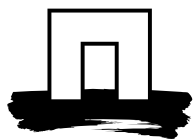




Functionele Agrobiodiversiteit: van concept naar praktijk

Ben Vosman & Jack Faber





Functionele Agrobiodiversiteit: van concept naar praktijk

Ben Vosman¹
Jack Faber²

¹ Plant Research International

² Alterra

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International.

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

Exemplaren van dit rapport kunnen bij Ben Vosman (ben.vosman@wur.nl) worden besteld.

Plant Research International

Adres : Droeendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 08 38
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Alterra

Adres : Droeendaalsesteeg 3a, Wageningen
: Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 48 57 92
Fax : 0317 - 42 49 88
E-mail : info.alterra@wur.nl
Internet : www.alterra.wur.nl

Foto (midden) omslag: Paul van Rijn/UvA-IBED

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Begeleidingscommissie	3
Woord Vooraf van de redacteuren	5
Samenvatting	7
1. Inleiding	9
1.1 Ecosysteemdiensten	9
1.2 Vragen vanuit het ministerie van EL&I	10
1.3 Leeswijzer	11
2. De rol van het landschap in de preventie van ziekten en plagen	13
2.1 Effecten van landschapstructuur op plaagonderdrukking in kool	13
2.2 Vóórkomen en effectiviteit natuurlijke vijanden	15
2.3 Ruimtelijke relaties en verbondenheid	17
2.4 Mobiliteit en genetische diversiteit van koolluis	19
2.5 Overwintering van natuurlijke vijanden in kleine landschapselementen	21
2.6 Bomen en struiken voor natuurlijke plaagonderdrukking	22
2.7 Optimale akkerrand-gewascombinaties	22
2.8 Aanleg FAB-akkerranden	23
2.9 Scouting van functionele agrobiodiversiteit: een praktijkgerichte aanpak	24
2.10 Functionele agrobiodiversiteit door middel van zoogdieren en vogels	25
2.11 Inventarisatie bedrijfsmaatregelen	26
2.12 Resistentie in kool tegen koolwittevlug en koolluis	27
3. Het bodemleven als basis voor een duurzame landbouw	29
3.1 Bodemweerbaarheid	29
3.1.1 Plaagwering door bodemmaatregelen	29
3.1.2 Stimuleren van het ziekteverend vermogen van de bodem	33
3.1.3 Mycorrhiza-kolonisatie bij de teelt van ui	35
3.1.4 Weerbaarheid van de bodem tegen plantenziekten in relatie tot grondbewerking	36
3.1.5 Meten van algemene bodemgezondheid	37
3.2 Bodemstructuur en bodemkwaliteit	38
3.2.1 FAB verbetert bodemstructuur	38
3.2.1.1 NKG, bodemleven en bodemstructuur	39
3.2.1.2 Bodemdichtheid	41
3.2.1.3 Waterinfiltratie	41
3.2.1.4 Betekenis van de resultaten voor de praktijk	42

	pagina
3.2.2 Niet-kerende grondbewerking in de Hoeksche Waard	42
3.2.3 Microarthropoden als indicatoren voor bodemkwaliteit	43
3.2.3.1 Drijfmestinjectie vs. bovengrondse toepassing	43
3.2.3.2 Mesttype en hoeveelheid	43
3.2.3.3 Gras-klaver	44
3.2.3.4 Biologisch vs. conventioneel	44
3.2.4 Introductie van regenwormen om de bodem te verbeteren	44
3.2.5 Inventarisatie bedrijfsmaatregelen	45
3.2.5.1 FAB in de bodem	45
3.2.5.2 Toepassing in de praktijk	46
4. Maatschappelijke aspecten van Functionele Agrobiodiversiteit	47
4.1 Agrobiodiversiteit in verschillende beleidsterreinen	47
4.2 Een groter draagvlak voor natuurlijke plaagonderdrukking op gebiedsniveau	48
4.3 Bedrijfseconomische effecten FAB-plaagbeheersing	48
4.4 Bekendheid van FAB en de mogelijkheden om FAB-randen en akkerranden te combineren	49
4.5 Mogelijkheden van ecologisch dijkbeheer	50
5. Kennisverspreiding	51
5.1 Workshops	51
6. Conclusies	53
6.1 De rol van het landschap in FAB	53
6.2 De rol van de Bodem in FAB	54
6.3 De rol van resistente rassen	54
7. Bespreking van de door EL&I gestelde vragen	55
7.1 FAB werkt	55
7.2 De toekomst	56
Publicaties in het kader van het programma	57
Overige literatuur	61

Voorwoord

Voor u ligt het eindresultaat van het fundamenteel/strategisch onderzoek dat is uitgevoerd in het beleidsondersteunende onderzoeksprogramma BO FAB en van het toegepast onderzoek dat in de landelijke pilot FAB2 heeft plaatsgevonden aan functionele agrobiodiversiteit (FAB).

Met FAB willen we een duurzamere en sterkere landbouw bereiken die minder afhankelijk is van externe inputs door meer gebruik te maken van natuurlijke processen. Het verrijken van het bodemleven door duurzaam bodembeheer en natuurlijke plaagbestrijding via akkerranden en omgevingselementen zijn twee zeer belangrijke onderdelen van FAB die de afgelopen vier jaar in het onderzoek centraal hebben gestaan en daarom ook in dit rapport.

Gebruik maken van de biodiversiteit ten behoeve van de verduurzaming van de landbouw speelt een belangrijke rol bij de vergroening van de landbouw als economische activiteit. En juist in deze economische tijden is het cruciaal dat er gezocht wordt naar allerlei verbindingen om de landbouw te versterken. En dat is wat FAB doet, het verbindt:

- Ondergrond en bovengrond
- Natuur en landbouw
- Nut en noodzaak

Specifiek voor deze twee programma's is dat fundamenteel en strategisch onderzoek verbonden is met de praktijk. De resultaten uit het meer fundamenteel onderzoek werden via de verbinding met de landelijke pilot direct naar de praktijk gebracht om daar met ondernemers verder ervaring op te doen. Een unieke combinatie.

Om uiteindelijk dit resultaat op te leveren hebben vele verschillende belanghebbende partijen succesvol samengewerkt; overheden, kennisinstellingen en bedrijfsleven. Een mooi voorbeeld van de Gouden Driehoek. En deze Gouden Driehoek heeft er mede voor gezorgd dat er goede stappen zijn gezet om FAB verder te integreren in de landbouw. Meer is bekend over de mogelijkheden en uitkomsten van het toepassen van FAB, meer ondernemers zijn er mee aan de slag, maar belangrijk; meer landbouw is via FAB een stap verder in de verduurzaming door het verbinden van biodiversiteit aan productie. Zoals ik al zei, FAB verbindt!

Met dit rapport zetten we resultaten op een rij en reiken we u deze aan om de mogelijkheden van FAB breder te verspreiden en meer toegepast te krijgen ten behoeve van de vergroening van de landbouw. Nu ligt er de kans om de toepassing van FAB verder te verbreden binnen het nieuwe Gemeenschappelijk Landbouwbeleid en het beleid gericht op de Topsectoren.

Deze kans moeten we grijpen, want functionele agrobiodiversiteit is onmisbaar voor de vergroening van de landbouw!

Monique Brobbel
Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I)

Den Haag, december 2011

Begeleidingscommissie

Monique Brobbel	-	Voorzitter, EL&I, directie AKV
Frits Schroën	-	Secretaris, EL&I directie DKI
Gerrie Haenen	-	EL&I, directie AKV
Merijn Bos	-	Louis Bolk Instituut
Teun de Waard	-	LTO
Adriaan Guldemond	-	Centrum voor Landbouw en Milieu
Gert Eshuis	-	I&M, directie Water, Bodem en Landelijk Gebied
Wim van der Putten	-	NIOO
Johan Edens	-	nVWA
Ben Vosman	-	Programmaleider, Plant Research International
Jack Faber	-	Programmasecretaris, Alterra

Agendaleden:

Bas Volkers	-	EL&I, directie NLP
Hans Schollaart	-	EL&I, directie AKV
Henk Groenewoud	-	L&I, directie NLP

Woord Vooraf van de redacteuren

Deze rapportage bevat het verslag van een onderzoek dat binnen het DLO-programma Functionele Agrobiodiversiteit en het LTO-project FAB2 is uitgevoerd in de periode 2008 t/m 2011. Medewerkers van diverse instituten hebben met kennis en ervaring bijgedragen aan vier jaar beleidsondersteunend en praktijkgericht onderzoek, om functionele agrobiodiversiteit verder te ontwikkelen en in de bedrijfsvoering in te brengen. Het resultaat is een praktijkwaardig palet van zienswijzen en toepasbare maatregelen. De volgende instituten en onderzoekmedewerkers hebben bijgedragen aan dit rapport:

Plant Research International: Eefje den Belder, Kees Booij, Karin Burger-Meijer, Janneke Elderson, Danny Esselink, Rob Geerts, Jane Landure, Bastiaan Meerburg, Bert Meurs, Joeke Postma, Ben Schaap, Mirjam Schilder, Olga Scholten, René Smulders, Pieter Vereijken, Willem de Visser, Roeland Voorrips, Ben Vosman

Alterra: Hans Baveco, Jaap Bloem, Wim Dimmers, Jack Faber, Arjan Griffioen, Annemariet van der Hout, Gerard Jagers op Akkerhuis, Ruud van Kats, Joost Lahr, Dennis Lammertsma, Ivo Laros, Marja van der Veen

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving: Frans van Alebeek, Leendert Molendijk, Marian Vlaswinkel, Gerard Meuffels

LTO Nederland: Henny van Gurp

DLV Plant: Jeroen Willemse

Centrum voor Landbouw en Milieu: Erna van der Wal

Louis Bolk Instituut: Merijn Bos

Universiteit van Amsterdam: Paul van Rijn

Bij de onderzoekresultaten, vermeld in de hoofdstukken 2 t/m 4, is aangegeven wie de verantwoordelijke onderzoekers zijn. Behalve de hier genoemde onderzoekers hebben ook veel anderen, al of niet medewerkers van de betrokken instellingen, aan het onderzoek meegewerkt. Langs deze weg willen we allen bedanken. Allereerst is daar de begeleidingscommissie van het programma. De vergaderingen die we de afgelopen jaren hebben gehad waren altijd zeer constructieve bijeenkomsten waar de deelnemers inbreng hadden, ieder vanuit zijn specifieke betrokkenheid bij functionele agrobiodiversiteit. Verschillende mensen hebben commentaar gegeven op eerdere versies van het rapport, waardoor het sterk is verbeterd en voor een grotere groep mensen bruikbaar is geworden. In het bijzonder willen we Monique Brobbel bedanken voor haar tomeloze inzet. Door haar heeft functionele agrobiodiversiteit een gezicht binnen het ministerie van EL&I. Tot slot willen we Martijn de Groot bedanken voor het redigeren van de tekst.

Ben Vosman en Jack Faber

Wageningen, december 2011

Samenvatting

Duurzaamheid is een belangrijk onderwerp in maatschappij en beleid. De rijksoverheid bevordert duurzaam produceren, consumeren en ondernemen onder meer met beleid voor landbouw, water, milieu en innovatie. De landbouw kan daaraan een belangrijke bijdrage leveren door functionele agrobiodiversiteit (FAB) te integreren in de bedrijfsvoering.

De agrarische sector ambiert een maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde land- en tuinbouw (*people, planet, profit*), waarbij het FAB-concept een aanzienlijke rol kan vervullen. Het is de verwachting dat, wanneer landbouwbedrijven agrobiodiversiteit integreren in hun bedrijfsvoering veerkracht, stabiliteit en rendement van de agro-productiesystemen zullen toenemen. Brede toepassing van agrobiodiversiteit zal mogelijk leiden tot minder externe inputs (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen, energie), waardoor de sector meer kan bijdragen aan de oplossing van mondiale vraagstukken rond voedsel, klimaat, milieu en biodiversiteit. De regering heeft in haar brief naar de Tweede Kamer (KST127012, januari 2009) aangegeven activiteiten op het gebied functionele agrobiodiversiteit te ondersteunen.

In het historische gemengde bedrijf waren het duurzaam gebruik en de bescherming van agrobiodiversiteit als vanzelf (en noodzakelijkerwijs) ingebed in de bedrijfsvoering. De huidige landbouwstructuur met specialisatie en schaalvergroting vraagt om nieuwe samenwerkingsvormen en bedrijfsvoering. Een regionale aanpak is daarbij belangrijk. Verschillende partijen, ondernemers en andere stakeholders, moeten met elkaar samenwerken om agrobiodiversiteit in te bedden. Visie en ambitie rond functionele agrobiodiversiteit zullen in de praktijk vooral op regionaal niveau moeten worden bepaald.

Het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I, voorheen LNV) heeft aan Wageningen UR gevraagd om praktisch toepasbare kennis te ontwikkelen om functionele agrobiodiversiteit beter te kunnen benutten voor een duurzame landbouw. Het handelingsperspectief van boeren en landschapbeheerders in de regio was daarbij leidend. Kort gezegd, was de centrale vraag: 'Met welke maatregelen kunnen we nuttige soorten stimuleren en schadelijke remmen?'. Hiervoor is experimenteel en beschrijvend onderzoek in het veld uitgevoerd en zijn bestaande databestanden en vak- en wetenschappelijke literatuur geanalyseerd. Het onderzoek was nauw gekoppeld met het LTO-project 'Functionele Agrobiodiversiteit 2' (FAB2), waardoor er een directe link met de landbouwpraktijk bestond.

Onderzoek naar de rol van het landschap in de preventie van ziekten en plagen heeft onder meer geleid tot het advies om bij de aanplant en het onderhoud van bomen en struiken in het agrarisch gebied meer rekening te houden met de functie die de verschillende soorten hebben bij het ondersteunen van natuurlijke vijanden van plagen. Ook bleek uit het onderzoek dat de invloed van een bloeiende akkerrand zich tot minimaal 70 meter in het gewas uitstrekt. De landschappelijke omgeving tot op een afstand van enkele kilometers heeft invloed op plaagbeheersing in de percelen. Uit een ruimtelijke analyse blijken grote regionale verschillen in aantal en omvang van (potentiële) bronnen van natuurlijke vijanden in de omgeving van akkers. De ruimtelijke rangschikking van akkers is eveneens van invloed op de verspreiding van ziekten en plagen doordat de kans op uitwisseling van plaagorganismen en ziektekiemen groter is voor dichterbij elkaar gelegen percelen. Afstemming van teelten en de ruimtelijke ligging van productiepercelen binnen een regio kan tot een lagere plaagdruk leiden.

Bodemkwaliteit lijkt stuurbaar als de juiste maatregelen worden genomen. De pilot 'Biottoets' bevestigt dat er een relatie is tussen ziektevering van bodems en bepaalde indicatoren voor de bodemkwaliteit, zoals bodemstructuur en de diversiteit aan nematoden. Niet-kerende grondbewerking (NKG) bevordert het functionele bodemleven, met name regenwormen en schimmels, en schept daarmee op middellange termijn goede randvoorwaarden voor verbetering van bodemstructuur met betrekking tot opbouw van organische stof, stabiele kruimelstructuur, en waterafvoer en droogteresistentie. NKG lijkt kostenbesparend en is milieuvriendelijk. De effecten van NKG zijn groter als tegelijkertijd plantresten op het land worden achtergelaten. De toename van relevant bodemleven voor FAB is relatief snel en duidelijk meetbaar.

Vaste organische mest leidt tot een heel ander bodemecosysteem dan drijfmest of kunstmest. Bemesting is een sterk sturende factor voor de levensgemeenschap in de bodem, en daarmee voor het functioneren van het bodemecosysteem in termen van nutriëntenregulatie. Daarbij is niet alleen het type mest van belang, maar ook de toegepaste hoeveelheid. Biologische landbouw gaat gepaard met een heel andere bodemfauna dan conventionele landbouw.

Er is een nieuw mechanisme van ziektevering tegen *Rhizoctonia* beschreven. De betreffende antagonistische bacteriën komen voor in diverse bodems in Nederland, met name kleigronden. Deze bacteriën kunnen met chitine en eiwitrijke dierlijke reststromen (o.a. verenmeel) gestimuleerd worden, waardoor ziektevering verhoogd wordt.

Naast het benutten van functionele agrobiodiversiteit zijn er ook andere methoden om de landbouw duurzamer te maken. Deze kunnen worden gevonden in het verhogen van de intrinsieke weerbaarheid van het gewas via veredeling. Zo is er in genenbankmateriaal van savooiekool goede resistentie gevonden tegen wittevlieg en koolluis. Dit biedt perspectief voor veredeling gericht op het ongevoelig maken van dit gewas voor beide plagen, waardoor het gebruik van insecticide mogelijk omlaag zal gaan.

De hoeveelheid arbeid (scouting kost ongeveer 20-30 minuten per waarneming) en de risicobeleving van FAB zijn hoog in verhouding tot de kosten van insecticide bespuitingen. FAB-plaagbeheersing is op basis van kostenreductie door het besparen van insecticiden bedrijfseconomisch niet rendabel. Andere inkomstenbronnen zijn noodzakelijk om FAB-plaagbeheersing economisch duurzaam interessant te maken. Dit kan bijvoorbeeld een akkerrandenregeling zijn, waarbij de teler subsidie krijgt voor het aanleggen en onderhouden van akkerranden. Meerjarige gras-kruideranden zijn economisch interessanter dan eenjarige bloemenranden. Dit is mede afhankelijk van de kosten om het maaisel af te voeren en de mogelijkheden om dit te gelde te maken.

Het is duidelijk dat een systeemsprong rondom FAB alleen mogelijk is indien er wordt gekozen voor een geïntegreerde aanpak. Het landbouwbedrijf kan niet los worden gezien van de omgeving en een ieder moet zijn steentje bijdragen om het geheel tot een succes te maken. Er liggen prachtige kansen, maar er zijn nog veel onzekerheden. Deze kunnen deels worden opgelost met onderzoek, deels zal er ook een mentaliteitsverandering nodig zijn, zowel bij boer als consument.

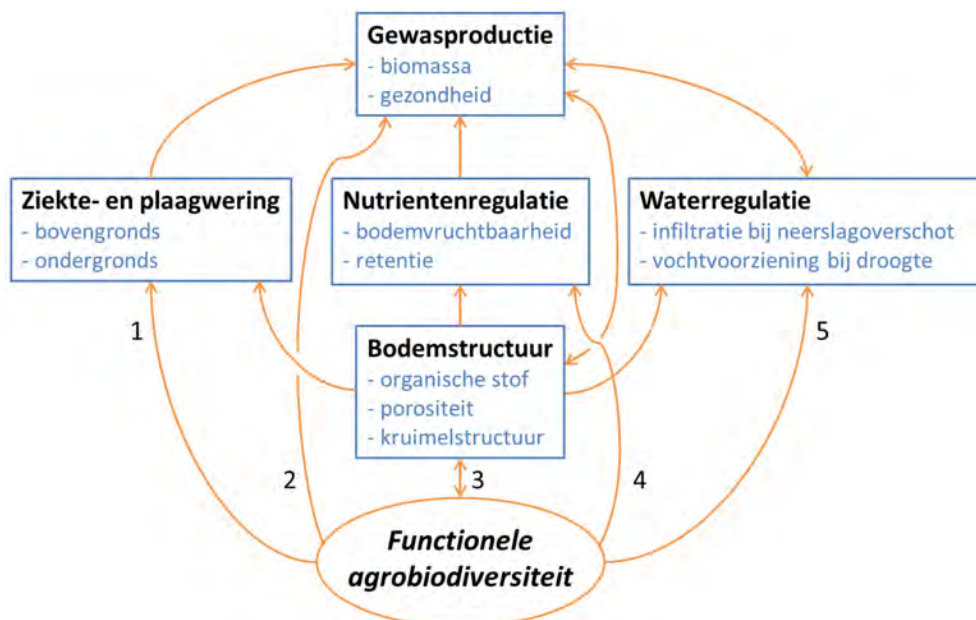
1. Inleiding

Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven is gericht op het stimuleren en beter benutten van agrobiodiversiteit, met als doel de productiemethoden in de landbouw nog duurzamer te maken. Functionele agrobiodiversiteit (FAB) speelt hierin een sleutelrol. Hieronder verstaan we alle biodiversiteit op en rondom een bedrijf die direct of indirect een positieve invloed heeft op de teelt. Het is de verwachting dat we door deze functionele biodiversiteit te stimuleren de natuurlijke weerbaarheid van het productiesysteem kunnen verbeteren, waardoor we minder last zullen hebben van ziekten en plagen.

FAB helpt op natuurlijke wijze plagen te onderdrukken, waardoor minder chemische middelen nodig zijn. FAB draagt ook bij aan een natuurlijke bodemvruchtbaarheid door de opbouw en afbraak van organische stof te reguleren en een goede bodemstructuur te bevorderen. Dit resulteert in een betere waterhuishouding tijdens droogteperiodes en neerslagpieken, en een lagere belasting van het milieu door gewasbeschermingsmiddelen en uitspoelende nutriënten.

1.1 Ecosysteemdiensten

Een centrale plek in het denken over functionele agrobiodiversiteit heeft het concept van ecosysteemdiensten (Van Wensem en Faber, 2007). Daaronder verstaan we diensten die het ecosysteem aan de mens levert. In de landbouw kan het dan gaan over het bestuiven van gewassen, het onderdrukken van ziekten en plagen met behulp van natuurlijke vijanden (rovers, parasieten, antagonistische bacteriën en schimmels) en de bijdrage van het bodemleven aan structuur en kwaliteit van de bodem, resulterend in nutriëntencycli, behoud van de waterkringloop, het voorkomen van erosie en het vastleggen van atmosferische koolstofdioxide (CO₂) in organische stof (Figuur 1). Het concept heeft inmiddels breed ingang gevonden bij beleid en wetenschap, en de vertaalslag naar praktijkgerichte maatregelen is ingezet (Faber en Rutgers, 2009; Faber *et al.*, 2009).



Figuur 1. Relatie tussen functionele agrobiodiversiteit en ecosysteemdiensten zoals bestudeerd in het onderzoekprogramma: (1) biologische bestrijding van plaaginsecten door parasitering en predatie, ziektevering door schimmels en bacteriën, (2) mycorrhiza, stikstoffixeerders, bestuivers, (3) afbraakschimmels, mycorrhiza en regenwormen, (4) micro-organismen, bodemfauna, (5) pendelende resp. strooisel-inbrengende regenwormen.

Het onderzoek waarover hier wordt gerapporteerd is primair gericht op de ontwikkeling van praktisch toepasbare kennis voor boeren en landschapbeheerders. Hierbij stonden het handelingsperspectief van akkerbouwer en beheerders in de regio centraal. De vraag is hoe zij met specifieke maatregelen nuttige soorten kunnen stimuleren en schadelijke soorten kunnen remmen. Hiervoor is experimenteel en beschrijvend onderzoek in het veld uitgevoerd en zijn bestaande databestanden alsmede vak- en wetenschappelijke literatuur geanalyseerd. Het onderzoek was nauw gekoppeld met het LTO-project Functionele Agrobiodiversiteit 2 (FAB2), waardoor een directe link met de landbouwpraktijk bestond.

1.2 Vragen vanuit het ministerie van EL&I

In zijn Kaderbrief voor 2008 gaf het ministerie van EL&I aan dat het via het thema Functionele Biodiversiteit streeft naar een sterkere band tussen (het beleid voor) biodiversiteit, duurzaam bodemgebruik en duurzame landbouw door duurzaam gebruik van biodiversiteit in het agrarisch productieproces (= functionele biodiversiteit) te bevorderen en benutten, waarbij zo goed mogelijk de ecologische relaties tussen organismen en bodem worden benut. Hiervoor moet de reeds opgedane kennis verder versterkt en verdiept worden, zullen er pilots in de regio opgezet en ondersteund worden en zullen resultaten uit deze pilots en het onderzoek steeds naar de praktijk vertaald moeten worden. Daarnaast moet er een goede communicatie zijn tussen alle stakeholders.

