



Agrobiodiversiteit, kansen voor een duurzame landbouw

Ben Vosman, Hans Baveco, Eefje den Belder, Jaap Bloem, Kees Booij,
Gerard Jagers op Akkerhuis, Joost Lahr, Joeke Postma, Koos Verloop & Jack Faber





Agrobiodiversiteit, kansen voor een duurzame landbouw

Ben Vosman¹
Hans Baveco²
Eefje den Belder¹
Jaap Bloem²
Kees Booij¹
Gerard Jagers op Akkerhuis²
Joost Lahr²
Joeke Postma¹
Koos Verloop¹
Jack Faber²

¹ Plant Research International

² Alterra

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

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

Plant Research International

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

Alterra

Adres : Droevendaalsesteeg 3, Wageningen
: Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 47 00
Fax : 0317 - 41 90 00
E-mail : info.alterra@wur.nl
Internet : www.terra.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Voorwoord	1
Begeleidingscommissie	3
Leeswijzer	5
Dankwoord	7
Samenvatting	9
1. Inleiding	11
2. Kansen voor plaagbeheersing	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Beheersing van tabakstrips in prei door GBDA en teeltwisseling	17
2.3 Beheersing van rupsen en bladluizen in spruitkool	18
2.4 Natuurlijke vijanden in GBDA	22
2.5 Discussie	22
3. Bodemgezondheid; wering van ziekten en plagen	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Plaagwering door bodemmaatregelen	27
3.2 Ziektewering door bodemmaatregelen	29
3.4 Maatregelen om ziekten en plagen beter te weren	32
4. Bodemgezondheid, bodemleven en nutriënten	35
4.1 Inleiding	35
4.2 De invloed van vruchtwisseling	36
4.3 De invloed van bemesting	37
4.4 Conclusie	39
5. Functionele agrobiodiversiteit (FAB) op melkveebedrijven	41
5.1 Inleiding	41
5.2 FAB en het bedrijfssysteemonderzoek	41
5.3 Biologische richtingwijzers en Grassen die Passen	42
5.3.1 De 'First Post', indicator van juiste <i>timing</i> bemesting grassland	43
5.3.2 Grassen die passen	43
5.4 Conclusies en aanbevelingen	45

6.	Begeleidende biodiversiteit	47
6.1	Inleiding	47
6.2	Het belang van het agrarisch gebied voor de soortenrijkdom	47
6.3	Bepalende factoren op landschaps- en gebiedsniveau	49
6.4	Maatregelen & factoren op bedrijfsniveau	51
6.5	Conclusies	52
7.	Synthese	55
7.1	Inleiding	55
7.2	Bovengrondse biodiversiteit	56
7.2.1	Schaalniveau 'regio'	57
7.2.2	Schaalniveau bedrijf	57
7.2.3	Schaalniveau perceel	58
7.3	Synthese Bodembiodiversiteit	58
7.4	Synthese boven- en ondergrondse biodiversiteit	61
7.4.1	Bovengrondse ziekten en plagen met levensfase in de bodem	62
7.4.2	Invloed van bovengrondse factoren op bodemleven	62
7.4.3	Mestfauna met boven- en ondergrondse invloeden	64
7.3.4	Van algemene principes tot maatregelen	64
7.5	Afweging	65
8.	Aanbevelingen	67
8.1	Beleid	67
8.1.1	Beleidskader	67
8.1.2	Aanbevelingen	67
8.2	Boeren	68
8.3	Onderzoek	70
8.4	Onderwijs	72

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het beleidsondersteunende onderzoeksprogramma DLO 432 Agrobiodiversiteit. En ik ben trots op de resultaten die geboekt zijn.

Terugkijken op vier jaar onderzoek zie ik dat er flinke resultaten zijn geboekt en het enthousiasme voor het onderwerp alleen maar is gegroeid. Bij aanvang werd nagedacht over de kansen voor het beter benutten van biodiversiteit in de landbouw. De eerste ervaringen en onderzoeken wezen uit dat dit écht betekenis kon hebben voor boeren, bijvoorbeeld akkerranden voor natuurlijker plaagbeheersing. Maar er waren nog wel veel vragen. Vragen om onderbouwing maar ook toetsing in de praktijk. Ook tijdens de rit zijn er vragen bijgekomen zoals naar de mogelijkheden bij spruitkool en in de melkveehouderij.

Ondanks dat het onderzoeksthema jaren terug soms met scepsis werd ontvangen, hebben medewerkers bij het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en de Wageningen Universiteit (WUR) zich er hard voor gemaakt. Dat is een groot goed.

Want in onderliggend rapport vindt u resultaten van vier jaar onderzoek, uitgevoerd door de WUR, in opdracht van het ministerie van LNV. Het resultaat is een diversiteit aan onderzoek, over groenblauwe dooradering, bodemgezondheid en bodemleven, nutriënten, koeien en kansen en functionele en begeleidende biodiversiteit. De resultaten zijn daarbij zo veel mogelijk vertaald naar bruikbare maatregelen voor agrarische ondernemers ten behoeve van een duurzame voedselproductie, zoals aanbevelingen voor de rotatie en aanleg van bloemstroken.

Al die onderzoeken tezamen leiden tot conclusies die zich laten vertalen naar maatregelen en aanbevelingen voor verschillende doelgroepen. En hoewel bijvoorbeeld sommige aanbevelingen nog moeten onderbouwd met praktijkproeven geven we wel richting én laten ze zien dat we een stap gemaakt hebben; van vermoeden naar vertrouwen. Vertrouwen dat het een in potentie een prachtig concept kan zijn richting verduurzaming van de landbouw. Daarom investeren we in opnieuw vier jaar onderzoek. We zien dat als een basis onder verdere kennisontwikkeling en verspreiding; van wetenschappelijke kennis naar praktijkervaringen en vervolgens naar kennisverspreiding en toepassing. De tijd is nu rijper dan ooit om de kennis die hier maar ook elders is opgedaan te verspreiden. Dat gebeurt onder andere via het stimuleringsprogramma agrobiodiversiteit en duurzaam bodembeheer (SPADE).

Speciale dank gaat uit naar de leden van de begeleidingscommissie, in het bijzonder naar programmaleider Ben Vosman (PRI), de programmasecretaris Jack Faber (Alterra) en voormaligvoorzitter van de begeleidingscommissie Hans Brand (LNV).

Lisette Louwman-Soeters
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Directie Landbouw
Den Haag, december 2007

Begeleidingscommissie

Lisette Louwman-Soeters	(voorzitter, LNV, Directie Landbouw)
Edo Knegtering	(LNV, Directie Natuur)
Frans Smeding	(Louis Bolk Instituut)
Adriaan Guldemon	(Centrum voor Landbouw en Milieu)
Gert Eshuis	(Ministerie van VROM Directie Water, Bodem en Landelijk Gebied)
Marian Hopman	(LNV, Directie Platteland)
Frits Schroën	(LNV, directie Kennis)
Hans Schollaart	(LNV, Directie Landbouw)
Teun de Waard	(ZLTO)
Ben Vosman	(programmameider, PRI))
Jack Faber	(programmasecretaris, Alterra)

Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk wordt uitgelegd wat er wordt verstaan onder functionele agrobiodiversiteit, “wat de vragen van LNV waren bij aanvang van het onderzoek en hoe het onderzoek is uitgevoerd”.

