- Mesmin, X., Cortesero, A. M., Daniel, L., Plantegenest, M., Faloya, V., & Le Ralec, A. (2020). Influence of soil tillage on natural regulation of the cabbage root fly *Delia radicum* in brassicaceous crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 293(July 2019), 106834. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106834>
- Messelink, G., & Slooten, M. Van. (2004). Effects of soil-dwelling predators and organic treatments on the cabbage root fly *Delia radicum* (Diptera : Anthomyiidae) in greenhouse radish. *Applied Plant Research*, 15(1969), 87–91.
- Messelink, G., & Bloemhard, C. (2005). Miljoenpoten en pissebedden in de biologische glastuinbouw. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V*, <https://edepot.wur.nl/272561>
- Meyling, N. V., Navntoft, S., Philipsen, H., Thorup-Kristensen, K., & Eilenberg, J. (2013). Natural regulation of *Delia radicum* in organic cabbage production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 164, 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.019>
- Miles H. W., & Petherbridge, R. F. R. (1927). Investigations on the control of wireworms. *Annals of Applied Biology* 14:359–387, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1927.tb07017.x>
- Michelbacher, A. E. (1938). The biology of the garden centipede, *Scutigera immaculata*. *Hilgardia*, 11(3), 55–148. <https://doi.org/10.3733/hilg.v11n03p055>
- Mlynarek, J. J., MacDonald, M., Sim, K., Hiltz, K., McDonald, M. R., & Blatt S. (2020). Oviposition, Feeding Preferences and Distribution of *Delia* Species (Diptera: Anthomyiidae) in Eastern Canadian Onions. *Insects*. 11(11), 780. doi: 10.3390/insects11110780. PMID: 33187092; PMCID: PMC7697486.
- Moir, R. & Szito, A. (2007). Turnip moth, *Agrotis segetum* Denis & Schiffermüller 1775: Lepidoptera : grains industry biosecurity pest datasheet / pest risk review, Plant Health Australia, https://www.researchgate.net/publication/308253294_Turnip_moth_Agrotis_segetum_Denis_Schiffermuller_1775_Lepidoptera_Noctuidea_Pesk_Risk_Review
- Moisan, K., Aragón, M., Gort, G., Dicke, M., Cordovez, V., Raaijmakers, J. M., & Lucas-Barbosa, D. (2020). Fungal volatiles influence plant defence against above-ground and below-ground herbivory. *Functional Ecology*, 34(11), 2259–2269. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13633>
- Morison, G. D. (1957). A review of British glasshouse thysanoptera. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 109, 467–520.
- Mulerčikas, P., Tamutis, V., & Kazlauskaitė, S. (2012). Species composition and abundance of Click-Beetles (Coleoptera, Elateridae) in Agrobiocenozes in Southern Lithuania. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(2), 425–433.