In het Programma van Eisen voor dit onderzoek werd dit als volgt uitgewerkt:

- **Kennislacunes en kennisvragen.** De kennis die tot nu toe is ontwikkeld, heeft hoofdzakelijk betrekking op de akkerbouw en is nog onvolledig. Hoewel er uitzicht is op praktisch bruikbare FAB-concepten, is een verdere verbreding (naar andere gewassen en dieren) en verdieping van deze kennis nodig via een combinatie van fundamenteel onderzoek en onderzoek via experimenten op bedrijfsniveau en in praktijknetwerken. Gezien het ingewikkelde karakter van het onderzoek (invloed van bodem, weer en de vele relaties en interacties) is een meerjarige en multifunctionele aanpak gewenst.
- Functionele biodiversiteit draagt bij aan **andere relevante EL&I-beleidsdoelstellingen** maar deze bijdrage is nog weinig gekwantificeerd. De vraag is ook hoe functionele biodiversiteit vanuit de relevante beleidsprogramma's voldoende gestimuleerd kan worden en door wie (Rijk, provincies) (bijv. via het Programma Beheer, geïntegreerde gewasbescherming, Kaderrichtlijn Water).
- Perspectiefvolle maatregelen en concepten uit het onderzoek zullen steeds **getoetst moeten worden door toepassing in bedrijfssystemen**, en gepubliceerd moeten worden. Van hieruit wordt ook beperkte ondersteuning aan regionale FAB-pilots verzorgd.
- Gezien de vele actoren (EL&I, I&M), provincies, waterschappen, bedrijfsleven, kennisinstellingen) en facetten ((biologische) teelt, milieu, gewasbescherming, landschap) die samenhangen met functionele biodiversiteit is goede en directe **communicatie** met alle belanghebbenden van groot belang. Naast afstemming heeft dit netwerk een belangrijke taak bij het verspreiden van de resultaten uit het onderzoek naar het groene onderwijs.

Het doel van het programma Functionele Agrobiodiversiteit en het FAB2-project was de door het ministerie van EL&I geïdentificeerde kennislacunes op te vullen en kennisvragen te beantwoorden, en de verschillende doelgroepen te informeren over de resultaten.

1.3 Leeswijzer

In deze eindrapportage worden de resultaten van het onderzoek samengevat en geïntegreerd beschreven. In het voorafgaande hebben we uitgelegd wat onder functionele agrobiodiversiteit moet worden verstaan, welke de vragen waren van het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) en hoe het onderzoek is uitgevoerd.

Het volgende hoofdstuk behandelt het onderzoek naar de rol van het landschap in de preventie van ziekten en plagen. Het derde hoofdstuk beschrijft het belang van een gezonde bodem voor een duurzame landbouw. Hierin worden resultaten gepresenteerd over bodemkwaliteit, bodemgezondheid en het weren van ziekten en plagen. Hoofdstuk 4 behandelt maatschappelijke aspecten van functionele agrobiodiversiteit, en het vijfde hoofdstuk beschrijft wat er aan kennisverspreiding is gedaan. De daarop volgende hoofdstukken bevatten de belangrijkste conclusies en de antwoorden op de kennisvragen van het ministerie van EL&I.

2. De rol van het landschap in de preventie van ziekten en plagen

In een agrarisch landschap hebben plaaginsecten, hun natuurlijke vijanden, maar ook bestuivers als bijen en hommels hun leefgebied. Zo'n landschap bestaat uit productieve en niet-productieve elementen. We kunnen de ecologische processen die daar spelen niet los van elkaar zien en moeten de interacties bestuderen om te komen tot een lagere plaagdruk op de percelen (Den Belder, 2000a, b). Deze interacties worden beïnvloed door de samenstelling, ligging en beheer van productiepercelen en niet-productieve landschapselementen. Daarnaast speelt natuurlijk ook de opeenvolging van de gewassen (gewasrotatie) een belangrijke rol bij het verminderen van risico's van insectenplagen. Uit onderzoek wordt steeds duidelijker dat dichtheid en fluctuatie van plagen en hun natuurlijke vijanden op een perceel afhangen van de inrichting van het agrarisch landschap (Den Belder *et al.*, 2002) en dat plaagonderdrukking kan worden beïnvloed door de structuur van het agrarisch landschap op meerdere schalen. In een review van Bianchi *et al.* (2006) is het verband tussen de mate van plaagbeheersing en eigenschappen van het landschap op een rijtje gezet. In 74% van de studies werden hogere aantallen natuurlijke vijanden en in 45% een lagere plaagdruk gevonden in complexe landschapsmozaïeken met een hoog aandeel *non-crop habitats*, dan in eenvoudige grootschalige landschappen met weinig natuurlijke habitats. In 80% van de gevallen was de hoeveelheid kruidenrijke vegetatie, in 71% opgaande begroeiing en in 70% het mozaïekarakter van het landschap het kenmerk dat gepaard ging met grotere aantallen actieve natuurlijke vijanden. In de periode na 2006 is nieuw onderzoek beschikbaar gekomen waaruit blijkt dat diversiteit, aantallen en effectiviteit van natuurlijke vijanden groter zijn in complexere landschappen met meer *non-crop* oppervlakte, en dat de relevante afstand daarbij enkele kilometers kan bedragen (Chaplin-Kramer *et al.*, 2011, Rusch *et al.*, 2010).

Het onderzoek waarover hier wordt gerapporteerd, is gericht op het verkrijgen van een meer kwantitatief inzicht in het schaalniveau waarop plaagonderdrukkende processen aangrijpen. Hiervoor zijn zowel empirisch onderzoek als simulatiemodellen gebruikt.

2.1 Effecten van landschapstructuur op plaagonderdrukking in kool

Eefje den Belder, Willem de Visser, Bert Meurs, Pieter Vereijken en Janneke Elderson

Vier jaar lang zijn er op 22 tot 24 biologische bedrijven waarnemingen gedaan van de insectenpopulaties in spruitkool. De bedrijven lagen verspreid over heel Nederland. We hebben geprobeerd vast te stellen of naast bedrijfsvoering de landschapsstructuur plaagonderdrukking beïnvloedt. Daartoe zijn tijdens het groeiseizoen alle spruitkoolpercelen vier keer bemonsterd op de aanwezigheid van bladluizen en rupsen. Met behulp van Geografische Informatie Systemen (GIS) is het landschap gekarakteriseerd dat elk bemonsterd spruitkoolperceel omringt. Er is een schatting gemaakt van het totale oppervlak van de land- en tuinbouwgewassen en gras, de natuurlijke elementen (bos, heide, etc.) en de lengte van lijnvormige elementen in het landschap (houtwallen, bomenrijen, sloten en dijken). Bedrijfsgegevens zijn aangevuld door middel van interviews met de telers. Statistische analyses (Generalized Linear Mixed Models) zijn gedaan met de cumulatieve druk van de rupsen van het kleine koolwitje en koolmotje als responsvariabelen.

Voor beide rupsenplaagsoorten geldt dat er een lagere plaagdruk is bij meer groene dooradering in het landschap. Dit komt goed overeen met resultaten van een literatuurstudie van Bianchi *et al.* (2006) en met een onderzoek van Bianchi *et al.* (2008) om de relatie tussen koolmotparasitering (Figuur 2) en het landschap te onderzoeken. Daarnaast is de infectiedruk van beide rupsenplagen lager naarmate de afstand tot een buurperceel met een koolgewas groter is.



Figuur 2. Eieren van een koolwitje worden geparasiteerd door een sluipwesp (foto: Nina Fatouros).

De resultaten laten zien dat plaagonderdrukking kan worden beïnvloed via de inrichting van het agrarisch landschap en dat er effecten zijn op meerdere schaalniveaus tegelijk. Onze resultaten, gecombineerd met voorbeelden uit de literatuur, geven aan dat het zinvol is om op verschillende schaalniveaus rond het bedrijf, zowel lokaal (afzonderlijke percelen op het bedrijf) als in het gebied, maatregelen te nemen. Een zo goed mogelijk aaneengesloten netwerk van 'groene lijnen', heggen, hagen en akkerranden resulteert in lagere aantallen koolmotje en klein koolwitje (Den Belder *et al.*, 2009). Probleem blijft dat in gebieden waar permanent veel koolgewassen achter elkaar worden geteeld, zoals in de kop van Noord Holland, we een verhoogde plaagdruk houden.

Zowel in het geval van aardappel (vermindering van groene perzikluis) als van spruitkool zal het optimaliseren van het niet-cultuurgewasareaal rond het perceel een verminderde plaagdruk kunnen opleveren. Dit blijkt uit de relatie die er is tussen de afname van het teeltareaal in de directe omgeving van het productieperceel en de afname in plaagdruk. Bij de onderdrukking van rupsenplagen in spruitkool komt er nog een tweede effect op landschapsschaal bij, namelijk een afname aan plaagdruk bij een toename van de groene dooradering. Zowel de ruimtelijke ligging als de opeenvolging van gewassen op de productiepercelen (rotatie) spelen een rol.

2.2 Vóórkomen en effectiviteit natuurlijke vijanden

*Hans Baveco, Gerard Jagers op Akkerhuis, Ruud van Kats,
Wim Dimmers, Marja van der Veen en Arjan Griffioen*

Plagbeheersing door predatie en parasitering op kleine ruimtelijke schaal, is relatief goed begrepen en gedocumenteerd. Zo hebben we in experimenten op het biologische bedrijf van Wageningen UR in 2009 patronen in de dichtheid van parasitaire wespen binnen enkele percelen onderzocht. Dichtheden waren hoger aan de randen van het perceel. Echter, zelfs midden op een vrijwel kale akker werden aanzienlijke aantallen gevangen (Figuur 3). Op deze schaal is het bevorderen van natuurlijke plagbeheersing mogelijk door te zorgen dat alle delen van het perceel goed bereikbaar zijn vanuit de groene aders of speciaal daartoe aangelegde meerjarige onbewerkte stroken. Deze stroken moeten bloem- en bij voorkeur ook structuurrijk zijn, dus die niet alleen uit gras bestaan maar ook opgaande begroeiing zoals struiken bevatten.



Figuur 3. Vangen van parasitaire wespen op plakstrippen (7 meter onderlinge afstand) gedurende 1 etmaal.

Verskillende processen spelen zich af op een grotere schaal van ruimte en tijd. Het gaat dan bijvoorbeeld om soorten die vanuit een beperkt aantal locaties in de loop van voorjaar en zomer het landschap koloniseren, mogelijk in meerdere generaties tijd. Meestal wordt deze schaal gedefinieerd als de 'landschapsschaal'. Het doorgronden van de rol van landschapselementen en de percelen zelf in deze processen is veel moeilijker. Zoals bleek uit onderzoek van Vosman *et al.* (2007), zijn veel processen specifiek voor een bepaalde plaagsoort of natuurlijke vijand. In kortdurende veldexperimenten hebben we ingezoomd op deelprocessen in relatie tot de verspreiding in het landschap. We ontdekten dat in landschappen zonder spruitkoolvelden de dichtheid van de op koolmot parasiterende sluipwesp zo laag was dat geen parasitering van uitgezette koolmot rupsen plaatsvond. Dit lijkt een open deur, maar de verwachting was dat in landschappen met relatief veel groene dooradering deze sluipwespen wel aanwezig zouden zijn. Hun overwinterlocaties liggen buiten de percelen, en wilde kruisbloemigen in de dooradering kunnen alternatieve waardplanten zijn voor de rupsen. Bij een herhaling in 2010 van het veldwerk in twee landschappen met spruitkoolvelden werd een duidelijke relatie gevonden tussen mate van parasitering en de nabijheid van het spruitkoolperceel. Spruitkoolpercelen spelen dus een rol in de verdere verspreiding van sluipwespen over het landschap. Vanuit deze

natuurlijke vijand bekeken is het natuurlijk ook noodzakelijk dat hun gastheren *ergens* beschikbaar zijn: een argument om misschien toch niet alle waardplanten van plaaginsecten uit te bannen in meerjarige randen.

Uit dispersie (verspreidings)experimenten (2009) met twee soorten gekweekte sluipwespen (*Cotesia glomerata*, parasiet van o.a. rupsen van het koolwitje en *Aphidius ervi*, parasiet van bladluizen) bleek de gemiddelde dispersieafstand binnen een dag in een homogeen veld groter of gelijk aan de schaal van het experiment: ruim 50 meter. Voor de (kleinere) parasiet van koolmot rupsen, *Diadegma semiclausum*, vonden Bianchi *et al.* (2009) een vergelijkbare gemiddelde dispersieafstand. De relevantie van dergelijke resultaten ligt in de mogelijkheid tot extrapolatie, met behulp van modellen, naar de landschapsschaal: het voorspellen van de kans op kolonisatie van meer of minder geïsoleerde percelen door deze natuurlijke vijand.

Vanwege de complexiteit, de veelheid aan interacties en de soortspecifieke aspecten is voor het begrip van systemen op landschapsschaal een belangrijke rol weggelegd voor modellen (Schellhorn *et al.*, 2008). Dit geldt ook voor het afleiden van vuistregels om natuurlijke plaagbeheersing beter te benutten. Zo formuleren Bianchi *et al.* (2010) de vuistregel dat de beste maat voor de effectiviteit van *mobiele* predatoren (zoals lieveheersbeestjes en hangmatspinnen) de gemiddelde afstand is tussen een zich ontwikkelende plaagsoort en alle plekken met predatoren in de omgeving. Voor *minder mobiele* predatoren (zoals roofwantsen en roofmijten) is de beste maat de kortste afstand tussen deze kern en een plek met predatoren (Figuur 4). Ruimtelijke relaties blijken cruciaal: het gaat om de verbondenheid (connectiviteit) van plekken met plaagsoortenpopulaties en plekken met natuurlijke vijanden.



Figuur 4. Zweefvlieg *Episyrrhus balteatus* waarvan de larven prederen op bladluizen.

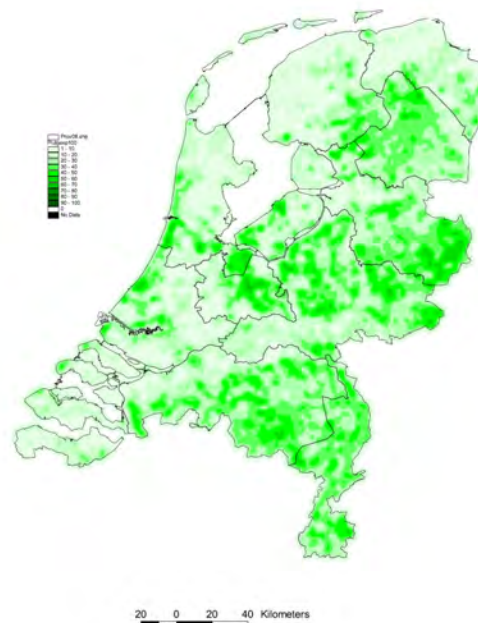
2.3 Ruimtelijke relaties en verbondenheid

Hans Baveco

Wanneer we de inzichten uit veldstudies en modellen op landschapsschaal willen vertalen in richtlijnen voor een landschap waarin natuurlijke plaagbeheersing optimaal wordt benut, komt de nadruk te liggen op verbondenheid. Verbondenheid die we voor natuurlijke vijanden zo groot mogelijk willen maken, terwijl we deze voor de plaagsoort juist willen minimaliseren. De kans op kolonisatie van een perceel met een plaagsoortpopulatie moet voor de natuurlijke vijand zo groot mogelijk zijn; die van een perceel met waardplanten moet voor de plaagsoort zo klein mogelijk gemaakt worden. Om plaagpopulaties in de beginfase van exponentiële groei te kunnen onderdrukken moeten er genoeg plekken met natuurlijke vijanden voldoende nabij zijn. Hoeveel voldoende is, en welke soorten landschapselementen een rol spelen, is een belangrijke vraag waar veel onderzoek naar wordt gedaan.

Uit statistisch onderzoek naar verbanden tussen plaagbeheersing en landschapkenmerken kunnen afstand-intensiteit relaties afgeleid worden. Binnen het programma is hiervoor een methode ontwikkeld (Baveco and Bianchi, 2007), gebaseerd op de dataset voor parasitering van koolmot (Bianchi *et al.*, 2008). Het mooie is dat wanneer we eenmaal deze afstand-intensiteit relaties vastgesteld hebben, we ze kunnen projecteren op de kaart, zodat we kunnen laten zien hoe de intensiteit van plaagbeheersing 'uitstraalt' vanuit elementen van de dooradering en in welke mate akkerbouwpercelen er van kunnen profiteren. Dergelijke kansrijkdom-kaarten (Figuur 5) zijn nu beschikbaar op landelijke schaal (25m resolutie), gebaseerd op de koolmot dataset.

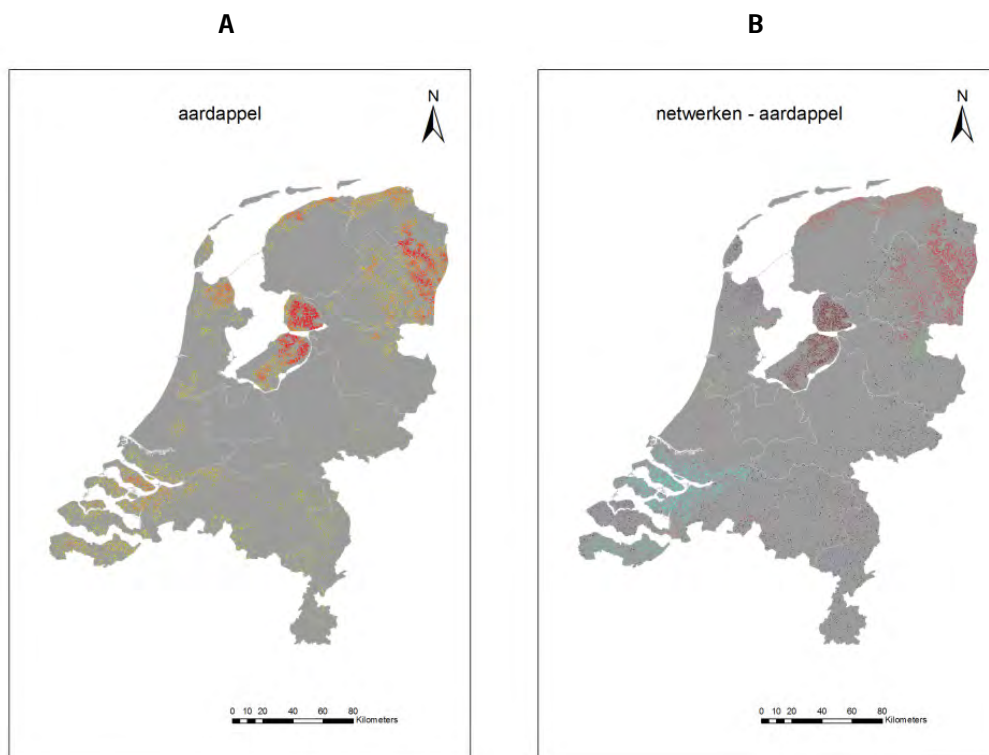
Datasets waarop we de afleiding van afstand-intensiteit relaties baseren, zijn specifiek voor een complex van plaagsoort en natuurlijke vijanden. Uiteindelijk willen we loskomen van specifieke soorten en komen tot generalisaties over minimaal benodigde hoeveelheden niet-productieve landschapselementen binnen bepaalde afstanden van de percelen. Door een groot aantal soort-specifieke datasets met elkaar te vergelijken kunnen we in de toekomst dergelijke generalisaties gaan formuleren. Vooruitlopend hierop hebben we op landelijke schaal geanalyseerd waar de potentiële plaagbeheersing hoog is, wanneer we uitgaan van vier veelvoorkomende lijnvormige landschapselementen die bij optimaal beheer als bron van natuurlijke vijanden kunnen fungeren. De generalisatiestap betreft de aanname dat dezelfde afstand-intensiteit relatie geldt als gevonden voor de koolmot dataset. Met deze kaarten geven we een beeld van de potentiële plaagbeheersing in brede zin.



Figuur 5. Kanskaart voor natuurlijke onderdrukking van een rupsenplaag. De intensiteit (% geparasiteerde rupsen) neemt snel af met toenemende afstand tot de bron (bosrand). Er sprake van een achtergrond intensiteit (12% parasitering bij afwezigheid van enige bron).

Een manier om de kaarten te lezen is de volgende. Waar is het landschap gevarieerd (complex) genoeg om in potentie te kunnen voorzien in natuurlijke plaagbeheersing, bij gericht beheer? De theorie is dat in eenvormige (grootschalige) landschappen beheer gericht op natuurlijke vijanden niet effectief is, terwijl dat beheer in zeer gevarieerde (kleinschalige) landschappen niet nodig is (Tscharntke *et al.*, 2005). Alleen in intermediaire situaties is dit beheer noodzakelijk en effectief. Onze kaarten geven aan waar beheer van bestaande lijnvormige elementen effectief kan zijn, en waar aanleg van nieuwe elementen (inclusief randen en meerjarige bloemstroken) nodig is. Uit de kaarten blijkt dat ongeveer een kwart van de akkers met aardappelen, bieten en granen voldoende groene dooradering in omgeving hebben, van waaruit bij gericht beheer natuurlijke vijanden effectief kunnen zijn. Dit geldt ook voor een derde van de overige landbouwgewassen en voor het totaal aan akkergewassen en volleggrondstuinbouwgewassen (Baveco 2011).

We kunnen de noodzaak van beheer gericht op natuurlijke vijanden ook vanuit een heel andere invalshoek benaderen, namelijk door te kijken naar de ligging van de verschillende akkers ten opzichte van elkaar (Margosian *et al.*, 2009). Onze ruimtelijke analyse is gebaseerd op de aanname dat akkers die dicht bij elkaar liggen, een grotere kans hebben om gekoloniseerd te worden door plaagsoorten. De kans op uitwisseling is tevens groter naarmate de percelen groter zijn en grotere populaties van de plaagsoort kunnen herbergen. De resultaten van de analyses vatten we samen in landelijke 'kwetsbaarheidskaarten' met voor elk perceel van de in de landgebruikskaart onderscheiden akkertypen een waarde gebaseerd op kans op uitwisseling van plaagsoorten. Een tweede resultaat uit de analyse is de identificatie van netwerken van sterk met elkaar verbonden akkers. Dit zijn gebieden waarbinnen een eventuele uitbraak van ziekten en plagen zich vermoedelijk snel kan verspreiden (Figuur 6) en waarvoor een regionale aanpak nodig is.



Figuur 6. Kwetsbaarheid aardappelpercelen voor uitwisseling van ziekten en plagen (A), en identificatie van de netwerken van sterk verbonden percelen met onderling grote kans op uitwisseling ziekten en plagen (B). Ieder netwerk heeft een andere kleur.

2.4 Mobiliteit en genetische diversiteit van koolluis

Eefje den Belder, Janneke Elderson, Danny Esselink, Jane Landure en Rene Smulders

Om het bouwplan en andere bedrijfsmaatregelen bij de plaagbeheersing in het agrarisch gebied te kunnen benutten, maar ook om de migratie van bladluizen met behulp van zuigvallen te kunnen controleren, is het belangrijk goed te kunnen schatten in welke mate er deelpopulaties van bladluizen zijn.

Over de uitwisseling van deelpopulaties van bladluizen tussen waardplanten is nog weinig bekend. Van sommige bladluissoorten weten we dat uitwisseling tussen twee gewassen helemaal niet zo makkelijk is. De katoenluis (*Aphis gossypii*) op chrysanthe in de kas overleeft niet als hij op komkommer terecht komt en omgekeerd kan de 'komkommerkatoenluis' niet overleven op chrysanthe (Guldmond *et al.*, 1994). Van een andere bladluis, de perzikluis (*Myzus persicae*) is in Engeland vastgesteld dat in een zeer intensief productiegebied met grote monoculturen (en afwezigheid van de perzikboom die nodig is voor het vormen van seksuele vormen en overwintering van het ei) er een beperkt aantal 'superklonen' te vinden is (14), die meer dan 98% van de totale populatie uitmaken, en dat uitwisseling veel plaatsvindt (Kasprowicz *et al.*, 2010). Klaarblijkelijk zijn er grote verschillen tussen bladluissoorten wat betreft de ontwikkeling van waardplantgerelateerde biotypen (klonen).