Hoofdstuk 2 bevat de resultaten omtrent de kansen voor plaagbeheersing met behulp van biodiversiteit door middel van groenblauwe dooradering (GBDA).

In het derde hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd over bodemgezondheid, wering van ziekten en plagen ten behoeve van de transitie naar een duurzame landbouw. Hierin wordt ingegaan op hoe bodemlevensgemeenschappen zich aanpassen onder invloed van veranderende teeltmaatregelen.

Bodemgezondheid wordt vervolgd in hoofdstuk 4, waar wordt ingegaan op bodemleven en de nutriënten.

Het daarop volgende hoofdstuk bevat de ervaringen van het onderzoek ‘Koeien & Kansen’ over het nuttig inzetten van agrobiodiversiteit op verschillende melkveebedrijven. Er wordt dan vooral ingegaan op de mineralenstroom op deze bedrijven.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten van het onderzoek over agrobiodiversiteit gepresenteerd, waarbij in het onderzoek geen onderscheid is gemaakt tussen functionele en begeleidende agrobiodiversiteit.

Het volgende hoofdstuk bevat de synthese van antwoorden op de kennisvragen, die bij aanvang van het onderzoek zijn gesteld door LNV.

In het laatste hoofdstuk worden de conclusies vertaald naar maatregelen en aanbevelingen gedaan voor de verschillende doelgroepen.

Dankwoord

Aan dit rapport hebben veel mensen bijgedragen. Onderzoekers en technisch assistenten van Wageningen UR en andere bij dit programma betrokken personen. 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 met agrobiodiversiteit. Verschillende leden van de begeleidingscommissie hebben ook commentaar gegeven op eerdere versies van het rapport waardoor het in onze ogen sterk is verbeterd en voor een grotere groep mensen bruikbaar is geworden. In het bijzonder willen we Hans Brand en Lisette Louwman-Soeters van de Directie Landbouw bedanken voor hun inzet als voorzitter van de begeleidingscommissie. Dank zij hen staat agrobiodiversiteit nog steeds duidelijk op de agenda van LNV. Tot slot willen we ook nog Martijn de Groot bedanken voor het redigeren van de tekst.

Ben Vosman en Jack Faber
Wageningen, december 2007

Samenvatting

Een betere benutting van de biologische diversiteit maakt de landbouw minder afhankelijk van externe input zoals chemische gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest en wordt daarom gezien als de sleutel tot een meer duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde landbouw.

Bij deze zogenaamde agrobiodiversiteit gaat het om drie samenhangende onderdelen: (1) het erfelijk materiaal voor dieren, planten en micro-organismen, (2) de organismen en processen die de zogenaamde ecosysteemdiensten (zoals ziektevering en bodemvruchtbaarheid) leveren voor de landbouwproductie en (3) de biologische en landschappelijke elementen die bestaan dankzij de landbouw.

Agrobiodiversiteit kan betrekking hebben op een enkele akker, maar ook op een hele regio. Strategieën voor het optimaal benutten van agrobiodiversiteit moeten dus verder kijken dan het boerenbedrijf alleen.

Het ministerie van LNV heeft aan Wageningen UR gevraagd om onderzoek te doen aan de hand van drie vragen: kunnen landschappelijke maatregelen op bedrijfsniveau bijdragen aan plaagbeheersing, helpt bodembiodiversiteit bij het weren van ziektes en het bevorderen van de bodemvruchtbaarheid, en hoe zijn boven- en ondergrondse biodiversiteit met elkaar verbonden?

Dit verkennende onderzoek is uitgevoerd in het DLO-programma Agrobiodiversiteit door Plant Research International en Alterra. Daarover gaat dit verslag, waarin achtereenvolgens aan de orde komen: de mogelijkheden van groenblauwe dooradering (zoals houtwallen en sloten) bij plaagonderdrukking, de invloed van bodemkwaliteit op het weren van ziektes, de invloed van het bodemleven op de beschikbaarheid van nutriënten, de mogelijkheden op melkveebedrijven en de relatie tussen de landbouw en de zogenaamde begeleidende biodiversiteit.

In het onderzoek is samengewerkt met bestaande praktijknetwerken zoals de projecten Functionele AgroBiodiversiteit (FAB), BIOM en Koeien & Kansen. Veel onderzoek werd uitgevoerd op boerenbedrijven daarnaast zijn er ook laboratoriumproeven en computersimulaties uitgevoerd.

Groenblauwe dooradering (GBDA) heeft in het algemeen invloed op het voorkomen van ziekten en plagen, al of niet via natuurlijke vijanden, zo blijkt uit het eerste deel van het onderzoek. Veel hangt daarbij af van de combinatie van verschillende landschapselementen, die elkaars effect kunnen versterken of juist hinderen. Ruimtelijke variatie en spreiding van gewassen, een ruime vruchtwisseling en de afwezigheid van intensieve tuinbouwgewassen blijken allemaal positief te werken op de onderdrukking van plagen. Voor een optimale plaagbeheersing is dus goed overleg tussen boeren en terreinbeheerders in de regio nodig.

Het deelonderzoek naar de invloed van bodemkwaliteit bracht een negatieve invloed aan het licht van grondbewerking op de daar levende natuurlijke vijanden van tabakstrips, een belangrijk probleem in verschillende gewassen. De nabijheid van natuur rond de akker was een belangrijke factor in het voordeel van die vijanden. Het opnemen van gras-klover in de rotatie, zoals gebruikelijk in de biologische bedrijfsvoering, bleek een aanzienlijk effect te hebben op Rhizoctonia aantasting in suikerbiet. Er is aanleiding om het effect van sommige gewassen op deze aantasting verder te onderzoeken. Ook werd duidelijk dat het weren van schurft beter gaat bij een hogere verhouding van schimmels en bacteriën. Het is nog niet duidelijk hoe die verhouding zo gunstig mogelijke wijze kan worden beïnvloed. Ook de effecten van bemesting op het ziektevering vermogen zijn nog onduidelijk.

Omzetting van grasland in bouwland, en grondbewerkingen in het algemeen, hebben een negatief effect op het bodemleven, vooral op grotere bodemdieren en schimmeldraden. De soortverscheidenheid vermindert en daarmee ook de functies die door die soorten worden vervuld zoals het op peil houden van het organische-stofgehalte door regenwormen.

Ook kunstmest heeft een negatief effect op bodemleven, vooral op regenwormen en schimmels. Organische mest daarentegen bevordert met name regenwormen, nematoden, bacteriën en de stikstofmineralisatie. Gematigde bemesting zorgde voor meer schimmels in de grond. Dit gaat gepaard met lagere uitspoeling van stikstof omdat de nutriënten beter worden vastgehouden door het bodemleven.