- Mulder, A., Turkensteen, L.J. (2008). Aardappelziektenboek (herziene uitgave). Den Haag: PlantijnCasparie
- Muñoz-Cárdenas, K., Ersin, F., Pijnakker, J., van Houten, Y., Hoogerbrugge, H., Leman, A., Pappas, M. L., Duarte, M. V. A., Messelink, G. J., Sabelis, M. W., & Janssen, A. (2017). Supplying high-quality alternative prey in the litter increases control of an above-ground plant pest by a generalist predator. *Biological Control*, 105, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.11.004>
- Muvea, A. M., Meyhöfer, R., Subramanian, S., Poehling, H. M., Ekesi, S., & Maniania, N. K. (2014). Colonization of onions by endophytic fungi and their impacts on the biology of thrips *tabaci*. *PLoS ONE*, 9(9), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108242>
- Muvea, A. M., Waiganjo, M. M., Kutima, H. L., Osiemo, Z., Nyasani, J. O., & Subramanian S. (2014). Attraction of pest thrips (Thysanoptera : Thripidae) infesting French beans to coloured sticky traps

- with Lurem-TR and its utility for monitoring thrips populations. *International Journal of Tropical Insect Science Vol. 34, No. 3*, 197–206. <https://doi.org/10.1017/S174275841400040X>
- Nieto, D. J., Letourneau, D. K., Toyama, L., Bryer, J. A., Slay, C., Muramoto, J., & Shennan, C. (2019). Assessing anaerobic soil disinfestation as a control tactic for *delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) in California Brussels sprouts. *Environmental Entomology*, *48*(3), 633–640. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz030>
- Nielsen, O., & Philipsen, H. (2005). Susceptibility of *Meligethes* spp. and *Dasyneura brassicae* to entomopathogenic nematodes during pupation in soil. *BioControl*, *50*(4), 623–634. <https://doi.org/10.1007/s10526-004-8298-9>
- Nilsson, U., Rännbäck, L. M., Anderson, P., Björkman, M., Futter, M., & Rämert, B. (2016). Effects of conservation strip and crop type on natural enemies of *Delia radicum*. *Journal of Applied Entomology*, *140*(4), 287–298. <https://doi.org/10.1111/jen.12256>
- Noordijk, J., Ulenberg, S., Zwakhals, C. J., Heijerman, T., & Luske, B. (2016). Parasitaire wespen van graanhaantjes (Coleoptera: Chrysomelidae: Oulema). *Entomologische Berichten*, *76*(1), 2–10. <https://www.nev.nl/pages/publicaties/eb/nummers/2016/76-1/2-10.pdf>
- Norris, R. F., & Kogan, M. (2000). Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science*, *48*(1), 94–158. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0094:ibwapa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0094:ibwapa]2.0.co;2)
- North, R. C., & Shelton, A. M. (1986). Overwintering of the Onion Thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera : Thripidae), in New York. *Environmental Entomology* *15*: 695-699.
- Oestergaard, J., Belau, C., Strauch, O., Ester, A., van Rozen, K., & Ehlers, R. U. (2006). Biological control of *Tipula paludosa* (Diptera: Nematocera) using entomopathogenic nematodes (*Steinernema* spp.) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Biological Control*, *39*(3), 525–531. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.07.003>
- Parasharya, B. M., Dodia, J. F., Mathew, K. L., & Yadav, D. N. (1994). Natural regulation of white grub (*Holotrichia* sp.: Scarabidae) by birds in agroecosystem. *Journal of Biosciences*, *19*(4), 381–389.
- Paré, F., & Khelifi, M. (2008). Mechanical distribution of the stink bug *Perillus bioculatus* for the biological control of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (SAY). *Agricultural And Biosystems Engineering For A Sustainable World: National Conference On Agricultural Engineering, Hersonissos, Crete, Greece*, 23-25
- Parker, W. E., & Howard, J. J. (2001). The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the U.K. *Agricultural and Forest Entomology*, *3*(2), 85–98. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2001.00094.x>
- Parker, W. E., & Seeney, F. M. (1997). An investigation into the use of multiple site characteristics to predict the presence and infestation level of wireworms (*Agriotes* spp., Coleoptera: Elateridae) in individual grass fields. *Annals of Applied Biology*, *130*(3), 409–425. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1997.tb07671.x>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, *1*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Prasad, R. P., & Snyder, W. E. (2004). Predator interference limits fly egg biological control by a guild of ground-active beetles. *Biological Control*, *31*(3), 428–437. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.07.005>
- Peachey, R. E., Moldenke, A., William, R. D., Berry, R., Ingham, E., & Groth, E. (2002). Effect of cover crops and tillage system on symphylan (*Symphyla*: *Scutigera* *immaculata*, Newport) and *Pergamasus quisquiliarum* Canestrini (Acari: Mesostigmata) populations, and other soil organisms in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, *21*(1), 59–70. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00039-2)
- Pereboom, F. (2004). Onderzoek naar de ecologie en de bestrijdingsmogelijkheden van de wortelvlieg, *Psila rosae*. *Afstudeeropdracht Wageningen UR*, <https://edepot.wur.nl/298635>
- Petherbridge, F. R. (1938). Wireworms and sugar-beet. *Journal of Ministry of Agriculture*, London, *45*, 23–70.