Wij hebben onderzocht of er deelpopulaties van melige koolluis bestaan. Melige koolluis (*Brevicoryne brassicae*, Figuur 7) is verzameld op spruitkool, savooiekool, winterkoolzaad, groenbemester bladrammenas), onkruid in perceelranden en kruisbloemige soorten in een ingezaaide wildrand (Figuur 8).

De genetische verscheidenheid binnen koolluis is onderzocht door verwantschappen te bepalen tussen individuen met genetische markers. Voor het populatieonderzoek van koolluis zijn negen microsatellietmarkers ontwikkeld (Aggarwal *et al.*, 2011). Sommige markers blijken zeer polymorf, waardoor een goed onderscheid tussen genetisch verschillende individuen mogelijk is.



Figuur 7. Een melige koolluis kolonie op spruitkool groeit zeer snel en veroorzaakt al snel economische verliezen.

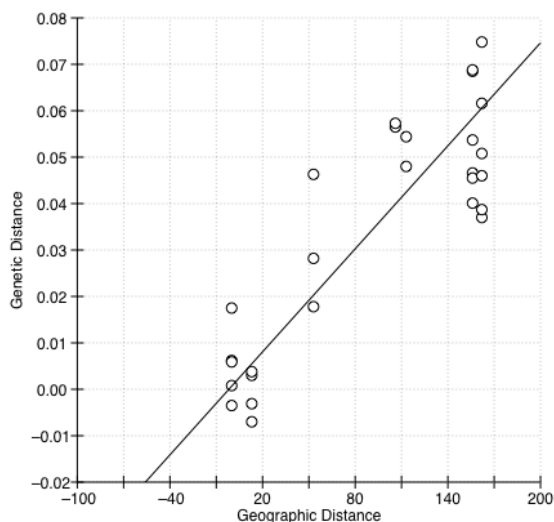
De koolluispopulaties zijn gedurende twee jaar verzameld op spruitkool-savooiekool-percelen in de Flevopolder, Noord-Holland, Zuid-Holland (Hoeksche Waard) en Zeeland, en van een wildrand in de Hoeksche Waard en natuurlijke randen in Flevoland, Zeeland en de Hoeksche Waard.

Uit dit onderzoek komt naar voren dat, heel anders dan bij de hiervoor genoemde katoenluis/chrysanthe/komkommer, individuen van melige koolluis afkomstig van de spruitkool, winterkoolzaad, gele mosterd en het onkruid herik, niet duidelijk verschillen (Den Belder *et al.*, 2011). Er kan dus uitwisseling tussen waardplanten plaatsvinden. We vinden de genetisch identieke individuen ook in opeenvolgende jaren, wat aangeeft dat asexueel voortplantende bladluispopulaties (volwassen bladluizen) een winter kunnen overleven (het waren zachte winters gedurende de periode van het experiment).



Figuur 8. Koolluizen zijn verzameld in productiepercelen en op kruisbloemigen in ingezaaide perceelranden, en onkruiden in randen en percelen.

Alleen op savoieikool zien we dat de meest algemene bladluiskloon beduidend minder voorkomt. We vinden een lichte correlatie tussen genetische afstand en geografische afstand, als we kijken naar de koolluizen verzameld in 2004 (Figuur 9), maar geen correlatie in 2005. Er is dus geen duidelijk voor de hand liggende isolatie door afstand-effect als zodanig op de schaal van 150 km.



Figuur 9. De relatie tussen de geografische afstand (x-as) en de genetische afstand (y-as) tussen koolluispopulaties verzameld langs een transect tussen Zeeland-Flevoland.

Aan de ene kant kunnen we dus dezelfde genetische kloon vinden op alle gewassen en over een grote afstand in Nederland over een aantal jaren. Aan de andere kant vinden we een hoog percentage unieke genetische klonen (253 van het totaal van 663 koolluizen zijn uniek). De opbouw van de deelpopulaties van koolluis in Nederland heeft

niet de typische karakteristieken van een dominante 'superkloon' met allemaal dezelfde genetische achtergrond zoals gevonden in Engeland voor perzikluis.

Geconcludeerd kan worden dat er uitwisseling van bladluizen tussen de verschillende koolsoorten kan plaatsvinden. De vraag hoe vaak dit gebeurt is niet eenvoudig te beantwoorden. Onze tellingen in de Hoeksche Waard gedurende één groeiseizoen in de verschillende randen en gewassen laten zien dat koolluizen in zeer wisselende aantallen worden gevonden gedurende het groeiseizoen, ook op dezelfde waardplant. Vooral in april vinden we lage aantallen. Verder blijkt dat er in maart op spruitkool veel koolluizen kunnen voorkomen in tegenstelling tot bijvoorbeeld op winterkoolzaad. Ook in een wildmengsel met kruisbloemigen kan veel koolluis zitten. Winterkoolzaad kan in mei een 'groene brug' vormen tussen spruitkool van het vorige en het komende seizoen. Ook in mei kunnen in de wildmengsels met kruisbloemige soorten grote aantallen koolluis voor komen. We moeten voor een betere plaagbeheersing dus niet alleen denken aan methoden die de effectiviteit van natuurlijke vijanden vergroten, maar ook aan methoden die plaagopbouw kunnen voorkomen zoals het voorkomen van 'bruggen' over de seizoenen van het ene naar het andere gewas (Den Belder *et al.*, 2008, 2011). De vermindering van de plaagbronnen van herbesmetting is één voorbeeld op de schaal van het landschap.

2.5 Overwintering van natuurlijke vijanden in kleine landschapselementen


Frans van Alebeek, Paul van Rijn en Henry van Gulp



Stimuleren van natuurlijke vijanden op agrarische bedrijven, bijvoorbeeld met behulp van bloemrijke akkerranden, heeft alleen zin als die natuurlijke vijanden in voldoende mate aanwezig zijn op de bedrijven of in de naaste omgeving (zie ook Van Alebeek en Clevering, 2005). De meeste akkerbouwbedrijven hebben met 1 à 2% aan slootkanten, erfbeplanting, overhoekjes e.d. een zó geringe oppervlakte aan natuurlijke begroeiingen dat onvoldoende leefgebied en overwinteringplaatsen voor natuurlijke vijanden aanwezig is voor een goede natuurlijke plaagbeheersing. Bianchi *et al.* (2006) schatten dat daarvoor minimaal 14% van de oppervlakte nodig is. Veel akkerbouwers zijn dus afhankelijk van bosjes, wegbermen, dijken, houtwallen en andere kleine landschapselementen in de omgeving van hun bedrijf voor de overleving en overwintering van natuurlijke vijanden.

Dit deelproject had vooral tot doel om vast te stellen wat de feitelijke kwaliteit van verschillende kleine landschapselementen is voor de overwintering en bronfunctie van natuurlijke vijanden, en welke kenmerken en factoren die kwaliteit bepalen. Gaasvliegenkasten bleken de beste bemonsteringsmethode om een beeld te krijgen van aantallen en soorten overwinterende natuurlijke vijanden. Er is een set van 30 gaasvliegenkasten in het veld uitgebracht, langs een viertal transecten die dwars over kale akkers lopen van een klein landschapselement (KLE) naar een ander. Doel was om hiermee zichtbaar te maken of natuurlijke vijanden inderdaad meer in KLE's schuilen dan in lege akkers. In februari zijn de gaasvliegkasten terugverzameld en is de inhoud gesorteerd. In kleine landschapselementen overwinterden meer natuurlijke vijanden dan midden in de akkers. Dat geldt vooral voor spinnen. De oude populierenbossen en de boomgaard zijn belangrijke overwinteringsplekken voor spinnen. Gaasvliegen bleken meer verspreid over het gebied en werden zowel in akkers als in sommige kleine landschapselementen aangetroffen, vooral rondom een boomgaard in het FAB-onderzoekgebied in de Hoeksche Waard. Het is aannemelijk dat maatregelen die de overwintering van spinnen en gaasvliegen verbeteren ook een gunstig effect zullen hebben op de overleving van andere natuurlijke vijanden van plaaginsecten (Van Gulp *et al.*, 2011).


2.6 Bomen en struiken voor natuurlijke plaagonderdrukking

Paul van Rijn en Henny van Gulp 

Bij de aanplant en het onderhoud van bomen en struiken in het agrarisch gebied kan meer rekening worden gehouden met de functies die de verschillende soorten kunnen hebben bij de ondersteuning van natuurlijke vijanden van plagen. Die ondersteuning bestaat uit bloei (nectar en/of stuifmeel) en uit het huisvesten van populaties bladluizen waarop natuurlijke vijanden zich kunnen vermenigvuldigen. De meeste bladluizen en natuurlijke vijanden worden gevonden op struiken die bloeien van half april tot eind mei. Soorten die er goed uit springen zijn: Veldesdoorn, Hazelaar, Sleedoorn, Grauwe Wilg en Gelderse Roos.

Bij de beoordeling kan tevens rekening worden gehouden met de feitelijke aanwezigheid van schadelijke soorten op struiken waarvoor de struiken een winterwaard vormen. Dit bleek het geval bij Kardinaalsmuts en Vogelkers (Van Gulp *et al.*, 2011).

2.7 Optimale akkerrand-gewascombinaties

Paul van Rijn en Henny van Gulp 

Om betere bloemenmengsels te ontwikkelen voor de natuurlijke bestrijding van plagen is een dertigtal plantensoorten getest op geschiktheid als voedselbron voor zweefvliegen, gaasvliegen en roofwantsen. Daarbij is gekeken naar bloemvoorkeur, overleving op bloemen en de bereikbaarheid van nectar. Het onderzoek naar de voorkeur en geschiktheid van bloemen voor diverse natuurlijke vijanden heeft nieuwe informatie opgeleverd, welke bruikbaar is voor het samenstellen van functionele akkerranden (Van Rijn, 2010). De geschiktheid van bloemen voor zweefvliegen en gaasvliegen is grotendeels te verklaren uit goede bereikbaarheid van de nectar. Open bloemen, zoals van schermbloemigen, of planten met extraflorale nectar zijn het meest geschikt. Voor zweefvliegen zijn ook composieten met ondiepe buisbloempjes nog bruikbaar, terwijl voor gaasvliegen de nectar hier al te diep zit. Gaasvliegen kunnen een gebrek aan nectar gedeeltelijk compenseren met stuifmeel, dat bij veel bloemen te halen is.

Veldtellingen bevestigen dat de hoeveelheid bloemen in akkerranden die volgens het onderzoek gemakkelijk toegankelijke nectar bieden, bepalend is voor de hoeveelheid nuttige zweefvliegen die de akkerranden bezoeken. Ook de diversiteit aan zweefvliegen is hieraan gerelateerd. Soorten die voor zowel zweefvliegen als gaasvliegen bijzonder geschikt lijken zijn alle schermbloemigen, boekweit, gipskruid, bernagie, korenbloem, zonnenbloem en voederwikke. Voor zweefvliegen zijn ook de bloemen van sommige composieten geschikt, zoals kamille, duizendblad, margriet en gele ganzenbloem. Roofwantsen (*Orius* sp.) worden bijna alleen op bloemen van composieten gevonden. Hierdoor vertoont hun voorkeur weinig overeenkomst met die van zweefvliegen.

Door akkerranden al in het najaar in te zaaien komen planten als korenbloem, klaproos en gele kamille veel eerder in het seizoen in bloei. Bijmengen met een beperkte hoeveelheid eenjarige kruiden kan de functionaliteit van de meerjarige randen in het eerste jaar verhogen en bijdragen aan het onderdrukken van onkruiden, zonder meerjarige kruiden te veel te remmen. Langzaam groeiende grassen lijken meer ruimte te bieden aan bloeiende kruiden, maar zorgen na één jaar toch voor een voldoende gesloten vegetatie die nog maar weinig ruimte laat voor onkruiden. Onder de gangbare omstandigheden en bespuitingregimes kunnen natuurlijke vijanden in uien geen rol van betekenis spelen. Hoewel sommige bloemen in de akkerranden grote aantallen trips laten zien, is hierbij vooralsnog geen tabakstrips aangetroffen. De veronderstelling dat de bloemen in de akkerranden de tabakstrips kunnen stimuleren is daarmee minder aannemelijk geworden.

De dichtheid aan natuurlijke vijanden als zweefvliegen, roofwantsen en lieveheersbeestjes in de aardappel- en graanpercelen neemt meestal toe naarmate men dichter bij de bloeiende akkerranden komt. De resultaten bevestigen dat de invloed van de akkerranden zich over minimaal 70 meter in het gewas uitstrekt (Van Gulp *et al.*, 2011).

2.8 Aanleg FAB-akkerranden

Paul van Rijn, Jeroen Willemse en Henny van Gorp



Om de functionele agrobiodiversiteit en met name de natuurlijke plaagbestrijding te ondersteunen kunnen *eenjarige* akkerranden bijvoorbeeld worden aangelegd met de volgende soorten (tussen haakjes staan de minimale hoeveelheden in kg zaad/ha): boekweit (6), venkel (2), akkerscherm (1), wilde gele ganzebloem (0,6), wilde korenbloem (1), kleine zonnebloem (0,6), gele kamille (0,6), gipskruid (1,2). Voor extra variatie en voor ondersteuning van bijen en hommels kan daar aan worden toegevoegd: klaproos (0,4), meisjesogen (0,6), cosmea (0,4) en gilia (1).



Figuur 10. Meerjarige akkerrand in Hoeksche Waard.

Voor ondersteuning van akkervogels kan er saffloer (2) en zomertarwe (4) of andere granen aan worden toegevoegd. Er is gekozen voor twee soorten schermbloemigen, venkel en akkerscherm, die weinig opslag vertonen. Als er echter in de buurt peen of selderij wordt gekweekt, kunnen schermbloemigen mogelijk beter worden vermeden om het risico van verspreiding van wortelvlieg te vermijden. Dit gaat echter wel ten koste van de functionaliteit omdat er geen gelijkwaardige alternatieven zijn.

Met meerjarige akkerrandmengsels is nu enkele jaren ervaring opgedaan (Figuur 10). De meerjarige planten moeten functioneel zijn voor natuurlijke vijanden, maaibaar zijn en zich ten overstaan van gras kunnen handhaven. Op basis van deze criteria wordt geadviseerd de volgende meerjarige soorten op te nemen: venkel (0,8), duizendblad (0,5), wilde margriet (0,8) en gele kamille (0,5). Voor extra dekking en variatie (en voor ondersteuning van bijen en hommels) kan daar bijvoorbeeld aan worden toegevoegd: rolklaver (1), witte klaver (1) en muskuskaasjeskruid (0,4). Om het eerste jaar al snel nuttige bloemen te hebben, kan het best enkele eenjarige soorten worden toegevoegd zoals korenbloem en klaproos. Indien het mengsel niet in de nazomer maar in het voorjaar wordt ingezaaid, kan ook boekweit en ganzenbloem worden toegevoegd.

Om de meerjarige kruiden de gelegenheid te geven zich te ontwikkelen en te handhaven wordt aangeraden geen snel groeiende grassen bij te mengen, maar juist langzaam groeiende grassen te gebruiken zoals roodzwenkgras, struisgras en kamgras(8). Ook concurrentiekrachtige kruiden als grote weegbree kunnen beter worden vermeden. Voor een goede en tijdige ontwikkeling van de akkerrand en voor het beperken van onkruid in de rand is een juiste *voorbereiding- en inzaaimethode* zeer belangrijk.

Als de rand in het voorjaar wordt ingezaaid is gewoonlijk begin april hiervoor de beste periode; de bloemen komen dan op tijd om de natuurlijke bestrijding van de plagen te kunnen ondersteunen. Het beste kan de grond een maand eerder (begin maart) al een keer bewerkt worden om zo een vals zaaibed te creëren. Bij het zaaien wordt de grond weer licht bewerkt (bijvoorbeeld met een rotoreg) en aangedrukt. Het ondiep zaaien kan breedwerpig of op rijen gebeuren. Rijenzaai is vooral geschikt voor eenjarige randen zodat tegen onkruid kan worden geschoffeld. Meerjarige randen kunnen het beste in de nazomer (eind augustus/begin september) worden ingezaaid. Om voldoende bloemen te kunnen ontwikkelen moeten ze niet meer dan twee keer per jaar worden *gemaaid*; de eerste keer bij voorkeur in juli, de tweede keer in september. Na de tweede maaibeurt moet de vegetatie nog enkele decimeters uit kunnen groeien voordat de winter invalt, zodat deze 's winters dekking en leefgebied kan bieden aan kruipende natuurlijke vijanden (Van Gulp *et al.*, 2011).

2.9 Scouting van functionele agrobiodiversiteit: een praktijkgerichte aanpak

Erna van der Wal, Marian Vlaswinkel en Henny van Gulp 

Bij het benutten van functionele agrobiodiversiteit hoort dat je als teler weet wat er aan plagen en natuurlijke vijanden in het gewas zit. Op basis van die informatie wordt beoordeeld of de inzet van gewasbeschermingsmiddelen nodig is. In de Hoeksche Waard is de afgelopen jaren door de onderzoekers gescout in het gewas. Het deelproject Scouting richtte zich op het ontwikkelen van een scoutingsysteem dat praktisch uitvoerbaar is door bedrijfsadviseurs en loonwerkers. Daarbij was aandacht voor de voorwaarden die bedrijfsadviseurs stellen, en voor de schade drempels die gehanteerd moeten worden in aardappel, graan en ui. Scouting is een snelle en efficiënte manier van gewasinspectie om vast te stellen of en in welke mate er belagers in het gewas voorkomen.

Belangrijke factoren bij het beoordelen van de situatie in het gewas zijn: de aantallen luizen per soort(groep), de ontwikkeling van haarden en de verhouding tussen aantallen luizen en natuurlijke vijanden. Op bedrijven waar in *consumptieaardappelen* de verhouding van minimaal 1 natuurlijke vijand per 10 bladluizen bereikt werd, daalden vervolgens de aantallen bladluizen en waargenomen haarden (luizenkolonies groter dan vijftig exemplaren). Uit analyse blijkt dat bij consumptieaardappelen het aantal telplanten kan worden teruggebracht van 100 naar 50, te tellen in twee spuitsporen.

De in consumptieaardappel gunstige verhouding van minimaal 1 natuurlijke vijand per 10 plaaginsecten werd in *ui* vrijwel nooit gehaald en bij de enkele keer dat deze werd bereikt volgde daarop geen daling van het aantal tripsen in het gewas. De beschikbare insecticiden in ui doden niet alle tripsen. Het risico van gewasschade is hierdoor veel groter. De gebruikte middelen doden bovendien ook natuurlijke vijanden. Scouten op natuurlijke vijanden in ui heeft op dit moment nauwelijks toegevoegde waarde, scouten op trips echter wel.

In *graan* is de verhouding 1:10 aan de veilige kant. Op basis van het onderzoek kan de schadedrempel blijven zoals deze is, met de toevoeging dat er niet ingegrepen hoeft te worden als er meer dan 1 natuurlijke vijand per 10 bladluizen is geteld. Uit analyse blijkt dat het aantal telplanten teruggebracht kan worden van 100 naar 60.

Naast het scouten in het gewas is de eerstvolgende stap in de richting van FAB het advies aan de teler om te kiezen voor selectieve middelen in plaats van breed werkende pyrethroiden; mits er geen plagen (zoals graanhaantje, trips en Coloradokever) zijn waartegen alleen breed werkende middelen werken (Van Gulp *et al.*, 2011).

2.10 Functionele agrobiodiversiteit door middel van zoogdieren en vogels

Bastiaan Meerburg en Rob Geerts

Naast roofinsecten kunnen ook vleermuizen en vogels behulpzaam zijn bij het bestrijden van plaaginsecten.

Vleermuizen moeten per nacht (afhankelijk van de soort) een kwart tot een derde van hun eigen lichaamsgewicht aan insecten eten: kevertjes, muggen en motjes. Onder deze insecten bevinden zich ook schadelijke soorten voor diverse teelten. Zo eten grootoorvleermuizen een groot aantal nachtvlinders waarvan de rupsen schadelijk zijn: de zaaduil, de groenteuil en de groene eikenbladroller.

Akkervogels als bijvoorbeeld de gele kwikstaart, de veldleeuwerik of de graspieper zijn echte insecteneters. Ook de boerenzwaluw, de huiszwaluw en de gierzwaluw kunnen tijdens de zomer foeragerend boven de bouwlanden vele insecten verorberen. In dit onderzoek werd op basis van deels eigen veldwaarnemingen en beschikbare literatuur de exacte bijdrage van deze dieren onderzocht.

In totaal zijn tijdens de drie veldbezoeken aan de Hoeksche Waard ruim vijftig verschillende vogelsoorten aangetroffen (Meerburg & Geerts 2010). Voor veel vogelsoorten is het in juni en juli nog volop broedtijd, de tijd waarin ze druk in de weer zijn om voedsel voor hun jongen te zoeken. Op de akkers staan dan voornamelijk aardappelen, granen en verder wat suikerbieten, maïs en tuinbouwgewassen als uien, spruitkool, tuinbonen en wortelen. De aanwezigheid van soorten als bosrietzanger en kleine karekiet en diverse zangvogels van kleine bosjes zoals fitis en tijtjaf kan dan vrijwel alleen op basis van hun zang worden waargenomen. In september is het stiller en zijn de zomergasten al vertrokken. Aan gewassen staat er dan alleen nog wat spruitkool, wat niet gerooide aardappelen en groenbemesters. De eerste percelen liggen al geploegd, maar het meeste land ligt er nog onbewerkt bij (stoppeland). Veel rietkragen zijn dan inmiddels ook al gemaaid. Eind september zijn ook al groepen foeragerende vogels aangetroffen die op doortrek zijn naar het zuiden, zoals groepen graspiepers, witte kwikstaarten en Kieviten. Tot het voedsel van akkervogels als kwikstaartjes, piepers en leeuweriken, maar ook zwaluwen en vleermuizen zullen naast plaaginsecten ook zeker nuttige plaagbestrijders behoren. Zo is bekend dat soorten roofinsecten waaronder gaasvliegen en wantsen, die nuttig zijn vanuit FAB-perspectief, worden gegeten door vleermuizen die in het gebied aanwezig zijn. Maar de literatuur suggereert slechts een beperkte consumptie van dit soort rovers. Wij denken dan ook dat de positieve effecten van vogels en vleermuizen (o.a. bestrijding van vliegen, rupsen, motten, muggen, luizen en knutten) de negatieve consequenties (consumptie van gaasvliegen en wantsen) voor FAB overstijgen.

Bovenstaande is interessant, maar hoe nu verder? Het aanleggen van bloemrijke akkerranden met het doel nuttige roofinsecten te trekken, zal ook vele andere insecten als zweefvliegen, bijen, spinnen, vlinders e.d. aantrekken. Dit vergroot het voedselaanbod voor zowel vogels als vleermuizen in het gebied die op hun beurt daar zeker van zullen profiteren. Biotoopverbetering kan een belangrijke bedrage leveren om het aantal akkervogels, zwaluwen en vleermuizen in het gebied te vergroten. Uit eerder onderzoek is gebleken dat het aanleggen van brede kruidrijke sloot- en akkerranden een gunstig effect heeft op akkervogels. Het laten staan van rietkragen en een aangepast maaibeheer van bermen, dijken en kavelpaden kan daartoe eveneens bijdragen. Voldoende voedselaanbod is één, maar voldoende geschikte broedmogelijkheden zijn zeker zo belangrijk. Het is daarom van belang de bestaande zwaluw- en vleermuiskolonies in de omliggende dorpen te beschermen en met kunstmatige nestgelegenheden nieuwe broedmogelijkheden te creëren. Verder onderzoek zou zich moeten richten op de vraag hoe het verbeteren van de biotoop voor vogels en vleermuizen zo kosteneffectief mogelijk kan plaatsvinden en hoe hun bijdrage aan FAB zo groot mogelijk kan worden gemaakt.

2.11 Inventarisatie bedrijfsmaatregelen

Joost Lahr en Dennis Lammertsma

In 2008 is met een inventariserende literatuurstudie de balans opgemaakt van de maatregelen waarmee FAB op bedrijven gestimuleerd kan worden (Lahr *et al.*, 2011).