Onderzoek op melkveebedrijven in het project Koeien en Kansen stuitte op tegenstrijdigheden tussen maatregelen die vanuit biodiversiteits oogpunt gewenst zijn en maatregelen gericht op een verstandig mineralenbeheer. Zo is een groot aandeel (ouder) grasland op een bedrijf goed voor het bodemleven, maar minder gunstig voor het gebruik van stikstof. Mais vraagt veel minder kunstmest, maar leidt tot veel minder bodemleven. In dit deel van het onderzoek bleek ook dat verschillende planten als zogenaamde biologische richtingwijzers kunnen dienen om het optimale tijdstip voor de eerste bemesting te bepalen, met minder stikstofverliezen als gevolg. Ervaringen met genetisch brede grasmengsels als alternatief voor de standaard mengsels lijken veelbelovend voor de voederwaarde en productiviteit. Melkveehouders zijn graag bereid om mee te denken over de bijdrage van agrobiodiversiteit en willen ook experimenteren met oplossingen voor problemen op hun bedrijf. De aansluiting tussen onderzoek naar FAB en het bedrijfsniveau is echter nog niet optimaal omdat resultaten van dat onderzoek meestal op perceels- of gewasniveau beschikbaar komen. Als dat zou veranderen, zou de belangstelling van melkveehouders toenemen.

De begeleidende biodiversiteit varieert sterk op zowel perceels- en regionale schaal, zo blijkt in het daarop gerichte onderzoek. Van invloed zijn bedrijfsbeslissingen over gewassen maar ook de aanwezigheid van bloemrijke akker-randen en andere groenblauwe dooradering waarbij ieder type een verschillende invloed heeft op ieder verschillend gewas. Ook de landschappelijke kenmerken van de omgeving hebben belangrijke invloed op de agrobiodiversiteit op het bedrijf.

De ondergrondse biodiversiteit is afhankelijk van een samenspel van verschillende factoren, zoals grondbewerking, gewaskeuze, grondsoort, organisch stofgehalte en bemesting.

Zo'n vijf procent van alle planten en dieren in ons land is voor zijn voortbestaan aangewezen op het agrarisch gebied. Deze 1300 soorten moeten buiten de Ecologische Hoofdstructuur om worden beschermd. Dit vraagt om aanvullend beleid. Verbetering van de milieukwaliteit in landbouwgebieden kan overigens het overleven van nog veel meer dan die dertienhonderd soorten bevorderen.

Het onderzoeksprogramma heeft geleid tot een groot aantal aanbevelingen voor beleid, boer, onderzoek en onderwijs. Vaak zijn aanbevelingen wel gebaseerd op het hier beschreven onderzoek maar nog onvoldoende onderzocht en onderbouwd om meer dan alleen een bepaalde *richting* aan te kunnen geven. Daarvoor is aan de ene kant nog meer onderzoek nodig, aan de andere kant zit er ook een duidelijk patroon in de gevonden resultaten dat er op wijst dat veel zaken aan elkaar gerelateerd zijn en dat tal van factoren een rol spelen. Dikwijls is een bepaalde maatregel dus niet eenduidig goed of slecht, maar valt alleen iets over het effect te zeggen in de context van een concreet bedrijf. Het is daarom zaak om die relaties verder te onderzoeken. Daarbij moeten voor- en nadelen, maar ook mogelijkheden en onmogelijkheden van bovengrondse maatregelen op bedrijfs- en regioniveau tegen elkaar worden afgewogen. Voor bodemaatregelen kan op perceelsniveau maatwerk worden geleverd.

De afweging van maatregelen ter bevordering van FAB is voornamelijk een complexe aangelegenheid waar veel nieuwe kennis bij komt kijken. In de praktijk zal dat een grote kennisbehoefte meebrengen en goede communicatie vereisen.

1. Inleiding

Een betere benutting van de biodiversiteit in de landbouw - agrobiodiversiteit – maakt de landbouw minder afhankelijk van externe input, zoals gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest. De kwaliteit van het agrarische product, het productieproces en de kwaliteit van de productieomgeving worden duurzaam in balans gebracht¹. Betere benutting van biodiversiteit wordt daarom gezien als de sleutel tot een meer duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde landbouw.

Wat is agrobiodiversiteit?

De Beleidsbrief Biodiversiteit in de Landbouw² beschrijft agrobiodiversiteit als

Het geheel aan plantaardige en dierlijke genetische bronnen, bodem- en micro-organismen, insecten en andere flora en fauna in agro-ecosystemen, alsmede elementen van natuurlijke habitats die relevant zijn voor agrarische productiesystemen.

Die definitie laat zien dat het om drie onderling samenhangende aspecten gaat:

Genetische bronnen: het erfelijk materiaal voor dieren, planten en micro-organismen, met een bestaande of potentiële waarde voor de mens. In afnemende grootte gaat het om rassen of variëteiten van gedomesticeerde dieren en gewassen, reproductieve delen van organismen en erfelijke bouwstenen.

Functionele biodiversiteit: de organismen en processen die als onderdeel van biodiversiteit in de landbouw productieondersteunend werken, dus ecosysteemdiensten verschaffen (zie hieronder). Dit zijn planten en dieren die van nut zijn voor de landbouwproductie.

Begeleidende biodiversiteit: de biologische en landschappelijke elementen die bestaan dankzij de landbouwpraktijk. Dit zijn organismen die een indirecte relatie hebben met de agrarische productie en een onderdeel vormen van het agro-ecosysteem, zoals weidevogels, het leven in de boerensloot en in landschapselementen.

Onder ecosysteemdiensten worden biologische productiefactoren verstaan zoals bestuivers, natuurlijke vijanden van ziekten en plagen (rovers en parasieten) en het bodemleven, die positief bijdragen aan de kwaliteit van het agrarische ecosysteem. Het kan daarbij gaan om bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur en ziekteonderdrukking (onder andere regenwormen, schimmels en bacteriën), of om nutriëntencycli, behoud van de waterkringloop, voorkomen van erosie en de vastlegging van atmosferische koolstofdioxide (CO₂) in organische stof.

Uit het voorgaande blijkt dat agrobiodiversiteit schaalniveaus kan omvatten die kunnen uiteenlopen van de enkele akker tot de regio waarin het bedrijf is gelegen en wellicht nog hogere schaalniveaus. De boer maakt keuzes voor de gewassen, de bemesting en grondbewerking. Niet alleen zijn handelen is echter van belang, ook de omgeving speelt een belangrijke rol. Landschapelementen hebben invloed op bijvoorbeeld het voorkomen van ziektes en plagen in de gewassen die de boer teelt. Waterschappen en wegbermbeheerders, die sloten en gronden langs de akkers beheren, beïnvloeden met hun handelen ook de teelt van de boer. De boer kan dus niet alle relevante factoren zelf beheersen maar is ook sterk afhankelijk van het handelen van derden. Bij het opzetten van strategieën voor het optimaal benutten van agrobiodiversiteit moeten we dus verder kijken dan het boerenbedrijf alleen.