- Phelan, P. L., Mason, J. F., & Stinner, B. R. (1995). Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), on *Zea mays* L.: A comparison of organic and conventional chemical farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *56*(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(95\)00640-0](https://doi.org/10.1016/0167-8809(95)00640-0)

- Poggi, S., Le Cointe, R., Riou, J. B., Larroudé, P., Thibord, J. B., & Plantegenest, M. (2018). Relative influence of climate and agroenvironmental factors on wireworm damage risk in maize crops. *Journal of Pest Science*, 91(2), 585–599. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0951-7>
- Poinar, G. O., & Thomas, G. M. (1985). Effect of neoaplectanid and heterorhabditid nematodes (Nematoda: Rhabditoidea) on the millipede *Oxidus gracilis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 45(2), 231–235. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(85\)90013-8](https://doi.org/10.1016/0022-2011(85)90013-8)
- Pijnakker, J. & Leman A. (2013). Effect van bodemroofmijten op drie plagen in gerbera. *Wageningen UR Glastuinbouw*, <https://edepot.wur.nl/266209>.
- Qiu, Y. T., van Rozen, K., Raaijmakers, E., & Everaarts, T. (2013). *Begeleidende rapportage Schema Bodemplagen PPO-AGV*. 3250227400.
- Rahaman, M. (2015). Effectiveness of some insecticides for controlling onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) in onion. *Thesis, Sher-e-Bangla Agricultural University, registration number: 09-03555*, 52.
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., & Habib, R. (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 32, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0022-4>
- Rasmann, S., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., Gershenzon, J., & Turlings, T. C. J. (2005). Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature*, 434(7034), 732–737. <https://doi.org/10.1038/nature03451>
- Razinger, J., Lutz, M., Schroers, H. J., Palmisano, M., Wohler, C., Urek, G., & Grunder, J. (2014). Direct plantlet inoculation with soil or insect-associated fungi may control cabbage root fly maggots. *Journal of Invertebrate Pathology*, 120, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2014.05.006>
- Razinger, J., Praprotnik, E., & Schroers, H. J. (2020). Bioaugmentation of Entomopathogenic Fungi for Sustainable Agriotes Larvae (Wireworms) Management in Maize. *Frontiers in Plant Science*, 11(September), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.535005>
- Regan, K. H. (2019). *Arthropod response to cover crop-base reduced-tillage organic cropping systems*. Pennsylvania State University.
- Ritter, C., & Richter, E. (2013). Control methods and monitoring of Agriotes wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120(1), 4–15. <https://doi.org/10.1007/BF03356448>
- Rogge, S. A., Mayerhofer, J., Enkerli, J., Bacher, S., & Grabenweger, G. (2017). Preventive application of an entomopathogenic fungus in cover crops for wireworm control. *BioControl*, 62(5), 613–623. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9816-x>
- Rombout, S., Rozen, K. Van, & Riemens, M. (2019). Effecten van niet-chemische onkruidbestrijding in de landbouw. <https://edepot.wur.nl/471608>
- Ross, D.M., Stapley, J.H. & Cockbill, G.F. (1948) Wireworm populations in relation to crop production. V. Comparisons between failing and successful plots. *Annals of Applied Biology*, 35, 193-206
- Rowen, E. K., Regan, K. H., Barbercheck, M. E., & Tooker, J. F. (2020). Is tillage beneficial or detrimental for insect and slug management? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 294(January), 106849. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106849>
- Rueda, A., and A. M. Shelton. 1995. Onion Thrips. *Global Crop Pests*. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Cornell University, Ithaca, NY. (<http://web.entomology.cornell.edu/shelton/veg-insects-global/english/thrips.html>). (last accessed January 2021).