Het onderzoek beperkte zich tot de sectoren akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt en tot vier belangrijke ecosystemendiensten: bovengronds plaagwering door natuurlijke vijanden en ondergronds natuurlijke ziektevering van de bodem, bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid. Hiernaar is in Nederland tot nu toe het meeste onderzoek verricht.

Het gaat zowel om maatregelen die kunnen worden getroffen op de percelen en in de teelten zelf als om maatregelen in de directe omgeving van bedrijven. In de eerste categorie vallen bijvoorbeeld rotatie, akkerranden, grondbewerking en bemesting, in de tweede onder meer de aanleg van kleine landschapselementen als bosjes en houtwallen. Er zijn maatregelen die de FAB direct stimuleren tot het vervullen van diensten omdat ze een geschikte omgeving voor FAB creëren, bijvoorbeeld het stimuleren van natuurlijke vijanden van plagen door een betere groene dooradering. Maar er zijn ook maatregelen met een indirect effect op de FAB, zoals het gebruik van resistente rassen waardoor het bestrijdingsmiddelengebruik afneemt en de natuurlijke vijanden ook in aantal toenemen. Naast informatie over de werking van de maatregelen werden gegevens verzameld over de huidige toepassing in de praktijk zodat een oordeel kon worden gevormd over de praktijkrijpheid van de maatregelen. Van iedere maatregel is ook nagegaan of deze universeel kan worden toegepast of alleen in specifieke teelten. Als laatste is onderzocht wat er bekend is over de financiële baten van iedere maatregel: positief, neutraal of negatief. Het moge duidelijk zijn dat de baten voor maatregelen die al uitgebreid worden toegepast meestal positief zullen zijn. Voor maatregelen die zich nog in de onderzoekfase bevinden, is dit nog niet altijd bekend. Hieronder worden de conclusies over toepassing van bovengrondse FAB besproken. De bodemgebonden aspecten komen in hoofdstuk 3.2.5 aan de orde.

Veel breed toegepaste bovengrondse bedrijfsmaatregelen dienen om de plaagdruk te verminderen, bijvoorbeeld rotatieschema's om cycli van plagen en ziekten te doorbreken, de keuze van gewassen en rassen op basis van resistentie tegen plagen en van percelen op basis van plaaghistorie, aanpassen van plant- of zaaitijdstippen, aanleggen van een vals zaabed en zorgen voor een goede algemene bedrijfshygiëne om infecties te vermijden. Dit zijn echter geen maatregelen waarbij de FAB direct betrokken is. Daarnaast zijn er maatregelen die worden genomen als een plaag zich eenmaal ontwikkelt, zoals biologische bestrijding en selectief bestrijden op basis van waarnemingen (scouting). Ook dit zijn geen directe, FAB-gerelateerde maatregelen, maar ze zijn wel gunstig voor de FAB doordat minder bestrijdingsmiddelen worden gebruikt.

De maatregelen waarbij de FAB direct wordt gestimuleerd zijn veelbelovend, maar bevinden zich in de meeste gevallen nog in het onderzoek- of demonstratiestadium waardoor zij zich nog minder bewezen hebben in de praktijk. Voorbeelden hiervan zijn het stimuleren van natuurlijke vijanden van plagen door groene dooradering. De natuurlijke plaagbeheersing is beter wanneer natuurlijke vijanden de gelegenheid wordt geboden om makkelijker het gewas te bereiken. Problemen met trips in prei nemen af als bedrijven zijn omgeven door kleine bosjes en bomerijen en op kleinere percelen spuitkool komt minder koolluis voor. Het aanleggen van groene dooradering in de vorm van kleine landschapselementen kan echter negatief uitvallen wanneer de lasten alleen door ondernemers moeten worden gedragen. Dit soort maatregelen zal dan ook op landschapsschaal tot stand moeten komen met medewerking van andere terreinbeheerders en van de overheid. Meer gedetailleerde informatie die de ondernemer kan raadplegen wanneer deze een bepaalde maatregel overweegt zijn onder andere:

- Spadewijzer <http://www.spade.nl/spadewijzer.asp>
- Instrumentenkaarten <http://www.clm.nl/actueel/110106.html>
- Kennisakker <http://www.kennisakker.nl>

2.12 Resistentie in kool tegen koolwittevlieg en koolluis

Colette Broekgaarden, Greet Steenhuis en Roeland Voorrips

Naast de hiervoor besproken mogelijkheden om functionele agrobiodiversiteit in de teelt te benutten, is ook op beperkte schaal naar alternatieven gezocht. Eén interessante optie is het inzetten van resistente rassen tegen plagen die moeilijk te bestrijden zijn. Vaak zijn die rassen er nog niet en moet eerst een goede resistentiebron geïdentificeerd worden. Dit is bijvoorbeeld het geval voor koolwittevlieg (*Aleyrodes proletella*, Figuur 11) en koolluis (*Brevicoryne brassicae*), insecten die zich voeden met het floëmsap van de plant. Beide vormen een toenemend probleem in Nederland en Noord-West Europa bij de teelt van koolgewassen, vooral in savooiekool, spruitkool en boerenkool. Chemische bestrijdingsmiddelen zijn niet erg effectief omdat wittevlieg en luis zich vooral aan de onderkant van bladeren voeden. Natuurlijke vijanden worden wel gevonden, maar komen te laat of in te geringe aantallen om een plaag te voorkomen.



Figuur 11. Koolblad met wittevliegen en eieren.

In een veldexperiment in Wageningen is in 2009 een aantal savooiekoolrassen getest voor resistentie tegen wittevlieg. In dat experiment werden duidelijke verschillen gevonden in het natuurlijk voorkomen van wittevliegen en nimfen. Helaas is het toen niet gelukt om de meest resistente rassen verder te onderzoeken met een niet-keuze toets. Ook was het niet duidelijk of de resultaten reproduceerbaar zijn en of de rassen ook verhoogde resistentie tegen koolluis hebben. Voor spruit- en boerenkool hebben we geen verschillen in wittevliegpreferentie en resistentie gevonden. Alle onderzochte accessies/rassen bleken vatbaar.

Het doel van dit project was om preferentie en resistentie tegen wittevlieg en luis te inventariseren in de savooiekoolrassen die in 2009 het meest resistent en meest vatbaar bleken voor wittevlieg. Als aanvulling werden er ook rassen uit verschillende landen in Europa meegenomen in dit experiment om mogelijk sterkere resistentie te vinden.

Er zijn tussen de savooiekoolrassen grote verschillen gevonden in de preferentie van zowel wittevlieg als luis. Voor wittevlieg waren de meest resistente savooiekoolrassen niet slechter dan het wittekool referentieras; voor koolluis was er geen referentieras voorhanden. Bij wittevlieg was eileg sterk gecorreleerd met het aantal individuen.

Ook wat betreft resistentie in een niet-keuze situatie (Figuur 12) zijn grote verschillen tussen de rassen aangetroffen. In grote lijnen komen resistentie en non-preferentie vrij goed overeen, hoewel er enkele afwijkingen voorkwamen. Het Russische ras kwam ook in de resistentietoets goed naar voren. Opvallend was dat er zowel voor preferentie als voor resistentie weinig correlatie was tussen de wittevlieg- en koolluisresultaten, hoewel de twee insecten zich op soortgelijke wijze voeden. Wel bleek dat een ras van Russische origine het meest resistent was tegen beide insecten. Het onderzoek geeft aan dat er grote resistentieverschillen voorkomen, zodat er goede perspectieven bestaan voor veredeling op wittevlieg- en koolluisresistentie. Om de veredeling effectief aan te pakken is meer kennis nodig over het resistentiemechanisme en de genetische basis ervan. In voor de Nederlandse markt geschikte rassen hebben we geen sterke resistentie gevonden, zodat een onmiddellijke toepassing door telers helaas nog niet mogelijk is.



Figuur 12. Toets met klemkooitje (non-preferentie).

3. Het bodemleven als basis voor een duurzame landbouw

Bodemgezondheid is van groot belang voor een duurzame landbouw. Hoe minder gezond de bodem is, des te meer ingrepen nodig zijn om de productie op peil te houden, des te meer grondstoffen en energie moeten worden ingebracht en dus des te meer kosten moeten worden gemaakt. Biodiversiteit in de bodem kan bijdragen aan een gezonde bodem en meer duurzaam bodemgebruik in de landbouw door het productieproces te ondersteunen of schade en extra kosten te voorkomen. Een gezonde bodem heeft bodemleven dat:

- plagen en ziekteverwekkers onderdrukt, zodat minder gewasbescherming nodig is;
- beschikbaarheid en retentie van nutriënten reguleert, zodat minder kunstmest nodig is;
- bodemstructuur reguleert, zodat minder bodembewerking nodig is en bodemeigenschappen op termijn onderhouden worden;
- de waterhuishouding reguleert, direct en indirect, zodat de werkbare periode van het land langer wordt en de kans op droogte- of waterschade wordt beperkt.

Een van de doelstellingen van het programma was om inzicht te geven in de mogelijkheden om in de praktijk FAB te stimuleren. Omdat het bodemleven en daarmee ook de functionele agrobiodiversiteit beter af is bij minder intensieve bodembewerking, minder kunstmest, en minder breedspectrum gewas-beschermings-middelen, is een deel van de projecten gefocust op niet-kerende grondbewerking (NKG). NKG geniet een toenemende interesse omdat het erosie kan beperken, bodemstructuur kan verbeteren en organische stof en het vochtvasthoudend vermogen van de bodem kan verhogen. Minder ploegen spaart bovendien energie en arbeid en heeft een positief effect op de CO₂-vastlegging en retentie van mineralen. Minder ploegen draagt daarom bij aan duurzamer bodembeheer voor de teler en voor de maatschappij (Van der Weide *et al.*, 2008). Binnen het programma hebben we vooral ingezet op bodemweerbaarheid en bodemstructuur, twee aspecten van bodemgezondheid die duidelijke marges stellen aan de mogelijkheid om duurzaam te produceren. De resultaten worden besproken in de hierna volgende paragrafen.

3.1 Bodemweerbaarheid

Bodemweerbaarheid is een belangrijke eigenschap van een gezonde bodem. Met bodemweerbaarheid bedoelen we de mate waarin de bodem in staat is om ervoor te zorgen dat ziekteverwekkers en plagen in de bodem geen kans krijgen. Bij een hoge bodemweerbaarheid zal ondanks de aanwezigheid van ziektekiemen of plaaginsecten, geen of weinig schade aan een vatbaar gewas optreden. Dit komt de kwaliteit en omvang van de opbrengst ten goede. Om een lager gebruik van (chemische) bestrijdingsmiddelen te bereiken is een verhoging van ziekte- en plaagwerende eigenschappen van de bodem nodig.

3.1.1 Plaagwering door bodemmaatregelen

Eefje den Belder, Janneke Elderson, Rob Geerts en Dine Volker

Belangrijke plaaginsecten zoals tabakstrips (*Thrips tabaci*) in prei en ui zijn bovengronds nauwelijks te bestrijden. Hier ligt een kans voor de bodemweerbaarheid om zijn nut te bewijzen. Chemische bestrijding is door het wegvallen van effectieve middelen steeds moeilijker en tabakstrips ontwikkelt makkelijk resistentie (Shelton *et al.*, 2006). Doordat deze tripsen wegkruipen in de nauwste hoekjes van de plant zitten ze goed geschermd tegen natuurlijke vijanden. Bekende natuurlijke vijanden zoals lieveheersbeestjes, gaasvliegen en wantsen worden nauwelijks in prei en ui aangetroffen (Den Belder *et al.*, 2000) en we moeten daarom op zoek naar alternatieven. Tabakstrips op prei leeft een deel van zijn levenscyclus op de plant en een deel in de grond. Tripsvrouwtjes leggen hun eieren op het blad, daaruit ontwikkelen zich larven. De volgroeide larven laten zich van de plant vallen en kruipen de grond in om zich te verpoppen (Figuur 13a). De relatief inactieve poppen zitten in de bodem en zijn kwetsbaar

voor predatie. Sommige bodemroofmijten (Mesostigmata) die net onder of op het bodemoppervlak leven zijn in principe groot genoeg om tabakstrips aan te vallen, en zouden dus een rol kunnen spelen in de natuurlijke plaagwering. Uiteindelijk kruipen de jong volwassen tabakstripsen uit de bodem omhoog om zich op de planten te voeden.

In een literatuurstudie (Geerts *et al.*, 2009) hebben we gekeken naar de relatie tussen grondbewerkingen en de dichtheden van bodemmijten en bodemroofmijten. Over het algemeen kan gezegd worden dat roofmijten gevoelig zijn voor grondbewerking. In vrijwel alle studies wordt aangegeven dat de overvloed (abundantie) van roofmijten meer afneemt na ploegen dan na een beperkte grondbewerking zoals eggen. Echter in ongestoorde grond, die dus niet is bewerkt, is de overvloed aan roofmijten het grootst (Geerts *et al.*, 2009). Meer organische stof (gewasresten, compost, vaste mest) leidt tot grotere aantallen roofmijten, net zoals het toevoegen van stro mulch dat doet. 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. Hoge stikstofgiften lijken een negatieve invloed te hebben op het voorkomen van roofmijten. Zware machines hebben een negatief effect op het voorkomen van roofmijten door dichtheid van de bodem.

In dit project richten we ons op de grote bodemroofmijt *Macrocheles robustulus* (Figuur 11b), die op of net onder het bodemoppervlak leeft en zich goed kan handhaven in dynamisch milieus zoals landbouwgronden (Karg, 1983). Deze rover wordt vaak in grote aantallen gevonden in kassen, en recentelijk is gebleken dat zij ook Californische trips te grazen neemt.

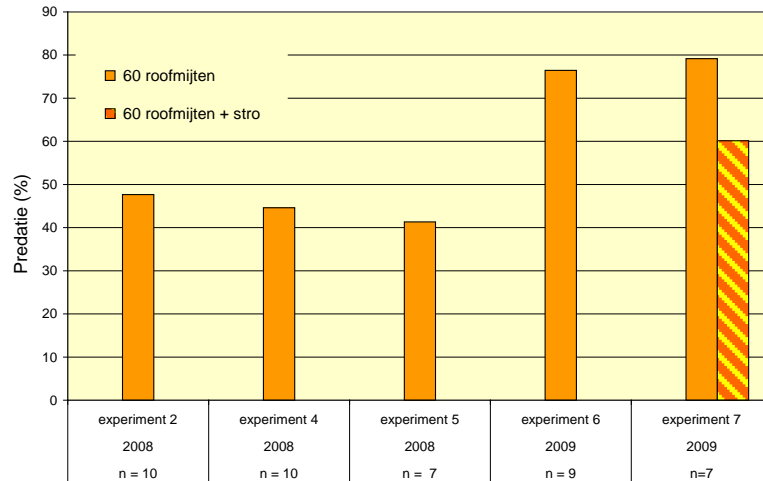


Figuur 13. a. Stadia van tabakstrips. L2's verlaten de preiplant en verpoppen in de grond. L2, prepop, pop en volwassen tripsen worden in de bodem gevonden. b. Macrocheles robustulus, een bodemroofmijt die o.a. tabakstripsen verorbert (foto van Koppert Biological Systems).

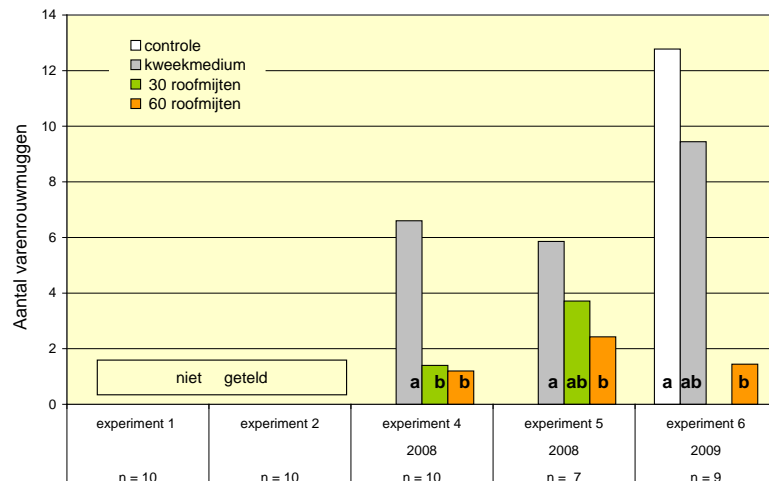
Het doel van dit project is om vast te stellen of ook predatie van tabakstrips door bodemroofmijten een rol kan spelen in de beheersing van tripsen en wat het effect is van de combinatie van bodemroofmijt/stro-mulch op de overleving van tabakstrips. Eerst hebben we een methode ontwikkeld waarin we nauwkeurig de predatie van tabakstrips door de bodemroofmijten kunnen volgen (microcosmosopstelling, Figuur 14a), vervolgens hebben we de stap naar het veld gemaakt (Figuur 14b). In een afgesloten opstelling met een bonenplant in niet-gesteriliseerde grond, worden afgepaste hoeveelheden tabakstrips en bodemroofmijt loslaten om zo predatie te meten.



Figuur 14. a en b. Proefopstelling en veldexperiment waarin het effect van bodemroofmijten tegen tabakstrips wordt gemeten.



Figuur 15.a. In vijf experimenten (2-7) is gemeten welk percentage van de tabakstripspopulatie gepreëdeerd (opgeëten) wordt wanneer per plant 60 roofmijten *Macrocheles robustulus* worden losgelaten. De oranje balk geeft het gemiddeld percentage gepreëdeerde tabakstripsen per experiment (en ieder experiment bestaat uit 10 herhalingen).



Figuur 15.b. We zien in onze experimenten dat naast tabakstrips ook in de grondlevende varenrouwmuggen worden gepreëdeerd door de roofmijt *Macrocheles*. De balkjes geven de overleving van de in de potgrond aanwezige varenrouwmuggen (*Sciara* spp.) na het uitzetten van geen (grijs), 30 (groen) of 60 (oranje) bodemroofmijten. In experiment 6 is er nog een extra controle meegenomen waarin ook geen kweekmedium rond de planten is gestrooid (witte balk).

We vinden tot 80% predatie van tabakstrips door de bodemroofmijt (figuur 15a, experiment 6 en 7). De bodembedekking met stro blijkt geen effect te hebben op de verpoping en overleving van tabakstrips (Figuur 15a, experiment 7). Er blijkt een iets lagere predatie van tabakstrips door bodemroofmijten in de combinatie met stro-mulch en bodemroofmijten in vergelijking met alleen bodemroofmijten. Predatie van tabakstrips gebeurt ondanks dat er ook veel alternatief voedsel voor de bodemroofmijt is. Zo grijpt bijvoorbeeld de roofmijt *Macrocheles* ook de larven van de varenrouwmuggen (*Sciara* spp., Figuur 15b).

Duidelijk is dat *Macrocheles* mogelijkheden biedt als bestrijder van tabakstrips (Den Belder en Elderson, 2009, 2010). Messelink en Holstein-Saj (2008) vonden ook een beduidend hogere predatie door *Macrocheles* in een kas-systeem dan door andere commerciële bodemroofmijten, zoals *Hypoaspis aculeifer*. Sinds kort heeft de grote commerciële leverancier Koppert Biological Systems *Macrocheles robustulus* dan ook in zijn assortiment opgenomen (<http://www.koppert.nl>). Op dit moment (groei-eizoen 2011) wordt de effectiviteit van de roofmijt onder veld-omstandigheden getest (Figuur 16).



*Figuur 16. Veldexperiment waarin de effectiviteit van de roofmijt *Macrocheles robustulus* wordt gemeten tegen trips in prei.*

3.1.2 Stimuleren van het ziekteverend vermogen van de bodem

Joeke Postma en Mirjam Schilder

Over bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia* wordt regelmatig geschreven, maar gericht stimuleren van die weerbaarheid was tot nu toe niet mogelijk. Er is veel onderzoek gedaan naar ziektevering door het toedienen van compost of organische stof (bijvoorbeeld Termorshuizen *et al.*, 2006; van Os en Postma, 2010). Tegen *Rhizoctonia* leverde dit echter wisselende en soms zelfs negatieve resultaten op. Het feit dat in het voorgaande Agrobiodiversiteitsprogramma een positieve correlatie werd gevonden tussen antagonistische *Lysobacter*-soorten en weerbaarheid tegen *Rhizoctonia*, biedt op dit punt nieuwe perspectieven (Postma *et al.*, 2008; Postma en Schilder, 2009, Postma *et al.*, 2010). Het gaat hierbij om de soorten *L. antibioticus*, *L. gummosus* en de recent beschreven soort *L. capsici* (Postma *et al.*, 2010a). De populatieomvang van deze drie *Lysobacter*-soorten kan met een recent ontwikkelde moleculaire detectiemethode bepaald worden (Postma *et al.*, 2011).

De populatieomvang van *Lysobacter* bleek in verschillende akkerbouwrotaties sterk afhankelijk van de grondsoort: in kleigrond komen meer *Lysobacter*-cellen voor dan in zandgrond (Postma *et al.*, 2011). Over de aanwezigheid van *Lysobacter* in zandgronden bestond enige tijd onduidelijkheid, omdat er geen antagonistische *Lysobacter*-soorten uit zandgrond geïsoleerd waren. Uit onderzoek is nu gebleken dat de populatie wel toenam indien aan zandgrond een voedselbron voor *Lysobacter* (gist of chitine) werd toegediend. Aantallen *Lysobacter* in zandgrond zijn mogelijk te laag om ze te isoleren. Of deze populaties een rol kunnen spelen in bodemweerbaarheid is vooralsnog niet bekend.

In eerder onderzoek in 2006, met percelen van vier biologische telers van het BIOM-netwerk, leek de teelt van gras-klavermengsels de aantallen antagonistische *Lysobacters* én de bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia* te verhogen (Postma *et al.*, 2008). Het positieve effect van grasklaver werd bij enkele van deze BIOM-telers in 2011 nogmaals gemeten. Om te onderzoeken hoe lang de grond na een gras-klaverteelt nog ziekteverend is, zijn in 2010 grondmonsters genomen van de biologische rotatie op de Prof. Broekemahoeve in Lelystad (Figuur 17) van nul tot vijf jaar na een gras-klaverteelt. Er werd echter geen verschil in ziektevering tegen *Rhizoctonia* gevonden; alle gronden waren ziektegevoelig. Voor de verschillende resultaten t.a.v. het effect van grasklaver bestaat vooralsnog geen verklaring.



Figuur 17. Bodemmonsters verzamelen in gewasrotatie op de Prof. Broekemahoeve.

In 2009 is de invloed van verschillende typen organische mest in het proefveld Mest als Kans (MAK) van het Louis Bolk Instituut bepaald. In dit proefveld zijn sinds 1999 jaarlijks negen behandelingen met verschillende soorten vaste en vloeibare organische mest toegediend (Bokhorst *et al.*, 2008). Er werd geen verschil in bodemweer-

baarheid tegen *Rhizoctonia* gemeten. *Lysobacter*-populaties waren iets hoger in grond die behandeld was met natuurcompost en met potstalmest; alle andere behandelingen waren min of meer gelijk aan de controlebehandeling met kunstmest.

Hoewel organische stof, compost en dierlijke mest *Lysobacter*-populaties niet duidelijk stimuleren, hebben een aantal specifieke organische reststromen wel een sterk effect (Postma *et al.*, 2010b). Toevoeging van chitine bijvoorbeeld stimuleerde *Lysobacter* duidelijk, zowel in proeven in de klimaatcel als in het veld. Geruime tijd na toediening van chitine in het veld, zowel in klei- als in zandgrond was de *Lysobacter*-populatie drie maal zo hoog als in de controlegrond zonder toevoeging. In een gerelateerd project in het BO-programma Gewasbescherming zijn in 2011 goedkope dierlijke reststromen getest in een de bodemweerbaarheidstoets (Figuur 18). Zowel chitine als enkele eiwithoudende producten die toegelaten zijn als meststof (bijvoorbeeld verenmeel), bleken *Lysobacter* te stimuleren en leidden ook tot een significante toename van de bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia* in suikerbiet. Dit lijkt een bijzonder perspectiefvol resultaat om verder in veldproeven te testen.