De vragen van LNV

Om een betere benutting van agrobiodiversiteit te bereiken is een verandering nodig in het denken en handelen in de Nederlandse landbouw, een *transitie*. Van de resultaten van zo'n transitie profiteert niet alleen de boer maar iedereen. Een gebied dat agrobiodiversiteit beter benut ziet er aantrekkelijker uit voor recreanten en is waardevoller voor lokale bewoners. Landbouw wordt hierdoor steeds meer multifunctioneel. De transitie naar een duurzamer landbouw – waarvan agrobiodiversiteit een onderdeel is – leidt tot een maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde landbouw (people, planet profit).

¹ Beleidsbrief Biodiversiteit in de Landbouw, TRC 2004/7758, 2004

² Zie 1)

Om die transitie te ondersteunen heeft het ministerie van LNV aan Wageningen UR gevraagd om onderzoek uit te voeren, dat antwoord moest geven op de beleidsvragen die het in de Kaderbrief van 2004 als volgt geformuleerd had:

- *Is het mogelijk om op bedrijfsniveau plagen te beheersen door de inrichting van het landschap en door een groene dooradering, al dan niet in combinatie met bedrijfs- of teeltmaatregelen?*
- *Wat is de rol van bodembiodiversiteit in het ziekteverend vermogen en de natuurlijke bodemvruchtbaarheid?*
- *Wat zijn de relaties tussen bovengrondse- en bodembiodiversiteit in agrarische ecosystemen?*

Uitgangspunten en onderzoek

In het DLO-programma Agrobiodiversiteit zijn de kansen voor het beter benutten van biodiversiteit verkend. De gedachte daarbij was dat er nog veel kansen liggen in een betere benutting van de agrobiodiversiteit die echter nog methodiekontwikkeling nodig hebben, met name op de ecosysteemdienst ziekte- en plaagregulatie, om praktisch uitvoerbaar te worden. Binnen het programma, dat door PRI en Alterra is uitgevoerd, stonden daarom twee thema's centraal:

- het benutten van natuurlijke vijanden voor de regulatie van plagen in gewassen en
- de rol van bodembiodiversiteit in bodemgezondheid, nutriëntenbeschikbaarheid en natuurlijke ziekte- en plaagwering.

In het eerste onderdeel werden mogelijkheden verkend om gebruik te maken van biodiversiteit in de vorm van Groen-Blauwe Dooradering (GBDA) voor het onderdrukken van plaaginsecten (hoofdstuk 3). Dit thema leverde onder meer kwantitatieve kennis op en inzicht in sturingsmogelijkheden op bedrijfs- en landschapsniveau. Omdat de effectiviteit van de plaagregulatie nauw samenhangt met de structuur van het landschap zijn ontwerpregels voor landschappen met verbeterde plaagregulatie opgesteld en is een methode ontwikkeld voor zogenaamde kansrijkdomkaarten voor plaagonderdrukking. Die bieden inzicht in de gebieden die de beste kansen bieden voor plaagregulatie op basis van aanwezige GBDA.

Binnen het tweede thema, 'bodemgezondheid, nutriënten en wering van ziekten en plagen' was het doel om praktisch toepasbare bodembioïologische indicatoren te ontwikkelen voor bodemkwaliteit, alsmede toetsen om het ziekteverend vermogen van de bodem te bepalen (hoofdstukken 4 en 5). Ook hier is kennis uit voortgekomen over effecten van teeltmaatregelen op biodiversiteit, bodemkwaliteit en/of ziektevering. Op dit punt bestaat er een directe relatie met het project 'Bodembioïologische Indicator' van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, waarbij werd bijgedragen aan monitoring van bodemleven op bedrijven in Nederland. Tenslotte is er gezocht naar biologische indicatoren die de boer kan gebruiken voor het bepalen van het juiste tijdstip van de eerste mestgift.

Ook naar de begeleidende biodiversiteit is onderzoek gedaan (hoofdstuk 6). Deze omvat ook soorten die een natuurwaarde hebben of een belangrijke rol spelen in het ecosysteem. Nederland dient voor het Biodiversiteitsverdrag alle soorten op haar grondgebied te beschermen. Omdat het grootste deel (ca. 70%) van terrestrisch Nederland landbouwgrond is, is de vraag onderzocht hoe belangrijk het agrarisch gebied is voor het behoud van de soortdiversiteit van Nederland. Typische agrarische soorten zouden namelijk niet automatisch door de Ecologische Hoofdstructuur beschermd worden.

Werkwijze

Om de kans op implementatie van de uit het onderzoek verworven kennis zo groot mogelijk te maken is waar mogelijk samengewerkt met bestaande praktijknetwerken van boeren. Het door LTO geïnitieerde project Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) heeft in dit verband een heel belangrijke rol gespeeld. Met praktijknetwerken als BIOM en Koeien & Kansen is nauw samengewerkt binnen het thema 'bodemgezondheid, nutriënten en wering van ziekten en plagen'.

Behalve met de praktijk was er ook een nauwe koppeling met ander wetenschappelijk onderzoek naar functionele agrobiodiversiteit, binnen en buiten de betrokken instituten. Een aantal projecten was gekoppeld met onderzoek van Wageningen Universiteit, het NIOO, het RIVM of met onderzoeksgroepen over Europa (o.a. via additionele EU financiering) en participatie in werkgroepen.

Door de nauwe koppeling met de praktijknetwerken vond veel onderzoek op boerenbedrijven zelf plaats. Daartoe is het echter niet beperkt gebleven. Waar nodig zijn ook laboratoriumproeven en computersimulaties uitgevoerd. In de volgende hoofdstukken zullen de resultaten van het onderzoek worden besproken en worden perspectieven geschetst voor beleid, praktijk en wetenschap.



2. Kansen voor plaagbeheersing³

2.1 Inleiding

Kennis over de rol van de groenblauwe dooradering (GBDA) bij het overleven en de verspreiding van plaagsoorten en hun natuurlijke vijanden kan in de toekomst worden ingezet bij het inrichten van een plaagonderdrukkend landschap. Daarom is onderzoek gedaan naar maatregelen op bedrijven en in het landschap die de functionele biodiversiteit bevorderen. Er zijn verschillende van zulke maatregelen. Op de percelen van een bedrijf kunnen plagen worden teruggedrongen door vruchtwisseling, door de inzet van teelten die de plaagdruk verminderen of die de natuurlijke plaagbeheersing versterken, en door ruimtelijke spreiding van percelen. Op bedrijven en in het omringende landschap kunnen akkerranden, heggen en bosjes de plaagonderdrukking ondersteunen. Bij het onderzoek zijn we uitgegaan van de volgende algemene hypothesen:

- Groenblauwe dooradering kan een belangrijke bron zijn van natuurlijke vijanden zoals sluipwespen, zweefvliegen, en lieveheersbeestjes (Fig. 2.1). Door in de buurt van de productiepercelen gunstige leefomstandigheden te scheppen voor deze nuttige insecten, kunnen we hun aantallen verhogen;
- Bepaalde landschapselementen kunnen bijdragen aan de verspreiding van of juist een barrière vormen voor sommige plagen en natuurlijke vijanden;
- Variatie in ruimte en tijd van gewassen op percelen en groenblauwe dooradering in het landschap kunnen bijdragen aan de toename van natuurlijke vijanden en plagen.