- Rueda, A., Badenes-Perez, F. R., & Shelton, A. M. (2007). Developing economic thresholds for onion thrips in Honduras. *Crop Protection*, 26(8), 1099–1107. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.002>
- Runia, W., Molendijk, L., & Rozen, K. Van. (2014). *Veldproef aardappel met biologische grondontsmetting tegen aardvlooien (Epitrix) en aardappelcysteaaltjes (ACA)* (Issue 3250285900).
- Salama, H. S., Salem, S. A., Zaki, F. N., & Abdel-Razek, A. (1999). The use of bacillus thuringiensis to control agrotis ypsilon and spodoptera exigua on potato cultivations in Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 32(5), 429–435. <https://doi.org/10.1080/03235409909383308>
- Sampson, C., & Kirk, W. D. J. (2013). Can Mass Trapping Reduce Thrips Damage and Is It Economically Viable? *Management of the Western Flower Thrips in Strawberry*, 8(11), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080787>

- Santolamazza-Carbone, S., Velasco, P., & Cartea, M. E. (2017). Resistance to the cabbage root fly, *Delia radicum* (Diptera, Anthomyiidae), of turnip varieties (*Brassica rapa* subsp. *rapa*). *Euphytica*, 213(12). <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2069-z>
- Schallhart, N., Tusch, M. J., Wallinger, C., Staudacher, K., & Traugott, M. (2012). Effects of plant identity and diversity on the dietary choice of a soil-living insect herbivore. *Ecology*, 93(12), 2650–2657. <https://doi.org/10.1890/11-2067.1>
- Schardl, C. L. (1996). Epichloe species: Fungal symbionts of grasses. *Annual Review of Phytopathology*, 34(67), 109–130. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.34.1.109>
- Sharma, A., Sandhi, R. K., Briar, S. S., Miller, J. H., & Reddy, G. V. P. (2019). Assessing the performance of pea and lentil at different seeding densities as trap crops for the management of wireworms in spring wheat. *Journal of Applied Entomology*, 143(4), 460–469. <https://doi.org/10.1111/jen.12601>
- Shields, E.J., & Wyman J.A. (1984). Effect of defoliation at specific growth stages on potato yield. *Journal of Economic Entomology* 77 (5):1194–1199. <https://doi.org/10.1093/jee/77.5.1194>
- Siekmann, G. & Hommes, M. (2007) Exclusion fences against cabbage root fly and carrot fly. *IOBC wprs Bulletin* 30, 107–112.
- Sievers, H. (1989). Freilanduntersuchungen zu den Auswirkungen der organischen Düngung auf Collembolen und andere Kleinarthropoden als Auflaufschädlinge in Zuckerrübenbeständen. Dissertation, Göttingen.
- Sievers, H. & Ulber (1990). Freilanduntersuchungen zu den Auswirkungen der organischen Düngung auf Collembolen und andere Kleinarthropoden als Auflaufschädlinge in Zuckerrübenbeständen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 97 (3), 588-599, ISSN 0340-8159, <https://www.jstor.org/stable/pdf/43385869.pdf?refreqid=excelsior%3Ae07831eafa61a3a98d5182532dabc4eb>
- Simsek-Ersahin, Y. (2011). The Use of Vermicompost Products to Control Plant Diseases and Pests. In A. Karaca (Ed.), *Biology of Earthworms*. Springer-Verlag.
- Skellern, M. P., & Cook, S. M. (2018). The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions*, 12(6), 867–879. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9571-z>
- Smit, B., & Jager, J. (2018). *Schets van de akkerbouw in Nederland: Structuur-, landschaps- en milieukeurmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit*. 1–33. <https://edepot.wur.nl/463816>
- Smith, E. A. (2010). Identifying weed species hosts for onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) and their potential as sources of Iris yellow spot virus (Bunyaviridae: Tospovirus) in New York onion fields. *M.S. Thesis, Cornell University, Ithaca, NY*.