Figuur 18. Bepaling bodemweerbaarheid in bioassay met *Rhizoctonia* in suikerbiet.

Dat *Lysobacter* niet wordt gestimuleerd door organische stof, compost en dierlijke mest, is in lijn met veel voorgaand onderzoek, waarin nooit eenduidige resultaten werden gevonden die wezen op een hogere ziektevering van *Rhizoctonia*. Anderzijds is vanuit de literatuur bekend dat *Lysobacter*-soorten allerlei biomacromoleculen en micro-organismen afbreken (schimmels, gist, bacteriën) (Reichenbach, 1992). Dat doen ze met een groot aantal lyserende enzymen zoals chitinases, glucanases en proteases. Hiermee kan het positieve effect van toevoeging van chitine en de dierlijke eiwithoudende producten op de *Lysobacter*-populatie verklaard worden. Vervolgonderzoek zal zich richten op het optimaliseren van de toediening van dergelijke stoffen in de bodem.

Toevoeging van stoffen die de van nature in de bodem voorkomende *Lysobacter*-soorten stimuleren, biedt nieuwe kansen om ziektevering tegen *Rhizoctonia* te verhogen. Voor de praktische toepasbaarheid is het belangrijk dat goedkope en onschadelijke reststoffen geïdentificeerd worden.

Uiteindelijk kan de weerbaarheid tegen een heel scala aan bodempathogenen mogelijk worden verhoogd door toevoeging van organische stof en compost in het bouwplan te combineren met chitine of eiwithoudende reststoffen om schade door *Rhizoctonia* te beperken.

3.1.3 Mycorrhiza-kolonisatie bij de teelt van ui

Olga Scholten en Karin Burger-Meijer

Mycorrhizaschimmels, die van nature in de bodem voorkomen, zijn in staat om bijna alle gewassen te koloniseren behalve kool en suikerbiet en verwanten daarvan. Symbiose tussen planten en arbusculaire mycorrhizaschimmels (AMF) verbetert over het algemeen de groei van de plant door de verbeterde opname van fosfaat uit de bodem en een verhoogde weerbaarheid tegen ziektes (Dehne, 1982; Singh *et al.*, 2000). Vooral voor gewassen zonder zijwortels, zoals ui, zijn mycorrhizaschimmels van groot belang voor fosfaatopname en daarmee een goede groei (Galvan *et al.*, 2011).

AMF wordt door diverse commerciële bedrijven op de markt gebracht. In onderzoek met ui heeft Wageningen UR echter met geen van de geteste partijen AMF een significante verhoging van de opbrengst gevonden (Van den Brink, 2008).

In de potproeven met ui en Fusarium kon door ons geen positief effect van toediening van AMF op Fusariumbolrot worden aangetoond. In 2010 is meegewerkt aan een experiment van J. Lamers bij Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO AGV), waarin het effect is onderzocht van verschillende teeltmaatregelen op de aanwezigheid van AMF en op een eventuele correlatie tussen kolonisatie en aantasting door Fusarium. De Fusariumaantasting was bijzonder zwaar (Figuur 19) en er waren slechts geringe verschillen in aantasting tussen de behandelingen. Er is eveneens geen significante correlatie gevonden tussen de aantasting door Fusarium en kolonisatie door mycorrhiza. Opmerkelijk was dat er wel een negatieve correlatie is tussen *Lysobacter*-aantallen en mycorrhizakolonisatie. Dit leek een effect van de chitinebehandeling.

Het is duidelijk dat mycorrhizaschimmels belangrijk zijn voor ui (Galvan *et al.*, 2011). In Nederlandse uienpercelen worden echter volop mycorrhizaschimmels gevonden (Galvan *et al.*, 2009). Toediening hiervan aan uienpercelen lijkt derhalve niet wenselijk: het leidt niet tot een hogere opbrengst en is kostbaar. Wel is het belangrijk om rekening te houden met de voorvrucht aangezien kool en suikerbiet mycorrhizaschimmels in de bodem kunnen verminderen.

Mycorrhizaschimmels lijken niet bij te dragen aan het verhogen van de ziektevering tegen Fusariumbolrot in ui. Ook de door PPO onderzochte teeltmaatregelen lijken daaraan geen bijdrage te kunnen leveren. Veredeling op resistentie zal in dit geval wellicht een betere weg zijn. Dit onderzoek is inmiddels al opgepakt door *Wageningen UR Plant Breeding* in samenwerking met veredelingsbedrijven.



Figuur 19. Zware aantasting door Fusariumbolrot in ui.

3.1.4 Weerbaarheid van de bodem tegen plantenziekten in relatie tot grondbewerking

Joeke Postma, Olga Scholten, Jaap Bloem en Mirjam Schilder

Tot op heden is er weinig bekend over de invloed van nieuwe systemen met gereduceerde grondbewerking op belangrijke gewasbelagers (Bockus en Shroyer, 1998; Postma en Schilder 2010c). Wat gebeurt er met het bodemleven? En heeft ploegen invloed op ziekteontwikkeling? Grondbewerking heeft een sterke invloed op de bodemstructuur, op de afbraak en verdeling van organische stof en op het vochtvasthoudend vermogen. Reduceren van de bewerking zal dus waarschijnlijk de samenstelling van de microbiële populatie in de bodem en daarmee mogelijk ook de bodemweerbaarheid tegen ziekten en plagen beïnvloeden.

Sinds 2008 voert Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO AGV) een veldproef uit op de Prof. Broekmahoeve. Binnen een geïntegreerd en een biologisch bouwplan wordt een geploegde variant vergeleken met minimale (niet-kerende) grondbewerking (Van Balen, 2009). In deze proef is in 2010 de invloed onderzocht van grondbewerking op bodemweerbaarheid en bodemleven. Analyses van de grondmonsters lieten significante verschillen zien voor de twee bemonsterde gewassen (Postma *et al.*, 2011a).

In zaaiui, als onderdeel van een geïntegreerd bouwplan, was de niet-geploegde grond ziektewerender tegen *Streptomyces*-schurft (biotoets met radijs) dan de geploegde variant. Ook waren de mycorrhiza-kolonisatie van uienwortels, de potentieel mineraliseerbare stikstof en de extraheerbare koolstof hoger in de niet-geploegde grond. In winterpeen, onderdeel van een biologisch bouwplan, bleek de niet-geploegde grond ziektewerender tegen *Rhizoctonia solani* AG2 (biotoets met suikerbiet) dan de geploegde variant. Bovendien waren de aantallen streptomyceten, *Lysobacter*-soorten hoger en de hoeveelheid schimmelbiomassa, de potentieel mineraliseerbare stikstof en de extraheerbare koolstof groter in de niet-geploegde grond.

Deze eerste analyses lieten opmerkelijk positieve verschillen zien op het gebied van ziektevering en functionele agrobiodiversiteit (mycorrhiza-schimmels en antagonistische bacteriën) in de systemen met minder grondbewerking. De effecten kunnen echter niet met zekerheid aan de grondbewerking worden toegeschreven, omdat er ook andere teeltmaatregelen (bijvoorbeeld de teelt van groenbemesters) verschilden tussen de systemen.

Inzicht in het effect van grondbewerking op bodemweerbaarheid kan direct worden toegepast door de telers. Op deze manier wordt een bijdrage aan duurzaam bodembeheer geleverd. Toename van nuttige micro-organismen in de bodem, zoals mycorrhiza's en antagonistische micro-organismen, draagt bij aan functionele agrobiodiversiteit en aan reductie van chemische inputs.

De hierboven vermelde resultaten zijn in één seizoen gemeten, en zullen moeten worden herhaald in verschillende gewassen en onder verschillende omstandigheden. Bovendien is niet-kerende grondbewerking in dit systeem nog erg jong.



Figuur 20. Ongestoorde grondmonsters nemen om bodemweerbaarheid in te bepalen.

3.1.5 Meten van algemene bodemgezondheid

Merijn Bos, Leendert Molendijk en Henny van Gulp



Een belangrijke vraag vanuit de vollegrondsgroentensector is hoe de huidige gezondheidstoestand van de bodem is vast te stellen en hoe effecten van maatregelen op ontwikkeling van bodemgezondheid te meten zijn. Bodemgezondheid is een specifiek begrip dan bodemkwaliteit. Bodemkwaliteit bestaat uit biologische, chemische en fysische componenten. Bodemgezondheid wordt primair bepaald door biologische componenten. Ziektevering door de bodem is een aspect van een gezonde bodem waarin het bodemleven een grote rol speelt. In deze bijdrage gaat het om het uiteindelijk verkrijgen van een goede methode om de weerbaarheid van de bodem tegen bepaalde ziekten en plagen in het gewas te meten.

In 2009 is begonnen met een verkennende deskstudie over ziektevering in landbouwgronden en een workshop over bodemgezondheid. Samen met aardbeientelers op lichte zandgronden in Noord-Brabant is gekeken naar huidige strategieën van bodembeheer en de effecten op bodemkwaliteit en in het bijzonder bodemweerbaarheid. Van als 'goed' en als 'slecht' beoordeelde grond zijn grondmonsters genomen om algemene bepalingen uit te voeren en ook om bodemleven vast te stellen. Van dezelfde goede en minder goede grond van deze aardbeientelers is een biotoets uitgevoerd op weerbaarheid tegen stengelbasisrot. Op proeflocatie Vredepeel is aanvullend onderzoek ingezet naar effecten van een tiental bodembewerkingen op ziektevering en bodemkwaliteit.

Uit het bodemonderzoek bij de aardbeientelers bleek dat 'slechte' plekken steeds een minder gunstige bodemstructuur en ook een lagere nematoden-diversiteit hadden. Telers die veel maatregelen troffen op het gebied van bodemverzorging zagen dat ook terug in de kwaliteit van hun bodem. Dat bevestigt de hypothese dat bodemkwaliteit stuurbaar is met de juiste inzet van de juiste maatregelen.

Uit de biotoets met aardbei en *Phytophthora cactorum* bleek dat de aantasting van planten werd weerspiegeld in zowel fysische, chemische, als biologische aspecten van de bodem. De resultaten van de toetsen bevestigen de hypothese dat er een positief verband is tussen ziektevering van bodems en bodemleven en bodemkwaliteit.

Uit het experiment op proeflocatie Vredepeel bleek dat diverse maatregelen leidden tot significante verschillen in hoeveelheid aaltjes. De combi-strategie van Tagetes (afrikaantjes), natte grondontsmetting en chitine had ook op langere termijn een onderdrukkend effect op sommige plantparasitaire aaltjes zoals het wortellesieaaltje. Dit onderdrukkende effect werd ook teruggevonden in opbrengstsaldo's van gewassen. De verschillende maatregelen hadden uiteenlopende effecten op de aaltjessamenstelling. Zo was er een consistent verschil tussen aardbeienopbrengst op grond uit het gangbare en biologische teeltsysteem en groeiden gangbaar geteelde aardbeien beter op biologische grond (Van Gulp *et al.*, 2011).

3.2 Bodemstructuur en bodemkwaliteit

3.2.1 FAB verbetert bodemstructuur

Jack Faber en Jaap Bloem

Uit de praktijk komen vragen over achteruitgang van bodemstructuur door intensieve grondbewerking, verdichting van de bodem door zware machines en de hiermee samenhangende toenemende problemen met waterinfiltratie en noodzaak tot beregenen. Er is behoefte aan kennis over bedrijfsmaatregelen die het bodemleven zodanig stimuleren dat er meer natuurlijke regulatie is van bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid, opdat deze problemen verminderd of voorkomen kunnen worden. Hierbij wordt uitgegaan van de notie dat een gezond bodemleven gepaard gaat met natuurlijke processen in de bodem die gunstig zijn voor het agrarisch bedrijfsresultaat (en soms ook voor de omgeving). Dit project was gericht op de ontwikkeling van praktijkmaatregelen waarmee deze functionele biodiversiteit in de bodem door de boer zelf kan worden bevorderd.



Figuur 21. Verbetering van bodemstructuur: nieuwe werkwijzen en werktuigen.

We hebben veldonderzoek uitgevoerd op bedrijven met niet-kerende grondbewerking (NKG) om vast te stellen in hoeverre de bodemstructuur effectief wordt verbeterd door een beter functionerend bodemleven, en op welke termijn na omschakeling op NKG resultaten kunnen worden verwacht. Onze studie sloot aan op door de Provincie Limburg gestimuleerd onderzoek naar bodembiodiversiteit en functionele agrobiodiversiteit, uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. We hebben het bodemleven en de bodemstructuur onderzocht op diverse bedrijven in Limburg in een oplopende reeks onafgebroken NKG, telkens met naastgelegen bedrijven of percelen met conventionele grondbewerking. Hierbij werd gekeken naar regenwormen, schimmels, bodemaggregaten, indringingsweerstand en waterinfiltratie. Daarnaast konden we gebruik maken van een experiment in Ierland om effecten van het achterlaten van stro bij NKG te onderzoeken.

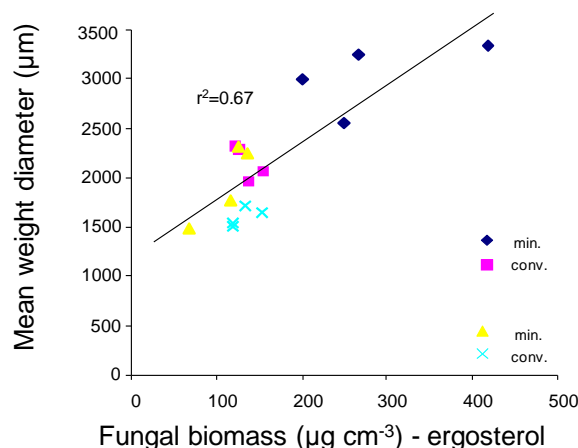
3.2.1.1 NKG, bodemleven en bodemstructuur

Schimmels en bacteriën laten gronddeeltjes samenklonteren tot kruimelige structuren, zogenaamde aggregaten. De activiteit van bacteriën en schimmels wordt gestimuleerd door bodemdieren. Met hun uitwerpselen en graafgedrag verbeteren regenwormen de porositeit en gasuitwisseling van de grond, dragen ze bij aan grotere aggregaten, en bevorderen ze doorworteling en vochtregulerend vermogen van de bodem. Door het ingraven van plantenresten door bepaalde soorten regenwormen wordt organisch materiaal aangevoerd, en via diepe verticale gangen van pendelende soorten kan overvloedig regenwater snel worden afgevoerd.

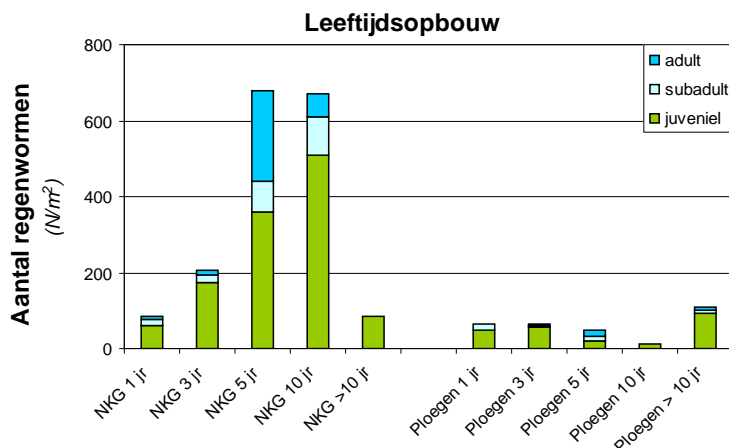
Na omschakeling op NKG verbetert de bodemstructuur op een termijn van vijf tot tien jaar. Dat komt door de toename van het aantal structuurverbeterende bodem-organismen zoals regenwormen en schimmels. Door het wegvallen van verstoring door ploegen nemen deze groepen al binnen enkele jaren sterk toe in aantal en soort verscheidenheid. Minder dynamiek in de bodem leidt tot meer bodemleven; vooral soorten met grotere lichaamsomvang nemen toe (Postma-Blaauw *et al.*, 2010). Ongeveer vijf jaar na de laatste ploeg zijn er meer bodemaggregaten die groter zijn en bovendien beter bestand tegen vertering door neerslag en verdichting. Dit betekent dat de bodem minder gevoelig wordt voor verslepen ('dichtslaan') en korstvorming. De kruimelstructuur van de bodem verbetert infiltratie bij extreme neerslag en vochtvoorziening bij droogte.

In een proef in Ierland vonden we na zeven jaar minimale grondbewerking 30% meer organische stof dan bij conventioneel ploegen, meer microbiële biomassa (schimmels en bacteriën) en grotere bodemaggregaten (betere bodemstructuur) (Figuur 20; Van Groenigen *et al.*, 2010). De toename in aggregaatomvang (kruimelige structuur) correleerde met de biomassa van saprotrofe schimmels die organische stof afbreken en bodemdeeltjes bij elkaar houden met hun netwerk van schimmeldraden. Wanneer gewasresten op het veld werden achtergelaten verdubbelde de schimmelbiomassa in de bovenste bodemlaag met minimale grondbewerking. Zonder stro was de toename 50% minder. De bodemstructuur verbeterde alleen met stro. De biomassa van mycorrhizaschimmels, die in symbiose leven met plantenwortels, was bij minimale grondbewerking tweemaal zo hoog als bij ploegen. Dit gold voor beide bodemlagen (0-5 en 5-25 cm diepte) en werd niet beïnvloed door de gewasresten (stro). Minimale grondbewerking kan dus de hoeveelheid mycorrhiza en saprotrofe schimmels in de bodem bevorderen. Deze laatste worden vooral gestimuleerd als er ook gewasresten op het land achter worden gelaten. Dit heeft een gunstig effect op de bodemstructuur.

Op proefbedrijf Wijnandsrade in Limburg zagen we na tien jaar NKG zonder stro ook 30% meer schimmels in de bovengrond (0-15 cm). Daaronder, in de laag van 15 tot 30 cm diepte, vonden we echter een 30% lagere bacterieactiviteit en 30% minder labiele organische stof (mineraliseerbare stikstof). Positieve effecten bovenin de grond kunnen gepaard gaan met negatieve effecten onderin. Daarom moet bij onderzoek naar NKG de hele bouwvoor worden meegenomen om een balans te kunnen opmaken.



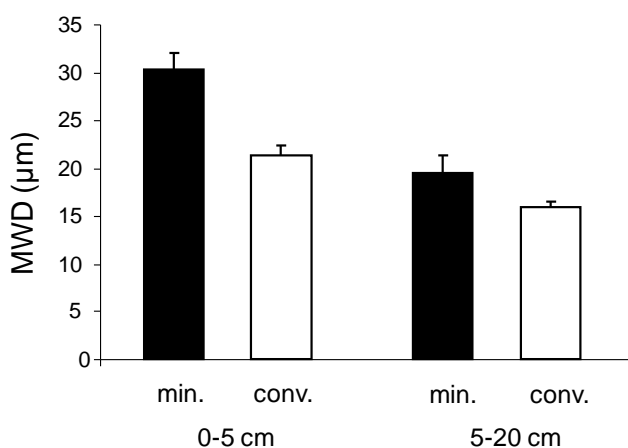
Figuur 22. Relatie tussen grootte van bodemaggregaten en schimmelbiomassa.



Figuur 23. Leeftijd- en aantalsopbouw van regenwormen onder NKG en conventioneel geploegd akkerland. De geploegde velden liggen naburig aan NKG velden met overeenkomstige jaaraanduiding ('gepaarde waarnemingen' geven optimale vergelijkbaarheid vanwege beperkte onderlinge verschillen in bodemtype en microklimaat).

Regenwormen nemen sterk in aantal toe wanneer er niet langer wordt geploegd (Figuur 23), en er komen meer soorten. Dat is goed voor de regulatie van nutriënten, bijvoorbeeld de stikstofmineralisatie, omdat de verschillende ecologische groepen daar elk een specifieke bijdrage aan hebben door op eigen wijze de samenstelling van de bacteriegemeenschap te beïnvloeden (Postma-Blaauw *et al.*, 2006). De mineralisatie van plantresten aan het bodemoppervlak wordt zo gestimuleerd. Dit kan echter ook leiden tot meer productie van lachgas (een broeikasgas), en dus verlies van stikstof (Rizhiya *et al.*, 2007).

NB: de vaststelling dat er langer dan tien jaar NKG is geweest, betreft een enkel perceel. Hier heeft vóór omschakeling naar niet-kerend waarschijnlijk drie jaar achtereenvolgende grondontsmetting plaatsgevonden (mondelinge mededeling Stefan Muijtens, Tuin van Sint Pieter). Ook een later bemonsterd tweede naburig gelegen perceel met dezelfde voorgeschiedenis blijkt eenzelfde lage dichtheid regenwormen te huisvesten. Dit zou dan illustreren dat op grondontsmetting een bijzonder langzaam herstel van het bodemleven volgt. De stabiliteit van bodemaggregaten op deze beide percelen blijkt laag in verhouding tot jongere NKG percelen elders.



Figuur 24. Gemiddelde gewichtsdiameter (MWD) van bodemaggregaten na zeven jaar onder minimale grondbewerking (min, 0-5 cm) en conventioneel ploegen (conv, 0-20 cm), bepaald op 0-5 en 5-20 cm diepte.

3.2.1.2 Bodemdichtheid

De indringingsweerstand geeft de mate aan waarin een bodem zware lasten kan dragen en zegt iets over de weerstand tegen doorworteling. De gemiddelde indringingsweerstand (ook wel 'dichtheid' genoemd) van een geploegde bodem blijkt iets lager dan van een niet-kerend bewerkte bodem: in de bouwvoor, tot 25 cm diepte, geeft NKG gemiddeld een anderhalf maal hogere indringingsweerstand te zien. Over grotere diepte trekt het verschil snel bij en wordt nihil (zie Tabel 1). Omdat de niet geploegde bodems iets vochtiger waren dan wel geploegde (34% versus 29% in 0-6 cm-mv, gemeten 19-22 oktober 2010 in een droge maand), zijn deze verschillen in werkelijkheid iets groter.

De toename in stabiliteit van aggregaten onder NKG lijkt dus samen te hangen met een hogere indringingsweerstand. Deze heeft echter in deze range weinig consequenties voor de groei van het gewas. Een maximum van 1-1.5 MPa wordt beschouwd als de kracht die wortels kunnen uitoefenen op bodemdeeltjes tijdens de groei, ofwel de grens voor ongestoorde beworteling; 3 MPa wordt gezien als de grens voor geremde wortelgroei waarboven de opname van water en voedingsstoffen is beperkt en gewasproductie zal afnemen.

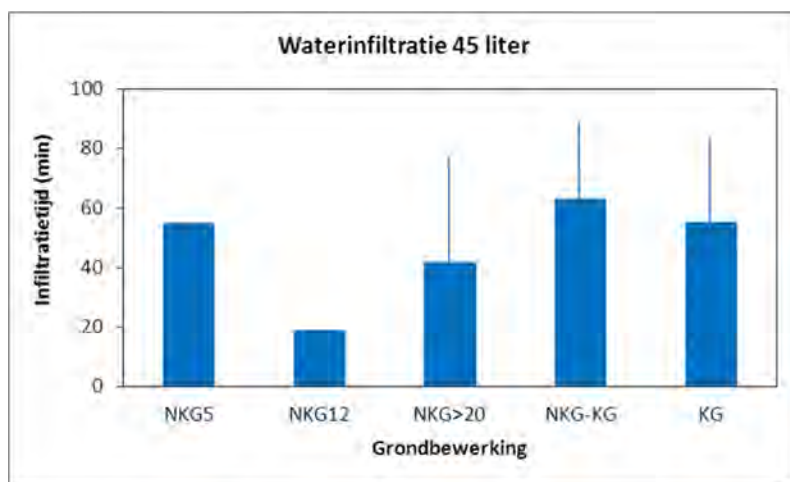
Op een termijn van vier jaar niet ploegen geeft incidenteel ploegen, dus eenmaal in de vier à vijf jaar, vergelijkbare resultaten als conventioneel ploegen, althans in onze beperkte waarnemingsreeks. Deze tussenvorm is overigens nog weinig onderzocht.

Tabel 1. Indringingsweerstand van de bodem gemeten met een penetrologger, gemiddeld over het bodemprofiel, gemiddeld over de onderzochte percelen.