Figuur 2.1. Een larve van een lieveheersbeestje op weg naar de volgende melige koolluiskolonie.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van maatregelen op en om het bedrijf, die naar verwachting leiden tot een betere plaagbeheersing. Dat kan zijn door het tegengaan van de ontwikkeling van het gewas en de plaag of door het beperken van de migratie van plagen, bijvoorbeeld met meer variatie in de ruimte. Wanneer percelen met verschillende gewassen worden afgewisseld kan de waarneming van de waardplant door de plaagsoort worden beïnvloed door camouflage (optisch) of door verwarring door een veelheid aan geurstoffen (olfactorisch). Andere maatregelen kunnen het overleven en de verspreiding van natuurlijke vijanden bevorderen door overwinteringsmogelijkheden of alternatieve voedselbronnen te bieden, in permanente of meer tijdelijke elementen van de dooradering.

³ Auteurs: Eefje den Belder, Hans Baveco, Gerard Jagers op Akkerhuis

Het hier gerapporteerde onderzoek is, zoals hiervoor uiteengezet, gericht op maatregelen die ervoor zorgen dat landschapselementen de natuurlijke vijanden en de onderdrukking van plaagsoorten maximaal stimuleren, met name koolplagen en trips. Dit onderzoek heeft zich dus gericht op beleidsvraag 1 uit het inleidende hoofdstuk. De resultaten bevestigen onze verwachting dat een grotere afstand tussen de productiepercelen een verminderde plaagdruk oplevert, en dat het gebruik van groenblauwe dooradering effectief kan zijn. We vonden namelijk belangrijke verschillen in plaagonderdrukking tussen landschappen met meer of minder GBDA (inclusief bos). Ook laten de resultaten zien dat de effecten van verschillende soorten landschapselementen uiteenlopen. Niet iedere leefomgeving is voor iedere soort geschikt. GBDA die voor de ene soort een barrière vormt bleek voor de ander een prima verspreidingsroute. In dit hoofdstuk worden resultaten voor verschillende plaagsystemen naast elkaar gezet.

Tabel 2.1. *Overzicht van mogelijke maatregelen op en om het bedrijf in relatie met plaagontwikkeling.*

Hoge kans op plaagontwikkeling	Lage kans op plaagontwikkeling
Variatie in de tijd <i>Monocultuur</i>	<i>Gewas rotatie</i>
Continue productie van dezelfde gewassen	Variatie in gewassen en/of tussenteelten
Asynchrone beplanting	Synchrone beplanting
Gunstige plantdatum	Ongunstige plantdatum voor de plaag
Variatie in de ruimte <i>Groot perceel</i>	<i>Klein perceel</i>
Percelen aan elkaar grenzend	Percelen verspreid en gescheiden door groene dooradering
Grofmazige dooradering	Fijnmazige dooradering
Weinig natuurlijke elementen in het landschap	Veel natuurlijke elementen in het landschap
Kale strook naast productieperceel	Bloemenrand/grasrand naast productieperceel

Het onderzoek

De natuurlijke plaagbeheersing is onderzocht op een reeks bedrijven, die verschilden in bedrijfsvoering, in de aanwezigheid van GBDA en de dichtheid van naburige bedrijven in het landschap. Het onderzoek omvatte de aanwezigheid van trips op prei, de bestrijding van bladluizen en rupsen in spruitkool en de rol van GBDA als leefomgeving voor natuurlijke vijanden. Het onderzoek aan trips op prei vond voornamelijk plaats op gangbare bedrijven terwijl het onderzoek aan spruitkool juist uitsluitend plaatsvond op biologische bedrijven. De bijdrage van GBDA aan populaties van natuurlijke vijanden is onderzocht in GBDA elementen in Twente en Brabant. De invloed van GBDA in het landschap vormde een belangrijk onderdeel van alle proeven.

De invloed van ruimtelijke eigenschappen van het bedrijfsplan en van het landschap is in grote lijnen op de volgende manier bepaald. Op locaties, verspreid door Nederland zijn in percelen met een bepaald gewas of in de GBDA metingen verricht van de dichtheid van een plaagsoort, van de predatie- of parasiteringsdruk of van de aanwezigheid van biologische vijanden. Rondom deze locaties zijn landschap en landgebruik geanalyseerd binnen een range van afstanden. Een van de vragen in het onderzoek was of een grotere dichtheid van een landschapselement binnen een bepaalde afstand leidt tot een hoger percentage geparasiteerde rupsen en tot een lagere dichtheid van de plaagsoort in het perceel. In de bespreking van de resultaten per plaagsysteem of biologische vijand is aangegeven welke landschapselementen een effect vertoonden en over welke afstand dit effect optreedt. In Tabel 2.2 zijn deze uitkomsten bij elkaar gezet.

Daarnaast is op een groot aantal locaties in vier adertypen (greppels, bermen, houtwallen en bosranden) het aantal natuurlijke vijanden gemeten: spinnen, sluipwespen, lieveheersbeestjes en zweefvliegen. De adertypen waren daarbij gelijk verdeeld over landschappen met een klein, een gemiddeld of een hoog areaal aan houtige gewassen (bos, houtwallen, losse bomen, etc.).

Uit deze metingen kwamen verbanden naar voren tussen GBDA en plaagbeheersing. Die verbanden zijn te gebruiken om de mogelijkheden voor plaagbeheersing te voorspellen en maatregelen te adviseren waarmee ondernemers de functionele biodiversiteit en natuurlijke plaagonderdrukking kunnen stimuleren. Bij het opstellen van adviezen voor maatregelen zijn modellen een belangrijk hulpmiddel.