- Smith, E. A., Ditommaso, A., Fuchs, M., & Shelton, A. M. (2011). *Weed Hosts for Onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Their Potential Role in the Epidemiology of Iris Yellow Spot Virus in an Onion Ecosystem*. 2006, 194–203. <https://doi.org/10.1603/EN10246>
- Sonnemann, I., Baumhaker, H., & Wurst, S. (2012). Species specific responses of common grassland plants to a generalist root herbivore (*Agriotes* spp. larvae). *Basic and Applied Ecology*, 13(7), 579–586. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2012.09.010>
- Staudacher, K., Schallhart, N., Pitterl, P., Wallinger, C., Brunner, N., Landl, M., Kromp, B., Glauning, J., & Traugott, M. (2013). Occurrence of *Agriotes* wireworms in Austrian agricultural land. *Journal of Pest Science*, 86(1), 33–39. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0393-y>
- Stephens, M. J., France, C. M., Wratten, S. D., & Frampton, C. (1998). Enhancing biological control of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) by sowing buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in an orchard. *Biocontrol Science and Technology*, 8(4), 547–558. <https://doi.org/10.1080/09583159830063>
- Stinner, B. R., & House, G. J. (1990). Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annual Review of Entomology*, 35(1), 299–318. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001503>
- Sugio, A., Dubreuil, G., Giron, D., & Simon, J. C. (2015). Plant-insect interactions under bacterial influence: Ecological implications and underlying mechanisms. *Journal of Experimental Botany*, 66(2), 467–478. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru435>
- Sunderland K. D., Samu F. 2000. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. *Entomol. Exp. Appl.* 95: 1–13. DOI: 10.1023/A:1003986225443
- Sunderland, K. D. (2002). Invertebrate pest control by carabids. In J. M. Holland (Ed.), *The agroecology of carabid beetles* (pp. 165–215). Intercept.

- Termorshuizen, A. J., Molendijk, L. P. G., & Postma, J. (2020). Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen; Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten. <https://edepot.wur.nl/513197>
- Teulon, D. A. J., Davidson, M. M., Hedderley, D. I., James, D. E., Fletcher, C. D., Larsen, L., Green, V. C., & Perry, N. B. (2007a). 4-Pyridyl Carbonyl and Related Compounds as Thrips Lures: Effectiveness for Onion Thrips and New Zealand Flower Thrips in Field Experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*, 6198-6205.
- Teulon, D. A. J., Nielsen, M-C., James, D. E., Winkler, S., McLachlan, A. R. G., & Perry, N. B. (2007b). Combination of two odour chemical lures does not increase thrips capture in field. *New Zealand Plant Protection* *60*, 61-66.
- Theunissen, J., & Schelling, G. (1998). Infestation of leek by Thrips tabaci as related to spatial and temporal patterns of undersowing. *BioControl*, *43*(1), 107-119. <https://doi.org/10.1023/A:1009986917903>
- Thorbek, P., & Bilde, T. (2004). Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*, *41*(3), 526-538. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00913.x>
- Timmer, R. D. (1999). Teelt van zomergerst. *PPO, teelthandleiding nr. 87 mei 1999*, <https://edepot.wur.nl/274502>
- Tomlin, A. D., McLeod, D. G. R., Moore, L. V., Whistlecraft, J. W., Miller, J. J., & Tolman, J. H. (1992). Dispersal of *Aleochara bilineata* [Col.: Staphylinidae] following inundative releases in urban gardens. *Entomophaga*, *37*(1), 55-63. <https://doi.org/10.1007/BF02372974>
- Traugott, M., Benefer, C. M., Blackshaw, R. P., van Herk, W. G., & Vernon, R. S. (2015). Biology, Ecology, and Control of Elaterid Beetles in Agricultural Land. *Annual Review of Entomology*, *60*(1), 313-334. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021035>
- Valantin-Morison, M., Meynard, J. M., & Doré, T. (2007). Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Crop Protection*, *26*(8), 1108-1120. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.10.005>
- van den Broek, R. C. F. M. (2011). Trips: moeilijk biologisch te beheersen. *BioKennis bericht Akkerbouw & vollegrondsgroenten*, *37*.