Grondbewerking	Indringingsweerstand (MPa) op een diepte van		
	0-25 cm	0-40 cm	0-60 cm
NKG (minimaal 5 jaar)	1.38 ± 0.76	1.88 ± 0.63	2.11 ± 0.56
Gereduceerd ploegen (4 à 5 jaar NKG)	0.76 ± 0.04	1.66 ± 0.14	1.58 ± 0.20
Conventioneel (jaarlijks ploegen)	0.87 ± 0.64	1.60 ± 0.62	2.04 ± 0.48

3.2.1.3 Waterinfiltratie

De resultaten suggereren dat bij NKG de bodem op termijn beter draineert (Figuur 25). De infiltratiesnelheid van regenwater neemt toe ten opzichte van kerende en incidenteel kerende grondbewerking (eens per vier à vijf jaar ploegen). Hoewel het aantal herhalingen in de waarnemingsreeks beperkt was, blijkt uit bijgaande figuur dat de infiltratietijd van een bepaald volume water ongeveer gehalveerd is na twaalf jaar NKG. De waarnemingen op percelen met meer dan twintig jaar NKG zijn zeer variabel, hetgeen wellicht weer te maken heeft met de voorgeschiedenis (zie boven). De infiltratietijd na vijf jaar NKG is nog niet verbeterd ten opzichte van het gemiddelde bij kerende of incidenteel kerende grondbewerking. Elders werden overigens wel bemoedigender resultaten gerapporteerd (Praktijknetwerk NKG, velddag 21 juni 2011); nader vergelijkend onderzoek m.b.t. teelthistorie en bodemgesteldheid zou hier meer duidelijkheid kunnen brengen.



Figuur 25. Waterinfiltratiesnelheid uitgedrukt als de tijd in minuten die nodig is om 45 liter water volledig op te nemen binnen een metalen ring van 30 cm doorsnee (bodempervlak van 0.071 m², overeenkomend met 637 mm neerslag). NKG5 = 5 jaar niet kerende grondbewerking, etc. KG = kerende grondbewerking.

Meer waterinfiltratie onder NKG betekent niet automatisch ook meer uitspoeling en verlies van nutriënten. De toename van schimmels zorgt juist voor een betere retentie van stikstof (Bloem *et al.*, 2007).

3.2.1.4 Betekenis van de resultaten voor de praktijk

Niet-kerende grondbewerking heeft duidelijk positieve effecten op het bodemleven en daarmee op het functioneren van bodemprocessen. Het belang voor de boer zit in een op termijn van enkele jaren verbeterende en meer stabiele bodemstructuur met betere waterregulatie en doorworteling. Daar liggen kansen voor directe opbrengstvermeerdering en -kwaliteitsverbetering, en indirect voor het voorkomen van waterschade.

Lange-termijn effecten verdienen nader onderzoek, ook al om meer duidelijkheid te verkrijgen over effecttermijn en bedrijfsresultaat. In Nederland is er buiten Limburg momenteel nog bijzonder weinig ervaring op langere termijn.

Aspecten van kostenbesparing (brandstof, personeel) en milieu (broeikasgassen, kwaliteit van water en grondwater) spelen mee in bedrijfseconomische en maatschappelijke kosten-batenanalyses, en zijn bepalend voor een groot-schalige transitie. Deze aspecten zijn hier niet onderzocht.

3.2.2 Niet-kerende grondbewerking in de Hoeksche Waard

Merijn Bos, Jeroen Willemse en Henny van Gulp 

Het deelproject niet-kerende grondbewerking (NKG) richt zich op het beheer van de bodem in de Hoeksche Waard. Op zavel- en kleigronden met intensieve bouwplannen is nog weinig bekend over de effecten van NKG op de bodemstructuur en plantgezondheid. De focus ligt op de inpasbaarheid van de systemen op bedrijfsniveau en de relaties met betrekking tot het verbeteren van de ondersteunende FAB-functies van de bodem.

In 2008 zijn twee praktijkbedrijven in de Hoeksche Waard gestart met een pilot om twee manieren van grondbewerking met elkaar te vergelijken: niet-kerende grondbewerking (NKG; met de paragrubber-woeler van Kongskilde) en kerende grondbewerking (KG) door middel van ploegen. De Paragrubber is een cultivator die de grond vooral openbreekt en boven- en onderlagen relatief weinig vermengt. De ervaringen van telers en effecten van grondbewerkingstype op standaard chemische kwaliteitsparameters, bodemstructuur, indringingsweerstand, regenwormen, onkruidruk, ganzenschade, arbeid en gewasopbrengst zijn gedurende 3 jaren gemonitord.

Effecten van bewerkingswijze van de bodem worden in het algemeen pas op langere termijn goed zichtbaar. NKG lijkt ten opzichte van ploegen geen of zeer beperkte negatieve effecten te hebben op opbrengst en ganzenschade in wintertarwe en erwt, tenzij de bewerking plaatsvindt na een (groenbemester)gewas waarvan de resten moeilijk oppervlakkig in te werken zijn. Het positieve effect van NKG op de regenwormenpopulatie komt overeen met waarnemingen in andere experimenten. Ook is een betere bodemstructuur vastgesteld met NKG maar het beeld over de twee bedrijven is niet eenduidig. Voor uitspraken over effecten op chemische bodemparameters is een langere onderzoekperiode nodig (Van Gurp *et al.*, 2011).

3.2.3 Microarthropoden als indicatoren voor bodemkwaliteit

Gerard Jagers op Akkerhuis

De landbouw in Nederland streeft naar een hoge opbrengst in combinatie met duurzaamheid, een beperkt effect op het milieu en een gezonde bodem. De springstaarten en mijten die in de bodem leven (ook wel microarthropoden genoemd) zijn gevoelige indicatoren voor de bodemkwaliteit. Daarom maken ze deel uit van het langlopende onderzoekprogramma de BodemBiologische Indicator (BoBI). Met behulp van de gegevens van een aantal experimenten uit de BoBI database is onderzoek gedaan naar de manier waarop springstaarten en mijten reageren op landbouwkundige maatregelen. De onderzochte maatregelen waren: injecteren van mest, het bovengronds opbrengen van vloeibare mest, het uitrijden van vaste mest en het toepassen van verschillende niveaus kunstmest in combinatie met klaver als groenbemester. Ook is de microarthropodenfauna van biologische en gangbare bedrijven met elkaar vergeleken. De metingen van microarthropoden waren afkomstig van verschillende experimenten waaronder: VelVanla (2002), Bakel (2005), AverHeino (2007) en een variatie aan biologische en gangbare bedrijven.

In het onderzoek is vooral aandacht besteed aan het aantonen van verschillen in soortensamenstellingen. De resultaten laten zien dat springstaarten en mijten gevoelig reageren op alle behandelingen en dus als een indicator voor bodemstress gebruikt kunnen worden.

3.2.3.1 Drijfmestinjectie vs. bovengrondse toepassing

Het VelVanla experiment was gericht op effecten van ondergrondse en bovengrondse toepassing van vloeibare mest op het bodemleven in grasland. De resultaten lieten zien dat de bodemfauna van percelen met bovengronds opgebrachte vloeibare mest duidelijk verschilde van die van percelen waar de mest was geïnjecteerd. Bovengrondse toepassing zorgde voor hogere aantallen roofmijten die van grote prooien leven. Ondergrondse toepassing leidde tot een toename van schimmelzuigers en van roofmijten die leven van aaltjes. Schimmeleeters dragen bijvoorbeeld bij aan ziektevering, terwijl roofmijten plagen kunnen bestrijden, bijvoorbeeld van plantparasitaire aaltjes of van trips.

3.2.3.2 Mesttype en hoeveelheid

Een door het Louis Bolk Instituut uitgevoerde veldproef te Bakel was gericht op het verschil tussen stalmest en kunstmest en op de effecten van bemestingshoeveelheid. De proef is uitgevoerd op een tien jaar oud grasland waar vervolgens zes jaar achtereen verschillende behandelingen zijn toegepast. Het experiment richtte zich op verschillende bemestingsniveaus van zowel stalmest (injectie) als kunstmest. De niveaus van mestgift varieerden tussen 0, 100-150 en 200-300 kg/ha. De microarthropodenfauna vertoonde bij alle mestgiften een groot verschil tussen stalmest en kunstmest. Daarnaast reageerden de microarthropoden ook op de hoeveelheid mest, waarbij de bodemfauna van de hoogste mestgift (200-300 kg/ha) sterk verschilde van die van de controleoppervlakte en die van 100-150 kg/ha. De stalmest stimuleerde de aanwezigheid van nematoden, van nematoden-etende mijten en van schimmelzuigende mijten. Stalmest heeft ook een gunstige invloed op de biomassa van regenwormen, de organische stof, de bacteriële biomassa en de beschikbaarheid van fosfaat. Verder neemt de activiteit van bacteriën toe bij hoge bemesting met stalmest, maar niet bij kunstmest.

3.2.3.3 Gras-klaver

Een tweede experiment werd uitgevoerd te Aver Heino op tien jaar oud grasland met klaver. Hier werden drie doseringen drijfmest en drie doses stalmest vergeleken, gebaseerd op 40, 80 en 120 kg N totaal/ha/jaar. Ook hier werd een groot verschil gevonden tussen de springstaarten en mijten in het grasland dat was bemest met stalmest en het grasland dat was bemest met drijfmest. In de velden bemest met stalmest deed de klaver het beter en duiden de microarthropoden op een relatief stabiel bodemleven. Stalmest gaf meer klaver, totaal stikstof en biomassa van wormen. Drijfmest gaf meer opbrengst van gras, een hogere C/N ratio (meer koolstof), en meer nematoden en mijten. Er bleek een optimum te bestaan voor het effect van bemesting, waarbij een dosis van 40 kg N/ha een stimulerend effect had op het bodemleven, terwijl lagere en hogere bemestingsniveaus een minder soortenrijk bodemleven lieten zien. Het verschil van vaste mest met drijfmest lijkt niet afhankelijk van de dosis vaste mest. Het grootste verschil in bodemeigenschappen bestaat tussen stalmest en drijfmest.

3.2.3.4 Biologisch vs. conventioneel

De volledige dataset van BoBl met betrekking tot grasland op zand, veen, löss en zeeklei en akkerland op zand en klei werd geanalyseerd. Het bodemleven is primair een afspiegeling van de grondsoort: de levensgemeenschap op kleigrond is verschillend van die op zandgrond en veengrond. Een tweede groot onderscheid valt te maken tussen biologische landbouw en conventionele landbouw. Terwijl biologische veeteelt bodems liet zien die duiden op een relatief extensief gebruik, was de bodemfauna van biologische akkerbouwbedrijven juist te typeren als kenmerkend voor intensieve bedrijfsvoering. Dit verschil hangt mogelijk samen met het grotere aantal oppervlakkige grondbewerkingen dat nodig is om onkruiden mechanisch te bestrijden in biologische akkerbouw, omdat chemische bestrijding niet is toegestaan.

3.2.4 Introductie van regenwormen om de bodem te verbeteren

Jack Faber en Annemariet van der Hout

Uit literatuurstudie (Faber en Van der Hout, 2010) blijkt dat het goed mogelijk is om regenwormen zodanig te introduceren dat populaties zich blijvend vestigen. Op een termijn van enkele jaren kunnen ze dan de eigenschappen van de bodem verbeteren door meer aggregaat-vorming, grotere porositeit, betere doorluchting en waterinfiltratie, en meer vochtleverend vermogen van de bodem. Daarmee bieden introducties in agrarisch grasland en bouwland mogelijkheden voor toepassing als teeltondersteunende maatregel. De succesfactoren bij introductie zijn echter nog onvoldoende bekend voor onmiddellijke toepassing in de praktijk, en succes is dan ook nog niet gegarandeerd. Het succes van een introductie is afhankelijk van de soortensamenstelling en de bodembewerking nadien. De keuze van soorten is relevant voor de te bereiken effecten.

Het duurt twee tot tien jaar voordat een populatie zich succesvol gevestigd heeft en effecten op de bodem waarneembaar worden. De bodemstructuur (aggregaatvorming, porositeit en infiltratiecapaciteit) verbetert met de soorten *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea longa* en *Lumbricus terrestris*. Dit zijn echter de enige soorten waarnaar soortspecifiek veldonderzoek is verricht. *L. terrestris* en *L. rubellus* zijn minder succesvol in het vestigen van een populatie dan *A. caliginosa* en *Allolobophora chlorotica*.

De keuze van te introduceren soorten of combinaties van soorten hangt samen met het beoogde resultaat. De zuurgraad van de bodem kan worden verminderd door introductie van *L. terrestris*, die grond uit diepere bodemlagen naar boven brengt. Introductie van *Octolasion tyrtaeum* heeft juist een verzurend effect. Ook de verdeling van nutriënten over het bodemprofiel verbetert met de introductie van regenwormen, waarbij de hoeveelheid beschikbaar stikstof kan afnemen. *L. terrestris* kan er voor zorgen dat de hoeveelheid beschikbaar fosfaat toeneemt, *L. rubellus* zorgt voor het tegenovergestelde effect. Fosfaat kan meer uitspoelen na het introduceren van regenwormen. Regenwormen zorgen voor incorporatie van kalk in bekalkte grond en strooisel.

Vooral in grasland kan de bodem ook schade oplopen door de introductie van wormen. Enerzijds kan onder natte weersomstandigheden bij hogere porositeit en waterhoudend vermogen eerder schade aan de zode ontstaan door vertrapping van vee, anderzijds trekken wormen ook meer mollen aan. Deze nadelen wegen meestal niet op tegen de voordelen.

Er zijn verschillende methoden van introductie. Het plaatsen van zoden uit een donorveld kan de daarin aanwezige gemeenschap in zijn geheel overbrengen, met uitzondering van pendelaars (in Nederland: *A. longa* en *L. terrestris*). Een alternatieve methode is chemische, elektrische of fysieke extractie van wormen uit een donorlocatie. Door selectie van soorten en aantallen kan hierbij meer sturing worden gegeven aan de introductie. Een derde methode is de *earthworm inoculation* unit, waarbij wormen worden opgekweekt in grond. Zo kan een gewenste soort worden geënt via uiteenlopende levensstadia.

De verspreiding na introductie is afhankelijk van het soort wormen en landgebruik, maar afstanden bedragen doorgaans slechts enkele meters per jaar. De grootste dispersie van populaties onder normale omstandigheden is beschreven voor *A. caliginosa* en *L. rubellus* in grasland met afstanden van 10 tot 13 meter per jaar.

De introductie van maatregelen lijkt zinvol om een wormengemeenschap versneld tot ontwikkeling te brengen, maar kan alleen daar worden toegepast waar het bodembeheer ook geschikt is (geen intensieve grondbewerking, aanwezigheid gewasresten op de bodem). Aanwezige wormen kunnen zich anderzijds ook snel uit zichzelf vermeerderen wanneer de omstandigheden daartoe de mogelijkheid bieden (zie paragraaf 3.2.1 FAB verbetert bodemstructuur). Het is zinvol om een haalbaarheidsonderzoek te doen naar kosten en beschikbaarheid van bronnen.

3.2.5 Inventarisatie bedrijfsmaatregelen

Joost Lahr en Dennis Lammertsma

Zoals in hoofdstuk 2.11 al aangegeven, is er middels een inventariserende literatuurstudie de balans opgemaakt van de maatregelen waarmee FAB op bedrijven gestimuleerd kan worden (Lahr *et al.*, 2011). Hieronder worden een aantal maatregelen die met de bodem samenhangen besproken.

3.2.5.1 FAB in de bodem

Bedrijfsmaatregelen om de bodemvruchtbaarheid te stimuleren, anders dan het gebruik van dierlijke mest of kunstmest, zijn in het verleden al uitgebreid onderzocht en worden met succes toegepast. Dat geldt bijvoorbeeld voor rotatie in combinatie met onderploegen, andere vormen van groenbemesting en het aanwenden van onder meer compost en stro in de bodem.

De bodemstructuur kan onder andere verbeterd worden door een minder intensieve, bijvoorbeeld niet-kerende grondbewerking, door het gebruik van minder zware machines, het toevoegen van wederom compost of stro en voor rotatieschema's met diep wortelende gewassen zoals gras, graan of gras-klover. Deze maatregelen zijn minder universeel toepasbaar dan die ter stimulering van de bodemvruchtbaarheid omdat het succes sterk samenhangt met het bouwplan van het bedrijf, de grondsoort en het weer. Bij niet-kerende grondbewerking is er mogelijk meer kieming van onkruid. Er bestaat ook risico van ziekten en plagen door onvoldoende onderwerken van gewasresten en groenbemesters. Bij hakvruchten blijft intensieve grondbewerking sowieso noodzakelijk.

Maatregelen ter verbetering van de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur hebben een gunstig effect op het bodemleven, met name op nuttige bacteriën en op regenwormen. Deze organismen dragen op hun manier zelf ook weer bij aan de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur, hetgeen bijvoorbeeld leidt tot een verlaagde uitspoeling van stikstof. De uitdaging voor ondernemers is om dit positieve feedbackmechanisme op hun bedrijf op gang te krijgen en te houden.

Een aantal maatregelen om de ziektenwerendheid op bedrijven te stimuleren wordt in de praktijk al veel toegepast. Dit zijn veelal niet FAB-gerelateerde maatregelen zoals het verbouwen van resistente gewassen, het gebruiken van gezond plantenmateriaal, rotatie, minder grondontsmetting (in plaats daarvan afdekken van de bodem met plastic), perceelkeuze op basis van historie, biologische bestrijding, bedrijfshygiëne, scouting, enz.

Daarnaast zijn er maatregelen die veelbelovend lijken, maar die zich op dit moment nog vooral in de experimentele sfeer bevinden. Gras-klover mengsels in de rotatie stimuleren de ziektenwerendheid van grond tegen wortelrot in suikerbiet door *Rhizoctonia*. Organische mest of compost verhoogt de bodemweerbaarheid doordat er meer competitie ontstaat tussen pathogenen (ziekteverwekkers) en andere micro-organismen. Groenbemesting heeft een positief effect op de beschikbaarheid van organische stof en de balans van nutriënten. Het verhoogt hierdoor de bodemactiviteit, wat leidt tot onderdrukking van bodemziekten (en onkruiden). Door bekalking is aantasting door sommige schimmelziekten te verminderen. In andere gevallen kunnen ziekten echter toenemen (schurft). Het is nog niet in alle gevallen duidelijk of het effect van deze maatregelen aan FAB te danken is of dat het werkingsmechanisme anders is.

3.2.5.2 Toepassing in de praktijk

Het spreekt voor zich dat veel maatregelen niet op zich zelf kunnen staan maar een onderdeel zijn van de totale bedrijfsvoering. Het toepassen van mest hangt bijvoorbeeld samen met de keuze van het soort bodembewerking, en groenbemesters moeten worden opgenomen in het rotatieschema. De maatregelen mogen niet met elkaar in conflict zijn en versterken elkaar bij voorkeur. In het rapport Sleutels tot Samenhang (Smeding *et al.*, 2006) wordt een streefbeeld geschetst voor een bedrijfsvoering in de akkerbouw:

Door een slimme bedrijfsvoering, die gebruik maakt van FAB, wordt de bodemstructuur gespaard, worden het gehalte organisch stof, de mineralisatie en het bodemleven gehandhaafd of vergroot en worden infecties vermeden. Vijf procent of meer van het bedrijfsoppervlak bestaat uit natuurlijke landschapselementen. Chemische middelen worden alleen ingezet op basis van schadedrempels (NB - dit is voor de vollegrondsgroenteteelt lastig in verband met de geldende 0-norm voor gewasschade).

Een biologische bedrijfsvoering voldoet in veel opzichten al aan dit streefbeeld. Er bestaan tot op heden echter geen complete 'FAB-pakketten' voor niet-biologische bedrijven. Toch kunnen ondernemers nu al met FAB aan de slag. De in de vorige paragrafen genoemde voorbeelden laten zien dat het stimuleren van FAB ook kosten kan besparen. Door een meer natuurlijke ziekten- en plaagwering en betere bodemkwaliteit kunnen ondernemers besparen op bestrijdingsmiddelen en kunstmest.

Het bevorderen van FAB is een leerproces. Ondernemers kunnen op kleine schaal proberen of maatregelen aanslaan en de ervaringen met collega's delen (Guldemond *et al.*, 2005). Het waarnemen en het beoordelen van de functionele biodiversiteit op het eigen bedrijf is hierbij van groot belang. Hiervoor bestaan praktische hulpmiddelen in de vorm van zogenaamde instrumentenkaarten waarin vangst- en beoordelingsmethoden worden uitgelegd. Er zijn kaarten voor het waarnemen van natuurlijke vijanden (Van Alebeek, 2005) en bodemkwaliteit (Smeding *et al.*, 2005). Op basis van dit soort waarnemingen kunnen boeren nagaan in hoeverre de biodiversiteit op hun bedrijf wordt benut en met welk pakket maatregelen de volgende stap op weg naar verdere verduurzaming kan worden gezet (Smeding *et al.*, 2006). Er zijn pakketten maatregelen voor 'beginners' en voor 'gevoorderden' op FAB-gebied.

Als laatste dient te worden vermeld dat FAB-maatregelen altijd genomen zullen moeten worden binnen de randvoorwaarden van o.m. het soort teelt, de grondsoort, de waterhuishouding en regionale factoren. Het selecteren van de juiste maatregelen blijft dus maatwerk. Hierbij is de kennis van de ondernemers zelf en van kennismakelaars die de bedrijven en de regio kennen cruciaal. Meer gedetailleerde informatie die de ondernemer kan raadplegen wanneer deze een bepaalde maatregel overweegt zijn onder andere:

- Spadewijzer <http://www.spade.nl/spadewijzer.asp>
- Instrumentenkaarten <http://www.clm.nl/actueel/110106.html>
- Kennisakker <http://www.kennisakker.nl>

4. Maatschappelijke aspecten van Functionele Agrobiodiversiteit

4.1 Agrobiodiversiteit in verschillende beleidsterreinen

Kees Booij

Agrobiodiversiteit speelt een rol bij vrijwel alle processen die nodig zijn voor behoud en versterking van duurzame productiesystemen en de kwaliteit van het agrarisch landschap. De functies van agrobiodiversiteit zijn uiteenlopend en hebben daarom raakvlakken met alle beleidsthema's rond bodem, water, groen en duurzaamheid. Agrobiodiversiteit bestrijkt aspecten uiteenlopend van akkerranden, die de bestuiving van gewassen en natuurlijke vijanden van insectenplagen bevorderen, tot maatregelen gericht op bodemleven, die de bodem goed van structuur en productief houden en het gewas van ziekten vrijwaren. Agrobiodiversiteit speelt een rol van perceel- tot landschapsschaal. Daarom kunnen vele actoren zoals agrariërs en landschapsbeheerders via gerichte maatregelen de functionaliteit van agrobiodiversiteit versterken. Veel initiatieven in de sector, al dan niet gestimuleerd door de overheid, laten zien dat het thema leeft en er volop geëxperimenteerd wordt. Biodiversiteit krijgt daarmee terecht een centrale plaats in duurzame agrarische productie.

Agrobiodiversiteit kan op vele manieren worden benut en bevorderd. Onderzoek en praktijk laten zien dat dit het best tot zijn recht komt als functies en doelen zoveel mogelijk op elkaar afgestemd worden. Dit kan bijvoorbeeld door maatregelen voor bodembeheer tegelijkertijd te richten op bodemstructuur, organische stof, watervasthoudend vermogen, beperking van broeikasgasemissie, vermindering van ziekten. Biodiversiteit is van betekenis voor al deze aspecten en is daarbij een graadmeter voor de toestand van de bodem.