2.2 Beheersing van tabakstrips in prei door GBDA en teeltwisseling

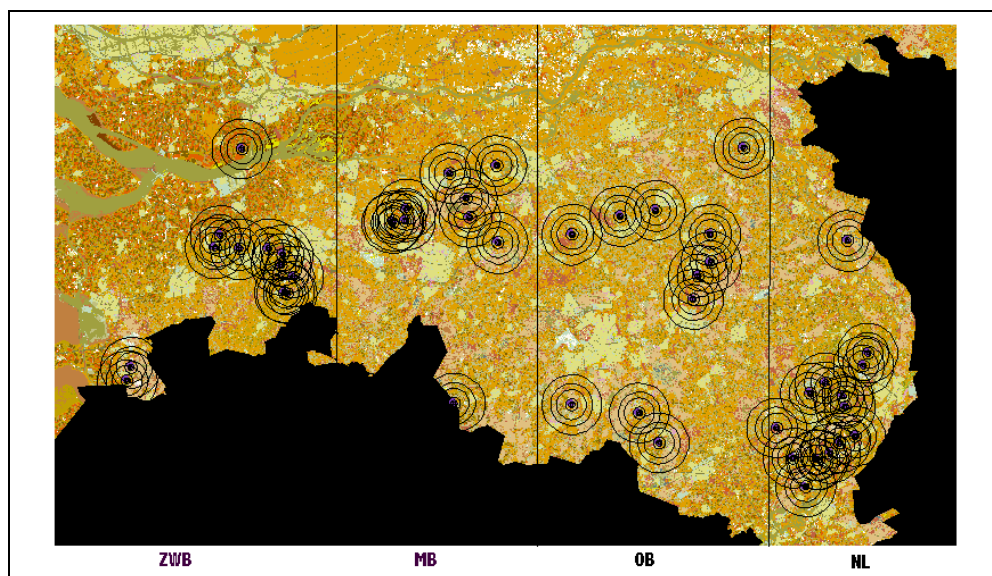
Populatiedynamiek van trips

Aan dit onderzoek namen 45 gangbare bedrijven deel, in vier regio's van het Zuidelijk Zandgebied (Fig. 2.2 en 2.3). Dit heeft een grote variatie aan bedrijfsvoering opgeleverd waardoor resultaten juist te vertalen zijn naar een brede groep van ondernemers. Het onderzoek omvatte de relatie tussen aantallen trips op prei, schade aan de plant gedurende het groeiseizoen, veilingkwaliteit, gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen (mesurool), teeltmaatregelen, ondernemersgedrag, omgevingsfactoren (zoals groenblauwe dooradering) en het type productiepercelen in de omgeving. In de loop van het onderzoek zijn enquêtes gehouden over teeltmaatregelen, kennis en ervaring van de teler en diens perceptie van de tripsproblematiek. Gedurende het gehele groeiseizoen heeft iedere preiteler het schema van bespuitingen met chemische middelen bijgehouden.

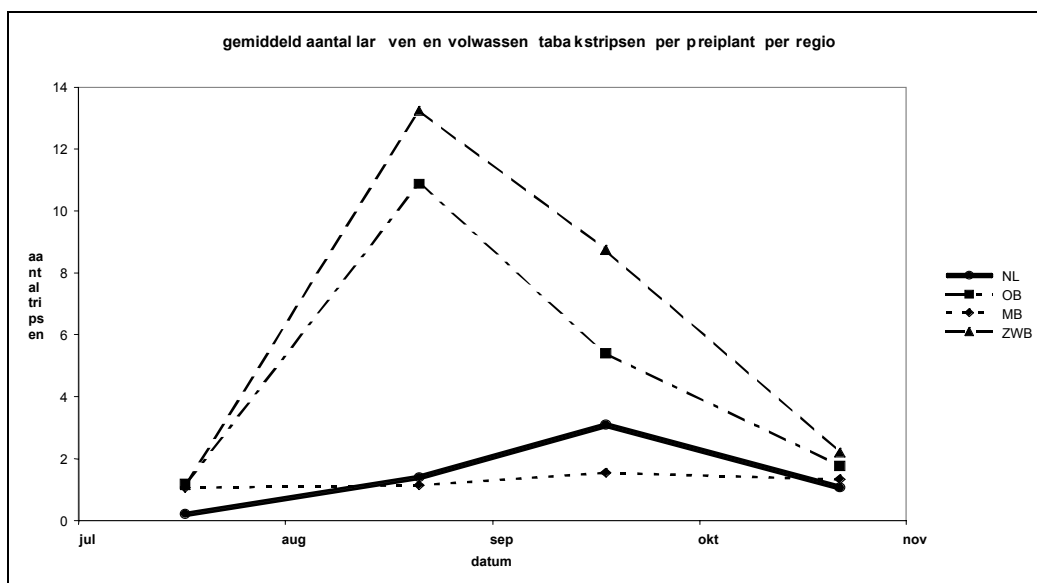
Omgevingsfactoren (hoeveelheid natuur en cultuurland en hun ruimtelijke verdeling) bleken op verschillende manieren effect te hebben op de trips:

- *GBDA*: bij een groter areaal bomen waren er minder symptomen in augustus, september en aan het eind van het groeiseizoen; de lengte aan heggen had daarentegen geen effect.
- *Bouwplan en rotatie*: hoe groter het areaal landbouwgewassen (aardappel, suikerbiet, tarwe en maïs) ten opzichte van tuinbouwgewassen, des te minder symptomen aan het begin van het seizoen (juli). Bij een toenemend areaal aan tuinbouwgewassen zoals asperge, kool, aardbei en prei zijn er meer symptomen in augustus en aan het eind van het groeiseizoen. Hoe korter het geleden is dat er prei heeft gestaan op het perceel, des te meer symptomen aan het begin van het seizoen ($P=0.07$).
- *Natuurlijke vijanden*: in de preipercelen worden nauwelijks natuurlijke vijanden gevonden (ook niet in de experimenten op de proefboerderij de 'Grebbeindijk' waar geen chemische middelen werden ingezet).

De meeste van deze resultaten bevestigen de verwachte relaties uit Tabel 2.1, vooral de aan de bouwplannen gerelateerde relaties.



Figuur 2.2. Ligging van de preipercelen verdeeld over de vier regio's: NL=Noord Limburg, OB=Oost Brabant, MB= Midden Brabant, ZWB=Zuidwest Brabant.



Figuur 2.3. Gemiddeld aantal tabakstrips per preiplant per regio (NL= Noord Limburg), OB=Oost Brabant, MB=Midden Brabant, ZWB=Zuidwest Brabant. Het oppervlak onder de lijnen is een maat voor de tripsdruk.

2.3 Beheersing van rupsen en bladluizen in spruitkool

In de spruitkoolteelt vormen zes rupsensoorten (koolmotje, kooluil, klein koolwitje, groot koolwitje, laat koolmotje en gamma-uil) en melige koolluis een serieus probleem⁴. Aantallen en soortensamenstelling tijdens het groeiseizoen variëren sterk van jaar tot jaar. Soms is het koolmotje al in juli actief, in andere jaren is het eind augustus pas een probleem. Soms zijn de plagen zo slecht beheersbaar dat ondernemers er voor kiezen dit gewas niet meer te telen. In het navolgende worden de onderzoeksresultaten besproken voor ieder van deze plagen.

Bladluizen

Melige koolluis op spruitkool is een voorbeeld van een plaag met erg veel natuurlijke vijanden, zoals sluipwespen, zweefvlieglarven en larven van lieveheersbeestjes (Fig. 2.4).

Het onderzoek liet een positieve relatie zien tussen aantallen luizen en de grootte van het spruitkoolperceel. De afstand tussen de percelen had geen invloed op de aantallen. Het onderzoek bracht ook aan het licht dat zowel het bosareaal als de totale lengte aan heggen en het aantal losstaande bomen het percentage gearparasiteerde bladluizen omhoog en het aantal bladluizen omlaag brengt.

Hoewel zweefvlieglarven bladluizen eten, worden volwassen zweefvliegen sterk aangetrokken door nectarrijke, bloeiende planten. Het is aangetoond dat onderzaai van witte klaver leidt tot wel tien maal hogere dichtheden van larven in spruitkool⁵.

Wij vonden geen grotere aantallen larven en volwassen zweefvliegen in landschappen met meer dooradering van heggen (de lengte varieerde van 4 tot meer dan 100 km binnen een straal van 5 km) of bermen in het landschap (van 6 tot 29 km). Daarentegen werden in een landschapsmozaïek met kleinere percelen wel meer larven en volwassen zweefvliegen gevonden. De effectiviteit van deze natuurlijke vijanden lijkt groter bij veel GBDA en een kleine perceelsgrootte.