- van den Broek, R. C. F. M., & Janmaat, L. (2011). Beheersing bonenvlieg. *Biokennis* *33*, maart 2011, 4, <https://edepot.wur.nl/164484>
- van Genuchten, L., Kerklaan, E., & Verberkt, H. (2010). Aanpak van het knelpunt bestrijding miljoenpoot in Palmen. *Productschap Tuinbouw, DLV-Plant, PT-projectnr. 13200, versie 2*, <https://edepot.wur.nl/272561>
- van Herk, W. G., & Vernon, R. S. (2006). Effect of temperature and soil on the control of a wireworm, *Agriotes obscurus* L. (Coleoptera: Elateridae) by flooding. *Crop Protection*, *25*(9), 1057-1061. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.01.007>
- van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, *63*(1), 39-59. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- Vankosky, M., Dossdall, L. M., & Cárcamo, H. A. (2009). Distribution, biology and integrated management of the pea leaf weevil, *Sitona lineatus* L. (Coleoptera: Curculionidae), with an analysis of research needs. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, *4*(007). <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20094007>
- Vankosky, M. A. (2010). Integrated Pest Management of *Sitona lineatus* L. (Coleoptera: Curculionidae) in crops of *Pisum sativum* L. (Fabales: Fabaceae) in Western Canada. *Thesis; University of Alberta*, https://era.library.ualberta.ca/items/d6585a88-7df8-4cb7-825e-e97d08850283/view/4f719452-2291-43ae-b91c-0baa2c5c0c7b/Vankosky_Meghan_Summer2010.pdf
- van Rozen, K., & Ester, A. (2004a). Slakkenbestrijding in ijsbergsla 2004. *Productschap Tuinbouw*, <https://edepot.wur.nl/299462>
- van Rozen, K., & Ester, A. (2004b). Bestrijding emelten in grasland 2004. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, projectrapport 520354*, <https://edepot.wur.nl/120288>
- van Rozen, K., Ester, A., & Hendrickx, T. (2007). Practical Dutch experience introducing a monitoring system of click beetles by pheromone traps. *Integrated Control of Soil Insect Pests IOBC/wprs Bulletin Vol. 30 (7) 2007*, 53-58.

-
- van Rozen, K., Huiting, H., Meuffels, G., Wilms, J., Schiffelers, R., & Crijns, S. (2012). *Een aanpak om schade door slakken in aardappelen te voorkomen*. pr. nr. 3250180500, <https://edepot.wur.nl/234559>
- van Rozen, K., & Vlaswinkel, M. (2013). *Voorkomen van schade door bonenvlieg*. 3250249000, 34. <https://edepot.wur.nl/301486>
- van Rozen, K., & Vlaswinkel, M. (2014). *Voorkomen van schade door bonenvlieg*. 3250249000, 34. <https://edepot.wur.nl/300069>
- van Rozen, K., Wolters, R., & Olijve, A. J. (2015). Duurzame aanpak Engerlingen : ken de vijand ! *Stichting Veldleeuwerik*, 11. <https://docplayer.nl/28374619-Duurzame-aanpak-engerlingen-ken-de-vijand.html>
- van Rozen, K., & Raaijmakers, E. (2014). Later zaaien voorkomt emeltschade. Boerderij 99 - no. 25 (18 maart 2014), https://www.irs.nl/userfiles/publicaties/artikelen/Later_zaaien_voorkomt_emeltschade_-_Boerderij_no_25_2014.pdf
- van Rozen, K., & Huiting, H. (2015). Inventarisatie van vreterij op aardappelpercelen en in de bewaring. *In opdracht van Productschap Akkerbouw, PPO nr. 3250227200*, 49.