Om meer mogelijkheden voor synergie te vinden tussen verschillende beleidslijnen die de agrarische bedrijfsvoering raken, hebben we de relaties en interacties tussen biodiversiteit stimulerende maatregelen en de effecten daarvan zoveel mogelijk in kaart gebracht. Wanneer meer functies van biodiversiteit kunnen worden gecombineerd, zijn het enthousiasme en de succeschansen het grootst. Dit is bijvoorbeeld het geval waar door het gebruik van spuitvrije zones, akkerranden en groene dooradering geïntegreerde gewasbescherming, emissiebeperking en waterkwaliteit worden bevorderd. Het is niet voor niets dat agrobiodiversiteit hier het meest aanspreekt. Wanneer dit wordt gecombineerd op gebiedsniveau worden ook de functies op landschapniveau, natuur en recreatie zichtbaar. Dat kan sterk bijdragen aan een groen imago van gebieden waarmee regio's zich kunnen profileren. Stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid zullen vooralsnog nodig zijn om initiatieven een continue basis te bieden.

Ook rond bodembiodiversiteit liggen er vele kansen. Een duurzaam bodembeheer vormt letterlijk de bodem voor een duurzame voedselproductie op lange termijn zonder uitputting van grondstoffen. Het aansturen van bodemgezondheid is ingewikkeld en de functies van agrobiodiversiteit zijn nog deels onbegrepen. Vooral praktijkervaring is nodig om de talloze maatregelen te evalueren en nieuwe innovaties op dit gebied te bewerkstelligen, en zo binnen de sector meer vertrouwen op te bouwen dat de transitie naar meer duurzame landbouw zal doen verbreden.

Kenmerkend is dat transities over de grenzen van het eigen domein heen gaan en lang duren. Het is echter een illusie te denken dat transities te sturen zijn: ze zijn meestal het gevolg van een toevallige samenloop van ontwikkelingen. Transities komen echter alleen tot stand door innovaties en samenwerking tussen verschillende stakeholders. Een lange-termijnbeleid rond de gewenste samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en onderzoek is gebaat bij het besef dat agrobiodiversiteit een belangrijke pijler is voor duurzaamheid, naast technologische innovaties en marktontwikkeling. De overheid kan daarin een richtinggevende rol spelen als dit besef breed gedragen wordt. In de projectrapportage worden verschillende aanbevelingen gedaan voor samenwerking tussen de beleidsdirecties op het gebied van FAB die daarbij kan helpen. Het gaat dan met name om koppeling tussen de thema's bodembeheer, bemesting en klimaat, gewasbescherming en kwaliteit van landschap, graasveehouderij en diergezondheid, innovatie en duurzaam gebruik van grondstoffen.

4.2 Een groter draagvlak voor natuurlijke plaagonderdrukking op gebiedsniveau

Bastiaan Meerburg, Ben Schaap en Henny van Gulp



In aanvulling op het biodiversiteitsprogramma heeft de agrarische sector in de Hoeksche Waard samen met het waterschap en de provinciale overheid de ambitie geformuleerd om in 2015 duurzaam te produceren. Beheerders van de groene omgeving (waterschap, gemeente, terreinbeheerders) moeten bewust worden gemaakt van de mogelijkheden die natuurlijke plaagonderdrukking kan bieden als zij de landschappelijke ruimte anders gaan beheren (Meerburg en Alebeek, 2010).

In de projectperiode is een belangrijke stap gezet om de gemeenschappelijke doelen rond FAB in te bedden binnen de bestuurlijke processen in de Hoeksche Waard. De samenwerking tussen organisaties met een verschillende achtergrond (Hoeksche Waards Landschap, LTO-afdeling Hoeksche Waard) is op basis van wederzijds respect succesvol gebleken en staat garant voor een verdere opschaling van FAB naar gebiedsniveau. Daartoe is samen met het waterschap, lokale gemeenten en provincie verder gewerkt om het beheer van bermen, slootkanten en ander publiek groen beter aan te laten sluiten op het geformuleerde FAB-streefbeeld* voor dat gebied (Scheele en Van Gulp, 2007b). Vanaf 2011 is samen met het Samenwerkingsorgaan Hoeksche Waard, het Waterschap Hollandse Delta en de provincie Zuid-Holland verder gewerkt om de gronden van deze instellingen in het gebied conform de FAB-richtlijnen in te richten (Van Gulp *et al.*, 2011).

* FAB streefbeeld: Op dijken, bermen, slootkanten en akkerranden blijft 's winters voldoende vegetatie (≥ 20 cm hoog) overstaan om dekking en schuilplaatsen te bieden voor natuurlijke vijanden. In de lente en zomer bevatten deze landschapselementen grote hoeveelheden bloemen van verschillende soorten, die samen zorgen voor een langdurig, ononderbroken aanbod van nectar en stuifmeel voor natuurlijke vijanden. Houtige begroeiingen zijn soortenrijk en structureel, met voldoende schuilplaatsen voor overwintering van rovers en sluipwespen. De ondergroei en zomen zijn in de lente en zomer bloemrijk, als bron van nectar en stuifmeel.

4.3 Bedrijfseconomische effecten FAB-plaagbeheersing

Jeroen Willemse en Henny van Gulp



Doel van deze bedrijfseconomische benadering is om de economische gevolgen te schetsen van het toepassen van FAB-plaagbeheersing in combinatie met akkerranden op het akkerbouwbedrijf. FAB-plaagbeheersing vraagt om het stimuleren van natuurlijke vijanden van de plagen. Met het inzaaien van akkerranden wordt voedsel en beschutting gecreëerd voor deze vijanden. Dit kunnen eenjarige randen met bloemen zijn, maar ook meerjarige randen met grassen en kruiden. Akkerranden kosten echter geld. Allereerst nemen ze ruimte in beslag waar anders productie-gewas zou staan. Daarnaast zijn er kosten voor zaaizaad en bewerking, zoals met zaaien, schoffelen, onkruidbestrijding, onderhoud, maaien en grondbewerking. Daarnaast is scouting noodzakelijk. Dit scouten, dat ook door een teeltadviseur gedaan kan worden, kost extra tijd of geld voor de teler ten opzichte van preventieve gewasbescherming tegen bladluizen.

Bij de berekening van de kosten en baten voor het gewasperceel aardappelen en wintertarwe is uitgegaan van een perceel van tien hectare (500 x 200 meter), met langs beide lange zijden een akkerrand langs de slootkant van 3 meter breed; dat is samen circa 3% van het perceel. De opbrengsten, prijzen en toegerekende kosten zijn opgenomen op basis van Kwantitatieve Informatie Akkerbouw (PPO-WUR). Bij aardappelen geldt een teeltvrije zone van 1,5 m vanaf de insteek van het talud, bij granen 0,25 m.

Duidelijk blijkt dat de baten (het besparen van insecticide) onvoldoende zijn om de kosten te dekken. Hierbij geldt dat dit een gemiddeld plaatje is. Vooral de kosten voor het grondgebruik kunnen jaarlijks flink verschillen door de verschillen in prijzen van het product.

Andere posten die van invloed zijn:

- Laat de teler de scouting door een (betaalde) teeltadviseur uitvoeren dan stijgen de scoutingskosten met circa € 23,- per ha aardappelen en resp. € 18,- per ha wintertarwe.
- Bij het afvoeren van het maaisel bij meerjarige randen kunnen afspraken gemaakt worden met derden. Soms kan voor een gereduceerd tarief of gratis het gras afgevoerd worden naar bijvoorbeeld een veehouder.
- Ondanks alle FAB-inspanningen komt het regelmatig voor dat er toch nog een breedwerkende insecticide gespoten moet worden tegen bijvoorbeeld coloradokever of graanhaantje, terwijl dit voor de luis niet noodzakelijk is. De baten kunnen dan vrijwel op nul gesteld worden.

Op basis van kostenreductie door het besparen van insecticiden is FAB-plaagbeheersing dus bedrijfseconomisch niet rendabel. Andere inkomstenbronnen zijn noodzakelijk om de aanpak economisch duurzaam interessant te maken. Dit kan bijvoorbeeld een akkerrandenregeling zijn, waarbij de teler subsidie krijgt voor het aanleggen en onderhouden van de akkerranden. Meerjarige gras-kruiden randen zijn economisch interessanter dan eenjarige bloemenranden. Dit is mede afhankelijk van de kosten om het maaisel af te voeren.

4.4 Bekendheid van FAB en de mogelijkheden om FAB-randen en akkerranden te combineren

Bastiaan Meerburg

Op verzoek van het ministerie van EL&I is een onderzoek gedaan naar de bekendheid van het concept 'Functionele Agrobiodiversiteit' bij verschillende partijen in het maatschappelijk veld. Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) heeft als kerndoel om de agrobiodiversiteit in- en om het agrarische bedrijf beter te benutten om zo de productiemethoden in de landbouw nog duurzamer te maken dan ze al zijn. Door de biodiversiteit gericht te stimuleren wordt de natuurlijke weerbaarheid van het productiesysteem verder verbeterd. Hierdoor is er hopelijk minder overlast van ziekten en plagen en wordt het milieu minder belast.

Er is kwalitatief onderzoek gedaan naar de bekendheid met functionele agrobiodiversiteit bij verschillende partijen in het maatschappelijk veld. We hebben gekeken naar regio's waar FAB op dit moment goed is ingebed (West-Brabant/Zeeland), waar het in opmars is (Zuid-Holland, Limburg) en waar het FAB-gedachtengoed nog maar beperkt aanwezig is (Groningen/Drenthe; Oost-Brabant). Met twintig personen zijn telefonische interviews gehouden. Deze personen zijn werkzaam bij provincies, waterschappen, agrarische natuurverenigingen en landschapsorganisaties. Tijdens deze interviews lag de nadruk op de vraag of de respondent het FAB-concept kende en of dit in zijn of haar regio ook werd toegepast. Ook is ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen FAB-randen en andere typen van randenbeheer zoals die in de betreffende regio al plaats vonden. Daarbij kwam ook de vraag aan de orde of het mogelijk is om de diverse doelstellingen die aan dit soort randen hangen te integreren, zowel op technisch als op beleidsmatig niveau, en op welke wijze de financiering geregeld moet worden.

Er is een grote diversiteit aan akkerranden, met elk hun eigen doelstellingen, inrichting- en beheersvoorschriften en financieringsbron. Dit scheidt verwarring, helemaal vanwege sommige conflicterende doelstellingen (bijv. keuze inheemse zaadmengsels vs. 'vreemde' mengsels, eenjarig vs. meerjarig of smalle vs. brede randen). Een FAB-rand is niet automatisch ook een vogel- of florarand, al zijn combinaties wel mogelijk (bijv. door breedte en samenstelling randen beter op elkaar af te stemmen). Het toekomstige Europese landbouwbeleid met de zogenaamde *GLB Health Check* biedt de beste perspectieven voor duurzame financiering van akkerranden. Financiering vanuit GroenBlauwe diensten is een andere goede optie. Door regelingen beter op elkaar af te stemmen kan het bereiken van de beleidsdoelen voor overheden worden verbeterd en wordt meedoen aantrekkelijker voor agrariërs. De vraag is nog wel hoe men het combineren het beste kan realiseren en de uitkomst kan optimaliseren.

4.5 Mogelijkheden van ecologisch dijkbeheer

Bastiaan Meerburg

Uit inventarisaties was gebleken dat de waterschappen Zeeuwse Eilanden en Brabantse Delta een andere visie hebben en een ander beleid hanteren voor ecologisch beheer van dijken dan het waterschap Hollandse Delta in de Hoeksche Waard (Meerburg *et al.*, 2008). Dit leidt tot verschillen in dijkbeheer en in de bijdragen die dijken kunnen leveren als leefgebied voor natuurlijke vijanden van plaagorganismen. Er was behoefte om de verschillende opvattingen en beheerspraktijken nader te analyseren evenals de kosten die gepaard gaan met een aangepast beheer en de eventuele risico's voor de veiligheid van de dijken om zo tot betere en bruikbare adviezen te komen voor verschillende belanghebbende in deze gebieden. Ook andere partijen als gemeenten, boeren en particulieren zouden het beheer van wegbermen, overhoeken en perceelsranden kunnen aanpassen om landschappelijke en biodiversiteits- en FAB-doelen te kunnen realiseren.

Door verschillende partijen te interviewen is een helder beeld ontstaan van de redenen voor de verschillen in het beheer van dijken, bermen en randen (Meerburg en Korevaar 2009). Uit de analyse blijkt onder meer dat de voordelen van de FAB-aanpak op dit moment nog weinig bekend zijn onder beslissers, en dat communicatie hierover erg belangrijk is. Onbekend maakt onbemind, verschillende partijen in de regio moeten worden overtuigd van de FAB-gedachte en de mogelijkheden die dijken, bermen en randen hiervoor bieden. Het multifunctioneel gebruik van secundaire dijken (ecologisch beheer vanuit de FAB-gedachte) biedt kansen voor zowel landbouw, ecologie als toerisme. Ook bleek dat het waterschap evenals andere overheden bij een verdere implementatie van de aanpak een cruciale rol kan vervullen. Zij hebben een voorbeeldfunctie, ook voor particuliere grondbeheerders. Daarnaast is interne verankering van ecologisch dijkbeheer gewenst bij het waterschap, zowel op beleids- en uitvoeringsniveau. Het is een positieve ontwikkeling dat waterschappen uitvoerders opleiden voor ecologisch beheer.

Ander vegetatiebeheer (ecologisch/natuur technisch beheer incl. maaien en afvoeren) levert geen veiligheidsrisico's op voor waterkering en verkeer, zo blijkt uit dit onderzoek in andere regio's dan de Hoeksche Waard zoals bij het Waterschap Brabantse Delta en Zeeuwse Eilanden en uit wetenschappelijk onderzoek in opdracht van de Technische Adviescommissie Waterkeringen. Kosten van maaien en afvoeren zijn in de hand te houden door gebruik te maken van kansen voor biomassaproductie/compostering. De vraag is wel op welke manier dit het beste kan plaatsvinden op regionale schaal.

De aanpak in een aantal FAB-pilotgebieden waar geprobeerd wordt om dooradering te benutten wordt door onze resultaten gesteund.

Een van de doelstellingen van FAB Hoeksche Waard is gebiedscoalities tot stand te brengen waardoor vergroting van rotatieschema's voor een aantal gewassen gerealiseerd kan worden. De uitdaging is om gebiedscoalities tot stand te brengen waarin ondernemers bereid zijn rotatieschema's te wijzigen en op elkaar af te stemmen. Door afstemming tussen ondernemers te bewerkstelligen komen de plaaggevoelige percelen zo goed mogelijk ruimtelijk uit elkaar te liggen, zodat de FAB-functie van het gebied wordt versterkt.

5. Kennisverspreiding

Op vele manieren is aan kennisverspreiding gewerkt. Communicatie vanuit het programma heeft daarbij steeds plaatsgevonden in overleg met de begeleidingscommissie. Er zijn wetenschappelijke, gerefereerde artikelen geschreven. Er veel aandacht geweest voor communicatie met de doelgroepen, onder meer met publicaties in vakbladen, waaronder Nieuwe Oogst, Ecoland en Boerderij (zie o.a. Meerburg & Geerts, 2010; Meerburg *et al.*, 2010). Daarnaast zijn er open dagen, demonstraties, discussiebijeenkomsten en workshops georganiseerd, colleges gegeven en lezingen gehouden. Het FAB2-project heeft hierin een belangrijke rol gespeeld (Van Gurp, 2011).

5.1 Workshops

In de afgelopen vier jaar zijn drie workshops binnen het programma georganiseerd waarvan de belangrijkste resultaten hieronder worden weergegeven. Als afsluiting van het vierjarig onderzoekprogramma wordt daarnaast nog samen met het FAB2 project in december 2011 een symposium georganiseerd onder de titel 'FAB werkt' waarin de resultaten van het onderzoek worden gepresenteerd.

De workshop met kennismakelaars van SPADE op 10 december 2009 had tot doel om onderzoek en praktijk dichter bij elkaar te brengen; om elkaar te leren kennen. Daarbij zijn mogelijke praktijktoepassingen van ons onderzoek onder de aandacht van de kennismakelaars gebracht en hebben enkele kennismakelaars ervaringen uit de adviespraktijk naar voren gebracht. Aan de bijeenkomst namen tien kennismakelaars deel. Er werd veel gediscussieerd waarbij bleek dat met name de vertaling van onderzoekresultaten naar praktische kennis, die vermarkt kan worden, niet eenvoudig is. Volgens sommige kennismakelaars is FAB op zichzelf niet te verkopen omdat het vooral preventief werkt. Zij moeten met hun adviezen vooral praktische problemen oplossen.

De workshop Niet-kerende Grondbewerking (NKG) is op 21 september 2010 in Wageningen gehouden. Er namen 31 personen aan deel, onder wie ondernemers, voorlichters, beleidsmedewerkers en onderzoekers. Tijdens de workshop zijn ervaringen uitgewisseld in drie inleidingen en een discussie over stellingen. Op basis van de resultaten van de workshop konden we de volgende kennisleemtes identificeren:

- Wat zijn de langetermijneffecten van NKG onder Nederlands omstandigheden (verschillende bodems, intensieve bouwplannen).
- Hoe biologische processen in de bodem werken is onduidelijk; dit geldt onder meer voor plaag- en ziekteverend vermogen, koolstof en stikstofkringlopen onder NKG omstandigheden.
- Wat is het effect van NKG op specifieke bodempathogenen?
- Wat is de samenhang tussen biologische, chemische en fysische bodemparameters onder NKG-omstandigheden. Kunnen hier handvatten en indicatoren voor de praktijk worden afgeleid?
- Het is nog niet altijd duidelijk hoe de uitvoering van NKG in de praktijk op de beste wijze plaats kan vinden. Voorbeelden hiervan zijn aardappelteelt op wat zwaardere gronden, handelwijze na de oogst van late gewassen, onkruid problematiek en de teelt van fijnzadige gewassen.
- Is het zinvol om eens in de vijf jaar toch te ploegen? Wat zijn dan de criteria om dit te doen? Wat is het effect?

Er is ook een workshop functionele agrobiodiversiteit georganiseerd op de Biovak 2009, vooral om kennis over te dragen aan de biologische landbouw (Vosman *et al.*, 2009). Aan de workshop hebben in totaal tussen de 30 en 35 mensen deelgenomen, waaronder zeven tot tien boeren. Na de korte inleidingen ontstond er steeds een levendige discussie, waaraan biologische boeren een grote bijdrage leverden. Er werd heel praktische informatie uitgewisseld.

6. Conclusies

In de voorgaande hoofdstukken is het uitgevoerde onderzoek gepresenteerd. De belangrijkste conclusies daaruit worden hieronder kort samengevat.

6.1 De rol van het landschap in FAB

Bij de aanplant en het onderhoud van bomen en struiken in het agrarisch gebied kan meer rekening worden gehouden met de functie die de verschillende soorten hebben bij de ondersteuning van natuurlijke vijanden van plagen. Die ondersteuning bestaat uit bloei (nectar en/of stuifmeel) en uit het huisvesten van populaties bladluizen waarop natuurlijke vijanden zich kunnen vermenigvuldigen. De meeste bladluizen en natuurlijke vijanden worden gevonden op struiken die bloeien van half april tot eind mei.

Door akkerranden in het najaar in te zaaien, bloeien bloemen als korenbloem, klaproos en gele kamille veel eerder in het seizoen. Het bijmengen met beperkte hoeveelheden eenjarige kruiden kan de functionaliteit van meerjarige randen in het eerste jaar verhogen en bijdragen aan onderdrukking van onkruiden zonder meerjarige kruiden te veel te remmen.

De dichtheid aan natuurlijke vijanden als zweefvliegen, roofwantsen en lieveheersbeestjes in de aardappel- en graanpercelen neemt meestal toe naarmate men dichterbij de bloeiende akkerranden komt. De invloed van de akkerranden strekt zich over minimaal 70 meter in het gewas uit.

Melige koolluispopulaties vormen geen waardplant-specifieke biotypen; infectie vanuit winterkoolzaad naar allerlei koolgewassen zoals spruitkool en savooiekool en *vice versa* kan dus heel makkelijk plaatsvinden. Hoe meer percelen met koolgewassen in een gebied hoe hoger de infectie door het koolwitje en koolmotje. Een gebiedsaanpak waarbij ondernemers rotaties op elkaar afstemmen kan een kans zijn om tot een geïntegreerde gewasbescherming te komen van onder meer aardappel en kool.

Het is zinvol om op verschillende schaalniveaus rond het bedrijf - zowel lokaal (afzonderlijke percelen op het bedrijf) als in het gebied (een groep van ondernemers) - te werken aan optimalisatie van natuurlijke plaagonderdrukking. Ruimtelijke ligging van percelen beïnvloedt de infectiekans.

Er is nu een scoutingsysteem beschikbaar waarmee bij plaagbestrijding optimaal gebruik gemaakt kan worden van FAB. De hoeveelheid arbeid (ca. 20-30 minuten per waarneming, in een drukke periode) en de risicobeleving zijn hoog in verhouding tot de kosten van insecticide bespuitingen. In de praktijk wordt daarom vaak voor de goedkoopste oplossing gekozen.

FAB-plaagbeheersing is op basis van kostenreductie door het besparen van insecticiden bedrijfseconomisch niet rendabel. Andere inkomstenbronnen zijn noodzakelijk om FAB-plaagbeheersing economisch duurzaam interessant te maken. Dit kan bijvoorbeeld een akkerrandenregeling zijn, waarbij de teler subsidie krijgt voor het aanleggen en onderhouden van de akkerranden. Meerjarige gras-kruidenranden zijn economisch interessanter dan eenjarige bloemenranden. Dit is mede afhankelijk van de kosten om het maaisel af te voeren en er een bestemming voor te vinden.

6.2 De rol van de Bodem in FAB

NKG bevordert het bodemleven, met name regenwormen en schimmels, en daarmee op middellange termijn een goede bodemstructuur. De werkwijze lijkt kostenbesparend en is milieuvriendelijk. Werktuigen zijn beschikbaar (hoewel merendeels nog alleen te koop op de buitenlandse markt) en worden verder ontwikkeld. NKG is daarom direct toepasbaar, maar grootschalige toepassing vraagt eerst nog verder geïntegreerd onderzoek voor andere grondsoorten en teelten, en vooral op langere termijn. Ook een tussenvorm van incidenteel ploegen verdient aandacht.

De effecten van NKG zijn groter als tegelijkertijd stro op het land wordt achtergelaten. De effecten zijn relatief snel en duidelijk zichtbaar aan veranderingen in labiele C en N (heet water-extraheerbaar koolstof en potentieel mineraliseerbare stikstof).

Mycorrhizaschimmels zijn gevonden in alle bemonsterde uienwortels, zowel in wortels afkomstig van percelen waaraan geen mycorrhizaschimmels zijn toegevoegd als in percelen waar dat wel was gebeurd. Het toedienen van extra mycorrhizaschimmels resulteerde noch in veldproeven noch in potproeven tot minder bolrot als gevolg van de bodemschimmel *Fusarium oxysporum* en lijkt derhalve geen zinvolle strategie om de ziekteveerbaarheid tegen *Fusarium* bolrot in ui te verhogen.

Er is een nieuw mechanisme van ziekteverwerping tegen *Rhizoctonia* beschreven. De betreffende antagonistische bacteriën komen voor in diverse bodems in Nederland, met name kleigronden. Het gaat om drie nauw verwante *Lysobacter*-soorten, die verschillende typen ziekteverwekkende schimmels kunnen remmen in hun groei. Deze bacteriën kunnen met chitine en eiwitrijke dierlijke reststromen (o.a. verenmeel) gestimuleerd worden, waardoor ziekteverwerping van de bodem tegen *Rhizoctonia* wordt verhoogd.

Springstaarten en mijten reageren gevoelig op landbouwkundige maatregelen en teeltsystemen. Bijna alle behandelingen die in deze studie zijn geanalyseerd hadden significante effecten op de soortensamenstelling van springstaarten en mijten. Micro-arthropoden zijn dus uitstekende indicatoren voor de intensiteit van het bodemgebruik in termen van dynamiek in grondbewerking, en aard en hoeveelheid bemesting.

Vaste organische mest leidt tot een heel ander bodemecosysteem dan drijfmest of kunstmest. Daarbij is niet alleen het type mest van belang maar ook de toegepaste hoeveelheid. Organische landbouw gaat gepaard met een heel andere bodemfauna dan conventionele landbouw. Bemesting is een sterk sturende factor voor de levensgemeenschap in de bodem en daarmee het functioneren van het bodemecosysteem in termen van nutriëntenregulatie, in het bijzonder mineralisatie, immobilisatie en retentie.