⁴ Den Belder, Ekoland 2002

⁵ Den Belder & Meerman, 1981



Figuur 2.4. Een koolluiskolonie wordt te grazen genomen door een zweefvlieglarve.

De effectiviteit van deze natuurlijke vijanden lijkt groter bij veel GBDA en een kleine perceelsgrootte. Deze uitkomst wordt ondersteund door simulaties met een predator-prooi model voor lieveheersbeestjes en bladluizen.

Rupsen: Koolmotje

In juli 2006 zijn bij 22 biologische spruitkooltellers, verspreid over Nederland, parasiteringspercentages bepaald van in het perceel ingebrachte koolmotrupsen⁵. In ons land worden deze rupsen voornamelijk geparasiteerd door sluipwespen van het geslacht *Diadegma*. Het parasiteringspercentage per veld was gemiddeld 27 en varieerde van 4.0 tot 94.1. De hoogste correlatie in de analyse ($R^2 = 0.603$) was die met oppervlakte aan bosrand binnen een afstand van vijfhonderd meter. Mindere correlaties waren er met bosrandoppervlakte (1 km), bos en bosrandlengte (500 m, 1 km) en wegbermen (500 m).

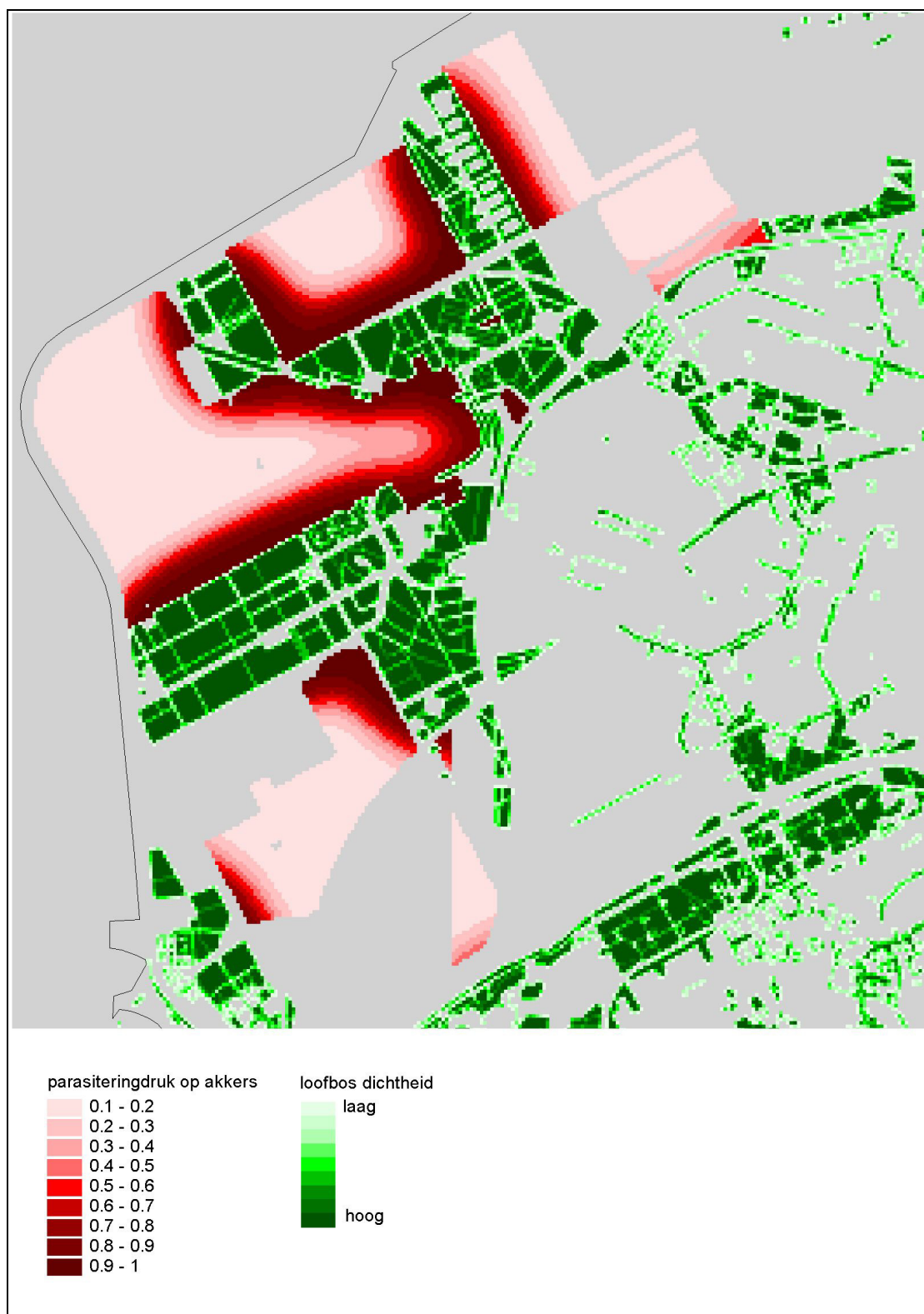
Op veldniveau namen de aantallen rupsen af bij een toename van de lengte van de bosrand. De aantallen rupsen waren in ons onderzoek echter positief gecorreleerd met het aantal bomen in het landschap en met het tuinbouwareaal.

Uit de gevonden verbanden tussen parasitering en landschap hebben we met een binnen het programma ontwikkelde statistische methode⁷ kaarten gemaakt die de verwachte ruimtelijke verdeling weergeven van parasiteringsdruk door het koolmotje. Een voorbeeld voor een willekeurig gekozen stukje Nederland is afgebeeld in Figuur 2.5. Voor ieder stukje akker in dit gebied toont de kaart het verwachte percentage geparasiteerde koolmotrupsen zoals dit bepaald wordt door de hoeveelheid bos in de omgeving. Voor bosrand zouden we een vergelijkbare kaart kunnen maken. Hoewel het nog een grote stap is van parasiteringspercentage (als momentopname) naar plaagbeheersing door het jaar heen⁸ kunnen we door dergelijke kaarten voor meerdere plaagsoorten te combineren een landelijk, ruimtelijk beeld creëren van plaagbeheersing als belangrijke landschapsdienst (bio-control service).

⁵ Bianchi *et al.* (subm. Landscape Ecology)

⁷ Van de Werf *et al.*, in voorbereiding

⁸ Baveco & Bianchi, 2007



Figuur 2.5. Kanskaart voor koolmotje op spruitkool.