- van Tol, R. W. H. M., Van Der Sommen, A. T. C., Boff, M. I. C., Van Bezooijen, J., Sabelis, M. W., & Smits, P. H. (2001). Plants protect their roots by alerting the enemies of grubs. *Ecology Letters*, 4(4), 292–294. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00227.x>
- van Tol, R. W. H. M., Davidson, M. M., Butler, R. C., & Teulon, D. A. J., & Kogel, W. J. De, (2020). Visually and olfactorily enhanced attractive devices for thrips management. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168: 665–677, <https://doi.org/10.1111/eea.12969>
- Varis, A. L. (1989). Cabbage field Carabidae (Coleoptera) and their role as natural enemies of *Delia radicum* and *D. floralis* (Diptera, Anthomiidae). *Acta Entomologica Fennica*, 53, 61–63.
- Velema, R., & Otter, W. (2014). Bonenspintmijt in aardappelen. *Rapport 140, SPNA*. <https://docplayer.nl/12703841-Stichting-proefboerderijen-noordelijke-akkerbouw-bonenspintmijt-in-aardappelen.html>
- Vernon, R. S. & McGregor, R. R. (1999). Exclusion fences reduce the colonization by the carrot trust fly, *Psila rosae* (diptera: Psilidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 96, 103–109
- Vernon, R.S., van Herk, W.G., Blackshaw, R.P., Shimizu, Y. & Clodius, M. (2014a) Mark–release–recapture of *Agriotes obscurus* and *A. lineatus* with pheromone traps in a permanent grassland population reservoir. *Agricultural and Forest Entomology*, 16, 217–226.
- Vernon, R.S., Blackshaw, R.P., van Herk, W.G. & Clodius, M. (2014b) Mass trapping wild *Agriotes obscurus* and *A. lineatus* males with pheromone traps in a permanent grassland population reservoir. *Agricultural and Forest Entomology*, 16, 227–239.
- Vernon, R. S., van Herk, W. G., Clodius, M., & Tolman, J. (2016). Companion planting attract-and-kill method for wireworm management in potatoes. *Journal of Pest Science*, 89(2), 375–389. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0707-6>
- Vernon, R., & van Herk, W. (2017). Wireworm and Flea Beetle IPM in Potatoes in Canada: Implications for Managing Emergent Problems in Europe. *Potato Research*, 60(3–4), 269–285. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9355-6>
- Vernon, R. S., J. T. Kabaluk, and A. M. Behringer. 2000. Movement of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) in strawberry (Rosaceae) plantings with wheat (Gramineae) as a trap crop. *Canadian Entomologist* 132:231–241.
- Vlug, H. (2010). Emelten, de larven van de langpootmug. *Greenkeeper*, 26–28. <https://www.greenkeeper.nl/upload/artikelen/gk210emelten.pdf>
- Vlug, H. (2011). Engerlingen pesten met predatoren. *Greenkeeper*, 42–44. <https://www.greenkeeper.nl/upload/artikelen/gk111engerlingen.pdf>
- Visser, J., & van Os, G. (2016). *Biofumigatie*. <https://edepot.wur.nl/388919>
- Voorrips, R. E., Steenhuis-Broers, G., & Allema, B. (2007). Wat maakt sluitkool weerbaar tegen trips ? *Ekoland*, 4, 26–27.
- Vosman, B., & Faber, J. (2011). Functionele Agrobiodiversiteit: van concept naar praktijk. *Wageningen UR, Rapport 421*, 62p.