6.3 De rol van resistente rassen

Naast de rol van het landschap en de bodem is er ook gekeken naar alternatieven om schade door plaaginsecten te reduceren. Hieruit bleek dat waardplant resistentie goede mogelijkheden biedt. In exotisch materiaal van savooiekool werden sterke resistenties tegen wittevlug en koolluis gevonden. Dit biedt goede perspectieven voor veredeling op resistentie en op langere termijn toepassing van resistente rassen op de akker.

7. Bespreking van de door EL&I gestelde vragen

Het overheidsbeleid voor functionele biodiversiteit heeft als doel biodiversiteit te stimuleren door:

- (1) kennis te ontwikkelen en te verspreiden;
- (2) belemmeringen weg te nemen en een ondernemersklimaat te stimuleren waarin innovatie met biodiversiteit mogelijk is;
- (3) met behulp van pilots, 'al doende te leren en al lerende doende', te komen tot in de landbouwpraktijk bruikbare concepten, onder meer op het vlak van een natuurlijker ziekten- en plaagregulering en een natuurlijker bodemvruchtbaarheid.

Met deze inzet wil de rijksoverheid het behoud en de benutting van biodiversiteit in de landbouw versterken en de ontwikkeling naar een duurzame, concurrerende en maatschappelijke sector ondersteunen. Het beleid vanuit het rijk is daarnaast gericht op het stapsgewijs toewerken naar meer duurzaam bodemgebruik in de landbouw. Het bevorderen van een meer natuurlijke bodemvruchtbaarheid en het opheffen van minder duurzame landbouwpraktijken zijn daar een belangrijk onderdeel van. Een duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde landbouw (*people, planet, profit*) is ook vanuit het oogpunt van aantrekkelijkheid van het landschap en de toegankelijkheid van het landelijk gebied van belang. Functionele biodiversiteit toepassen in het agrarisch productieproces kan daar een belangrijke bijdrage aan leveren.

7.1 FAB werkt

De kennis die tot 2008 was ontwikkeld had hoofdzakelijk betrekking op de akkerbouw en was nog onvolledig (Vosman *et al.*, 2007). Hoewel er uitzicht was op praktisch bruikbare FAB-concepten, was een verdere verbreding (naar andere gewassen en dieren) en verdieping van deze kennis door een combinatie van fundamenteel onderzoek en onderzoek via experimenten op bedrijfsniveau en in praktijknetwerken noodzakelijk. Gezien het complexe karakter van het onderzoek (invloed bodem, weer en de vele relaties en interacties) is gekozen voor een meerjarige en multifunctionele aanpak.

Het onderzoek heeft een groot aantal handvatten opgeleverd voor een verdere invoering van het gebruik van FAB. In de voorgaande hoofdstukken staan die beschreven. Ook komt duidelijk naar voren dat het benutten van FAB niet op zichzelf staat. Daar zijn vele partijen bij betrokken; hun rol is inzichtelijk geworden. In de komende jaren zal er naar gestreefd moeten worden om die partijen bij elkaar te brengen omdat alleen dan FAB maximaal benut kan worden. Het benutten van FAB is niet iets dat elke boer individueel op zijn bedrijf doet. Er zit is een heel duidelijke meerwaarde aan het maken van afspraken op regionaal niveau. Tussen agrarische bedrijven onderling, maar ook met andere beheerders van gronden in een bepaalde regio (waterschappen, gemeentes, etc.). Het benutten van FAB overstijgt daarmee het individuele bedrijf en moet dan ook worden gezien als een maatschappelijke dienst van de landbouw aan de maatschappij. Immers naast alle positieve effecten op duurzaamheid draagt FAB bij aan een verhoging van de waarde van een gebied, waar het via het aantrekkelijker landschap ook nog eens goed recreëren is. Niet alle toepassingen van FAB kunnen op dit moment voor de boer kostendekkend worden uitgevoerd. Mogelijk kunnen andere partijen zoals waterschappen en gemeentes hierbij een rol spelen. Daar waar dit niet mogelijk is zou de overheid faciliterend op moeten treden. De eerste stappen in die richting worden momenteel gezet.

7.2 De toekomst

Zowel de regionale inbedding als een op FAB gerichte bedrijfsvoering leiden tot veel vragen.

Op bedrijfsniveau zijn dat bijvoorbeeld vragen rondom het hergebruiken/benutten van reststromen, waaronder ook plantmateriaal dat overblijft na de bloei van de aangelegde bloemenstroken (zo kan een bloemenstrook ook nog wat opleveren).

Systeemgerichte preventie en beheersing van ziekten en plagen is een ander punt. Om dit te realiseren is agro-systeemonderzoek nodig waarin management op bedrijfs- en omgevingsniveau centraal staat: niet de afzonderlijke gewasbeschermingsmethoden maar de totale agrarische praktijk waar gewasbescherming deel van uit maakt. Deze 'nieuwe gewasbescherming' is gebaseerd op het zoveel mogelijk voorkomen en weren van ziekten en plagen door een gezonde bodem, resistente rassen en uitgekiend management, liefst op regioniveau. Regionale samenwerking van bedrijven kan een ruimere vruchtwisseling opleveren. Maatregelen op bedrijfs- en teeltniveau met bijvoorbeeld een aangepast bouwplan, een betere bedrijfshygiëne of meng- en strokenteelt kunnen verspreiding van ziekten en plagen afremmen of zelfs voorkomen. Andere maatregelen (akkerranden, inrichting en beheer productielandschap) kunnen de infrastructuur voor natuurlijke vijanden van de plaaginsecten verbeteren. Ook kunnen in een aantal gevallen door een uitgekiende rassenkeuze ziekten en plagen voorkomen worden en natuurlijke vijanden efficiënter aangetrokken. Plaagonderdrukkende mechanismen in de bodem kunnen we gebruiken tegen bovengrondse plaagsoorten die een deel van de levenscyclus in de bodem door brengen.

Naast gewasmanagement en rassenkeuze is een goede bodemstructuur van wezenlijk belang voor ziektevering en een gezond gewas, en ook voor waterregulatie en dragend vermogen. Bepaalde bodemorganismen spelen een beslissende rol in de regulatie van de ecosysteemdiensten van de bodem. Deze vorm van functionele agrobiodiversiteit kan worden gestimuleerd door minder intensieve vormen van bodembewerking, zoals niet-kerende grondbewerking (NKG). In een ziektevering bodem zal, ondanks aanwezigheid van een ziekteverwekker, geen of weinig schade optreden in een vatbaar gewas. De mechanismen achter ziektevering zijn veelal onbekend. Toepassing van organische reststromen binnen het bouwplan om ziektevering te verhogen en structuur te verbeteren zijn interessante opties. Ook zouden microbiële interacties in de bodem onderzocht moeten worden; het voedselweb in relatie tot ziektevering, nutriëntenmanagement en bodemstructuur. Onduidelijk is vooralsnog ook hoe resultaten zich op de langere termijn ontwikkelen en ook hoe bedrijfsresultaten zich financieel-economisch verhouden tot conventionele werkwijzen. Voor een brede implementatie van NKG in de praktijk is daarom meer onderzoek nodig in verschillende teelten en op uiteenlopende grondsoorten.

Voor waterschappen en gemeenten betekent het FAB-proof maken van publieke gronden een extra kostenpost, en die kosten moeten worden verantwoord. Tot nu toe richtte het FAB-omgevingstraject zich met name op het meekrijgen van agrariërs en overheden, maar om een verdere opschaling van FAB ook in andere regio's te bewerkstelligen is het belangrijk om het doel van het concept onder de aandacht van het grote publiek te brengen. Hoe je dat het beste kunt doen is een belangrijke onderzoeksvraag. Hoe krijg je de publieke opinie mee? Hoe kan je op een slimme manier de verschillende functies (landbouw, recreatie, life support) in een regio combineren en benutten?

Het is duidelijk dat een systeemsporg rondom FAB alleen mogelijk is indien er wordt gekozen voor een geïntegreerde aanpak. Het landbouwbedrijf kan niet los worden gezien van de omgeving en een ieder moet zijn steentje bijdragen om het geheel tot een succes te maken. Er liggen prachtige kansen, maar er zijn nog veel onzekerheden. Deze kunnen deels worden opgelost met onderzoek, deels zal er ook een mentaliteitsverandering nodig zijn, zowel bij boer als consument.

Publicaties in het kader van het programma

- Aggarwal, R.K., E. den Belder, J. Elderson & G.D. Esselink, 2011. Permanent Genetic Resources added to Molecular Ecology Resources Database 1.
- Baveco, J.M., 2011. Ruimtelijke analyse van plaagbeheersing als ecosysteemdienst: interacties tussen netwerken van groen-blauwe dooradering en akkers. Alterra rapport, in prep.
- Baveco, J.M. & Bianchi, F.J.J.A., 2007. Plaagonderdrukkende landschappen vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden. Entomologische Berichten 67, 213-217.
- Belder, E. den, J. Landure, J. Elderson, M. Vlaswinkel, J. Willemse, F. van Alebeek, P. van Rijn & H. van Gorp, 2008. Green bridges over the winter: consequences for Brassica pests. IOBC/wprs Bulletin Vol. 31, 31-36.
- Belder, E. den, J. Elderson, G.C. Schelling & J.A. Guldmond, 2009. Het functionele landschap: de invloed van landschap en bedrijfsvoering op natuurlijke plaagonderdrukking in spruitkool. Entomologische Berichten 67, 196-199.
- Belder, E. den & J. Elderson, 2009. 'Bovengrondse-ondergrondse biodiversiteit: het effect van bodemroofmijten op tabakstrips.' Verslag van trips-roofmijt experiment 2008. Nota 617, Plant Research International, Wageningen UR.
- Belder, E. den & J. Elderson, 2010. Bovengrondse-ondergrondse biodiversiteit: het effect van bodemroofmijten, stro-mulch en hun combinatie op tabakstrips. Nota 663, Plant Research International, Wageningen UR.
- Belder, E. den, J. Elderson, J., Landure, D. Esselink & R. Smulders, 2011. Genetic structure of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) in the Netherlands related to hosts using microsatellite markers. IOBC/WPRS Working Group Integrated Protection of Field Vegetables. p. 22. 26-9-2011, Kristianstad, Zweden.
- Belder, E. den & D. Volker, 2011. Bovengrondse-ondergrondse biodiversiteit: Bovengrondse-ondergrondse biodiversiteit: het effect van bodemroofmijten, stro-mulch en hun combinatie op tabakstrips. Nota, in prep. Plant Research International, Wageningen UR.
- Bianchi, F.J.J.A., P.W. Goedhart & J.M. Baveco, 2008. Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. Landscape Ecology 23, 595-602.
- Bloem, J, J. Faber, F. Smeding, N. van Eekeren, M. Rutgers & T. Schouten, 2007. Bodemleven en mineralisatie; In grond met meer schimmels spoelt minder stikstof uit. Nieuwe Oogst 23-6-2007, Katern Agrobiodiversiteit, p. 9.
- Bokhorst, J, C. ter Berg, M. Zanen & C. Koopmans, 2008. Mest, compost en bodemvruchtbaarheid; 8 jaar proefveld Mest als Kans, Louis Bolk Instituut.
- Faber, J. & M. Rutgers, 2009. Duurzaam bodembeheer en ecosysteemdiensten van de bodem: aan de slag. Bodem 6, 12-14.
- Faber, J.H. & A. van der Hout, 2009. Introductie van regenwormen ter verbetering van bodemkwaliteit. Wageningen, Alterra-rapport 1905, 60 pp.
- Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont & L.C. Braa, 2009. Ecosysteemdiensten en transitie in bodemgebruik; Maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit. Alterra-rapport 1813, 150 pp.

- Galvan, G.A., I. Paradi, K. Burger, J. Baar, T.W. Kuyper, O.E. Scholten & C. Kik, 2009. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in onion roots from organic and conventional farming systems in the Netherlands. *Mycorrhiza* 19, 317-328.
- Galvan, G.A., T.W. Kuyper, K. Burger, L.C.P. Keizer, R.F. Hoekstra, C. Kik & O.E. Scholten, 2011. Genetic analysis of the interaction between *Allium* species and arbuscular mycorrhizal fungi. *Theor Appl Genet* 122, 947-960.
- Geerts, R., E. den Belder & J. Elderson, 2009. 'Mogelijke effecten van bodembewerking en mulch op roofmijten in de grond: een literatuurstudie'. Nota 649, Plant Research International, Wageningen UR.
- Guldmond, A., 2005. *Leren met Biodiversiteit. Ervaringen en resultaten.* CLM, Louis Bolk instituut.
- Gurp, H. van & J. de Geus *et al.*, 2011. Rapportage LTO FAB II 2010. 's Hertogenbosch: ZLTO Projecten.
- Lahr, J., D. Lammertsma & A. Guldmond, 2011. Biodiversiteit sleutel voor duurzamere landbouw. Nieuwe Oogst, Katern Gewas, zaterdag 22 januari 2011.
- Meerburg, B.G. & R.H.E.M. Geerts, 2010. Functionele agrobiodiversiteit: gebruik natuurlijke vijanden om plagen de baas te worden. *Gewasbescherming* 41 (1), 2-4.
- Meerburg, B.G. & F.A.N. van Alebeek, 2010. Terreineigenaar kan bijdragen aan plaagbestendiger landschap: gewasbescherming. *Het Waterschap* 2010 (2), 24-25.
- Meerburg, B., F. van Alebeek & B. Vosman, 2010. Vertrouwen groeit bij deelnemers FAB. Nieuwe Oogst, Katern Gewas 18 december. 6 (23) 18-19.
- Meerburg, B.G. & H. Korevaar, 2009. Ecologisch beheer van de publieke ruimte: mogelijkheden voor natuurtechnisch dijk-, slootkant- en wegbermbeheer, toegespitst op de Hoeksche Waard. Wageningen: Plant Research International (Rapport/Plant Research International 280), 32 p.
- Meerburg, B.G., H. Korevaar & E. den Belder, 2008. Ecologisch dijkbeheer gezien door de bril van het waterschap: een analyse in de Hoeksche Waard en aangrenzende gebieden Tilburg/Wageningen: ZLTO Projecten/Plant Research International B.V., 37 p.
- Meerburg, B.G. & R.H.E.M. Geerts, 2010. Vogels en vleermuizen in de Hoeksche Waard en hun bijdrage aan Functionele AgroBiodiversiteit (FAB). Nota 655, Plant Research International, Wageningen UR, 29 p.
- Postma-Blaauw, M.B., R.G.M. de Goede, J. Bloem, J.H. Faber & L. Brussaard, 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology* 91, 460-473.
- Postma-Blaauw, M.B., J. Bloem, J.H. Faber, J.W. van Groenigen, R.G.M. de Goede & L. Brussaard, 2006. Earthworm species composition affects the soil bacterial community and net nitrogen mineralization. *Pedobiologia*, 50 (3), 243-256.
- Postma, J., M.T. Schilder, J. Bloem & W.K. van Leeuwen-Haagsma, 2008. Soil suppressiveness and functional diversity of the soil microflora in organic farming systems. *Soil Biology and Biochemistry* 40, 2394-2406.
- Postma, J. & M.T. Schilder, 2009. Bodemweerbaarheid: minder *Rhizoctonia*-aantasting door aanwezigheid van bodembacteriën. *Ekoland* 29 (3), 18-19.
- Postma, J., R.W.A. Scheper & M.T. Schilder, 2010. Effect of successive cauliflower plantings and *Rhizoctonia solani* AG 2-1 inoculations on disease suppressiveness of a suppressive and a conducive soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 804-812.

- Postma, J., E.H. Nijhuis & A.F. Yassin, 2010a. genetic and phenotypic variation among *Lysobacter capsici* strains isolated from *Rhizoctonia* suppressive soils. *Systematic and Applied Microbiology* 33, 232-235.
- Postma, J., M. Schilder & E. Nijhuis, 2010b. Biological control of *Rhizoctonia solani* by stimulation of naturally present antagonistic *Lysobacter* spp. IOBC/WPRS Working Group - Biological control of fungal and bacterial plant pathogens, p. 33. 10-6-2010, Graz, Oostenrijk.
- Postma, J. & M. Schilder, 2010c. Effecten van NKG op ziekteverend vermogen van de bodem. Workshop Niet Kerende grondbewerking (NKG). 21-9-2010, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/161843>.
- Postma, J., M.T. Schilder & R.A. van Hoof, 2011. Indigenous populations of three closely related *Lysobacter* spp. In agricultural soils using real-time PCR. *Microbial Ecology* 62, 948–958.
- Postma, J., M.T. Schilder, O.E. Scholten, J. Bloem & W.K. Haagsma, 2011a. Invloed niet-kerende grondbewerking op bodemweerbaarheid, *Gewasbescherming* 42 (4), 169-172.
- Rijn, P.C.J. van, 2010. Functionele Akkerranden. Rapport voor de provincie Zuid-Holland. 37 p.
- Rizhiya, E., C. Bertora, P.C.J. van Vliet, P.J. Kuikman, J.H. Faber & J.W. van Groenigen, 2007. Earthworm activity as a determinant for N₂O emission from crop residue. *Soil Biology and Biochemistry* 39 (8), 2058-2069.
- Van Groenigen, K.J., J. Bloem, E. Bååth, P. Boeckx, J. Rousk, S. Bodé, P.D Forristal & M.B. Jones. 2010. Abundance, production and stabilization of microbial biomass under conventional and reduced tillage. *Soil Biology and Biochemistry* 42, 48-55.
- Van Os, G. & J. Postma, 2010. Bodemweerbaarheid: hoe krijgen we er grip op? KNPV najaarsbijeenkomst 'Gewasbescherming in goede aarde', 8-12-2010, Wageningen. *Gewasbescherming* 42 (1), 11-12.
- Vosman, B., C.J.H. Booij, F.A.N. van Alebeek, J.M. Baveco & J.H. Faber, 2009. Functionele agrobiodiversiteit. Betere benutting van biodiversiteit leidt tot een duurzamere landbouw. *Ekoland* 29 (1). - p. 32-33.
- Vosman, B., H. Baveco, E. den Belder, J. Bloem, K. Booij, G. Jagers op Akkerhuis, J. Lahr, J. Postma, K. Verloop & J. Faber, 2007. Agrobiodiversiteit; kansen voor een duurzame landbouw. Rapport 165 Plant Research International, Wageningen.
- Wensem, J. van & J.H. Faber, 2007. Ecosysteembenadering als innoverend concept voor bevordering van duurzame bodemkwaliteit. *Bodem* 17(4), 153-156.

Overige literatuur

- Alebeek, F. van, 2005. Instrumentenkaart natuurlijke vijanden - waarnemen. PPO, CLM, Louis Bolk Instituut.
- Alebeek, F.A.N van & O.A. Clevering, 2005. Gebiedsplan FAB Hoeksche Waard. Naar een aantrekkelijk platteland met een natuurlijke omgeving als probleemoplosser voor het agrarisch bedrijf. Lelystad, PPO-AGV, Intern rapport projectnr. 500041, 48 blz.
- Balen, D. van, 2009. De plus- en minpunten van grondbewerking. Ekoland 6, 25-26.
- Belder, E. den, 2000. Gewasbescherming en biodiversiteit: een functionele relatie. Gewasbescherming, 30, 165-169.
- Belder, E. den, 2000. Gewasbescherming en biodiversiteit: kansen voor plaagbeheersing in prei? 31, 33-37.
- Belder, E. den, J. Elderson, W.J. van den Brink & G. Schelling, 2002. Effect of woodlots on thrips density in leek fields: a landscape analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 91, 139-145.
- Bianchi, F.J.J.A., C.J.H. Booij & T. Tscharntke, 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273, 1715-1727.
- Bianchi, F., N.A. Schellhorn, Y.M. Buckley & H.P. Possingham, 2010. Spatial variability in ecosystem services: simple rules for predator-mediated pest suppression. Ecological Applications 20, 2322-2333.
- Bianchi, F.J.J.A., N.A. Schellhorn & W. van der Werf, 2009. Predicting the time to colonization of the parasitoid *Diadegma semiclausum*: The importance of the shape of spatial dispersal kernels for biological control. Biological Control 50, 267-274.
- Bockus, W.W. & J.P. Shroyer, 1998. The impact of reduced tillage on soil borne plant pathogens. Annual Review of Phytopathology 36, 485-500.
- Chaplin-Kramer, R., M.E. O'Rourke, E.J. Blitzer & C. Kremen, 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecology Letters 14, 922-932.
- Dehne, H.W., 1982. Interaction Between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Pathogens. Phytopathology 72,1115-1119.
- Guldmond, J.A., W.T. Tigges & P.W.F. de Vrijer, 1994. Host races of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on cucumber and chrysanthemum. Environ. Entomol. 23, 1235-1240.
- Karg, W., 1983. Verbreitung und Bedeutung von Raubmilben der Cohors Gamasina als Antagonisten von Nematoden. Pedobiologia 25, 419-432.
- Kasprovicz, L., G. Malloch, J. Pickup & Fenton, B., 2008. Spatial and temporal dynamics of *Myzus persicae* clones in fields and suction traps. Agricultural and Forest Entomology 10, 91-100.
- Margosian, M.L., K.A. Garrett, J.M.S. Hutchinson & K.A. With, 2009. Connectivity of the American agricultural landscape: Assessing the national risk of crop pest and disease spread. BioScience 59, 141-151.
- Messelink, G., R. Van Holstein & R. Saj, 2008. Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite *Macrocheles robustulus* (Berlese). Bulletin OILB/SROP 32, 135-138.
- Reichenbach, H., 1992. The genus *Lysobacter*. In: Balows, A., Trüper, H.G., Dworkin, M., Harder, W., Schleifer, K.-H. (eds.) The Prokaryotes, second edition A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications, vol. IV. Springer-Verlag, New York, pp. 3256-3275.
- Rusch, A., M. Valantin-Morison, J.P. Sarthou & J. Roger-Estrade, 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems. Effects of crop management, farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: A review, Advances in Agronomy, pp. 219-259.

- Scheele, H. & H. van Gorp, 2007b. Eindrapportage FAB 2005-2007. LTO Projecten, Tilburg. 47 blz.
- Schellhorn, N.A., S. Macfadyen, F. Bianchi, D.G. Williams & M.P. Zalucki, 2008. Managing ecosystem services in broadacre landscapes: what are the appropriate spatial scales? *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 1549-1559.
- Shelton, A.M., J.Z. Zhao, B.A. Nault, J. Plate, F.R. Musser & E. Larentzaki, 2006. Patterns of insecticide resistance in *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. *Journal of Economic Entomology* 99, 1798-1804.
- Smeding, F., J. Bokhorst & C. ter Berg, 2005. Instrumentenkaart bodemkwaliteit. PPO, CLM, Louis Bolk Instituut.
- Smeding, F., A. Visser, F. van Alebeek & A. Guldemond, 2006. Sleutels tot samenhang, Biodiversiteit op bedrijfsniveau. Louis Bolk instituut, CLM, PPO.
- Singh, R., A. Adholeya & K.G. Mukerji, 2000. Mycorrhiza in control of soil-borne pathogens. In: Mukerji, K.G., Chamola, B.P., Singh, J. (eds.) *Mycorrhizal biology*. Kluwer, New York, pp. 173-196.
- Termorshuizen, A.J., E. van Rijn, D.J. van der Gaag, C. Alabouvette, Y. Chen, J. Lagerlof, A.A. Malandrakis, E.J. Paplomatas, B. Ramert, J. Ryckeboer, C. Steinberg & S. Zmora-Nahum, 2006. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 2461-2477.
- Tscharntke, T., T.A. Rand & F.J.J.A. Bianchi, 2005. The landscape context of trophic interactions: Insect spillover across the crop-noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici* 42, 421-432.
- Van den Brink, L., 2008. Effect van mycorrhiza schimmels in zaaiuien bij twee niveaus van stikstofbemesting en twee niveaus van ziektebestrijding. Wageningen UR PPO, Intern Rapport.
- Weide, R. van der, F. van Alebeek & R. van den Broek, 2008. En de boer, hij ploegde niet meer? Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO project nr. 3250128700).