- Wallinger, C., Staudacher, K., Schallhart, N., Mitterrutzner, E., Steiner, E. M., Juen, A., & Traugott, M. (2014). How generalist herbivores exploit belowground plant diversity in temperate grasslands. *Molecular Ecology*, 23(15), 3826–3837. <https://doi.org/10.1111/mec.12579>

-
- Walters, T. W., & Eckenrode, C. J. (1996). Integrated management of the onion maggot (Diptera: Anthomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 89(6), 1582–1586. <https://doi.org/10.1093/jee/89.6.1582>
- Weber, D. C., Rowley, D. L., Greenstone, M. H., & Athanas, M. M. (2006). Prey preference and host suitability of the predatory and parasitoid carabid beetle, *Lebia grandis*, for several species of Leptinotarsa beetles. *Journal of Insect Science*, 6. [https://doi.org/10.1673/1536-2442\(2006\)6\[1:ppahso\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1673/1536-2442(2006)6[1:ppahso]2.0.co;2)
- Weber, D.C., Riddick, E.W. 2011. *Lebia grandis* (Coleoptera: Carabidae). *Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North America*. <http://www.biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Lebia.html>.
- Wechselberger, K., Racca, P., & Hann, P. (2018). ElatPro - Spotting the needle in a haystack: Predicting wireworm activity in top soil for integrated pest management in arable crops - ERA-NET C-IPM. *Impact*, 2018(6), 45–47. <https://doi.org/10.21820/23987073.2018.6.45>
- Weintraub, P. G. (2013). Physical control methods. In *Insect Pests of Potato*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00017-X>
- Weisz, R., Smilowitz, Z., Fleischer, S. (1996). Evaluating risk of Colorado potato beetle (Coleoptera:Chrysomelidae) infestation as a function of migratory distance. *J. Econ. Entomol.* 89, 435–441.
- Williams, I. H. (2010). *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. DOI: 10.1007/978-90-481-3983-5
- Willsey, T., Chatterton, S., & Cárcamo, H. (2019). Interactions between the root rot pathogen *Fusarium avenaceum* and the pea leaf weevil (*Sitona lineatus*) in field pea. *Crop Protection*, 116(July 2017), 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.027>
- Xiao, Z., Wang, X., Koricheva, J., Kergunteuil, A., Le Bayon, R. C., Liu, M., Hu, F., & Rasmann, S. (2018). Earthworms affect plant growth and resistance against herbivores: A meta-analysis. *Functional Ecology*, 32(1), 150–160. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12969>
- Xu, Q., Hatt, S., Lopes, T., Zhang, Y., Bodson, B., Chen, J., & Francis, F. (2018). A push–pull strategy to control aphids combines intercropping with semiochemical releases. *Journal of Pest Science*, 91(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0888-2>
- Yano, S., Wakabayashi, M., Takabayashi, J., & Takafuji, A. (1998). Factors determining the host plant range of the phytophagous mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): A method for quantifying host plant acceptance. *Experimental and Applied Acarology*, 22(10), 595–601. <https://doi.org/10.1023/A:1006138527904>
- Yildirim, E., & Hoy, C. W. (2003). Interaction between cyromazine and the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar “GPS11” for control of onion maggot, *Delia antiqua* (Meigen). *Crop Protection*, 22(7), 923–927. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00091-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00091-7)
- Zehnder, G. W., & Evanylo, G. K. (1988). Influence of Colorado potato beetle sample counts and plant defoliation on potato tuber production. *American Journal of Potato Research January 1988*, <https://doi.org/10.1007/BF02853502>
- Zehnder, G., Gurr, G. M., Kühne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D., & Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52(July), 57–80. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091337>
- Zhou, D., Huang, X. F., Guo, J., dos-Santos, M. L., & Vivanco, J. M. (2018). *Trichoderma gamsii* affected herbivore feeding behaviour on *Arabidopsis thaliana* by modifying the leaf metabolome and phytohormones. *Microbial Biotechnology*, 11(6), 1195–1206. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13310>
- Ziems, J. R., Zechmann, B. J., Hoback, W. W., Wallace, J. C., Madsen, R. A., Hunt, T. E., & Higley, L. G. (2006). Yield Response of Indeterminate Potato (L.) to Simulated Insect Defoliation. *Agronomy Journal* 98(6), 1435–1441, <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0245>

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1061

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1061

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