Rupsen: kooluil & koolwitje (zie Fig. 2.6)

In de zomers van 2002 tot 2006 zijn bij een twintigtal biologische spruitkool telers, verspreid over Nederland, predatie- en parasiteringspercentages bepaald van in het perceel ingebrachte eipakketten van de kooluil. Eieren van de kooluil worden vooral geparasiteerd

door minuscule sluipwespjes van de geslachten *Trichogramma*. Gegeten worden de eieren vooral door loopkevers, kortschildkevers en oorwormen. Voor de jaren 2002 en 2003 zijn de resultaten uitgewerkt. Predatie- en parasiteringspercentage bedroegen in die periode gemiddeld 7,2 (± 1.5 , range 0-39.4) en 12.4 (± 2.5 , range 0-66.2). De predatie was op alle afstanden negatief gecorreleerd met akkerbouw en hing positief samen met de hoeveelheid bos tot op 1 km afstand en met bomenrijen op 0.5 km afstand. Lijnvormige elementen (houtwal, sloten, bermen) hadden geen effect op predatie. Parasitering was op alle afstanden positief gecorreleerd met weiland en negatief met akkerbouw (enkel op 1 km) en tuinbouw. De parasitering nam toe met toenemende slootlengte op korte afstand (150 en 500 m).

In 2004 is op twaalf locaties grenzend aan een spruitkoolveld, een greppel, een berm en een houtwal bemonsterd op vijf groepen predatoren: spinnen, loopkevers, kortschildkevers, lieveheersbeestjes en oorwormen. Op iedere monsterplek en in het spruitkoolperceel is ook de predatie van ingebrachte kooluileieren gemeten. Uit de analyse blijkt dat enkel de dichtheid aan spinnen en oorwormen hoger is in houtwallen (de meest permanente en stabiele habitat in deze studie) vergeleken met greppel en berm. De predatiepercentages in greppel, berm en houtwal verschillen onderling niet, maar zijn wel veel hoger dan in het perceel. De conclusie is dat houtwallen en ook minder stabiele leefomgevingen zoals greppel en berm fungeren als belangrijke reservoirs voor predatoren. De studie geeft geen inzicht in de relatie tussen de aanwezigheid van deze predatoren in de dooradering en predatie in het perceel. De lijnvormige elementen in deze studie (houtwal, greppel, berm) vertonen overigens ook in de bovengenoemde 2002/2003 studie geen relatie met predatiedruk in het perceel.



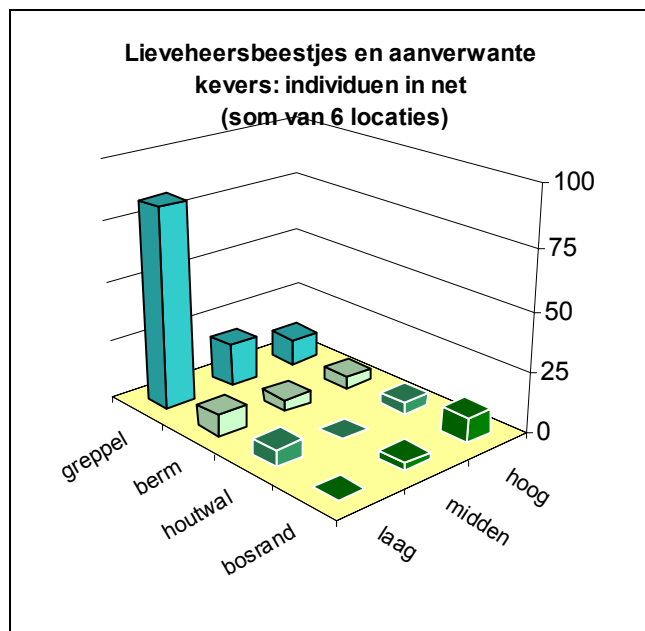
Figuur 2.6. Geparasiteerde rups van het grote koolwitje.

In alle onderzoeksjaren waren in het veld de aantallen kooluil zodanig laag dat we geen uitspraken kunnen doen over relaties met landschap. Kooluil lijkt niet zo'n groot probleem als gedacht was. Dit in tegenstelling tot het kleine koolwitje.

De hoogste aantallen rupsen van het kleine koolwitje kwamen voor in dicht bij elkaar liggende percelen met koolgewassen, in gebieden met veel tuinbouwareaal en als er minder heggen in het landschap voorkwamen (de lengte van de heggen varieerde tussen 0 en 12.5 km binnen 1km straal). Het aantal rupsen was ook laag in landschap met veel bosareaal en veel areaal natuur zonder bomen.

2.4 Natuurlijke vijanden in GBDA

Bij het onderzoek naar natuurlijke vijanden in de groenblauwe dooradering in het landschap bleek dat groepen natuurlijke vijanden verschillend reageren op een toe- of afname van bepaalde typen GBDA in het landschap. Lieveheersbeestjes zijn een belangrijke groep predatoren van bladluizen. Zoals is te zien in Figuur 2.7 werden de hoogste aantallen lieveheersbeestjes en verwante roofkevers in het gewas gevangen in greppels en bermen.



Figuur 2.7. Lieveheersbeestjes en andere roofkevers in greppels, bermen, houtwallen en bosranden naar de mate van bedekking met opgaande begroeiing zoals bomen en struiken.

Dit patroon week sterk af van de vangsten van parasitaire wespen, die geen voorkeur leken te hebben voor een bepaald type ader, maar wel voor een open of halfopen landschap. Spinnen, tenslotte vertoonden weer een heel ander beeld, met de hoogste vangsten in boomrijke aders in bosrijk gebied en greppels in open landschap (zie Figuur 6.5 in hoofdstuk 6). Verschillende natuurlijke vijanden hebben dus ook verschillende habitatvoorkeur. Dit suggereert sterk dat er meerdere manieren zijn om landschap en GBDA te optimaliseren voor natuurlijke vijanden, en dat het stimuleren van een specifieke groep keuzes inhoudt voor bepaalde adertypen en landschappen.

2.5 Discussie

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de resultaten van het onderzoek. De resultaten worden weergegeven naar plaagsoorten en metingen aan hun beheersing (vertikaal) en effecten van landbouwkundige maatregelen en de omgeving (horizontaal). Een groene achtergrond betekent plaagbeheersend (lage dichtheid van de plaagsoort of hoge predatie- en parasiteringspercentages); rood is plaagbevorderend.

Dit onderzoek laat zien dat sommige landschapselementen een overeenkomstig effect hebben op natuurlijke vijanden. Combineren we bijvoorbeeld de 'bos en bomen' landschapselementen, dan blijkt dat deze combinatie leidt tot toename van parasiterings- en/of predatiedruk (melige koolluis, koolmotje en kooluil) en/of een afname in dichtheid (tabakstrips, klein koolwitje, melige koolluis). Enkele verwachte relaties, bijvoorbeeld tussen heggen en bermen en de dichtheid van zweefvliegen in de percelen, zijn niet gevonden. Uiteindelijk leidt voor vrijwel alle plagen 'bos en bomen' tot een lagere dichtheid (tabakstrips, klein koolwitje). De enige uitzondering is koolmot waarbij we een toename vonden bij toename aan het aantal losse bomen. Een verklaring hiervoor is niet eenvoudig te geven.

Dat groenblauwe dooradering een belangrijke bron kan zijn van natuurlijke vijanden zoals lieveheersbeestjes, sluipwespen en zweefvliegen zoals we dat bij aanvang van ons onderzoek gesteld hadden is dus ten dele aangetoond.

Het onderzoek laat ook zien dat landschapselementen een verschillende invloed kunnen hebben op natuurlijke vijanden. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen of met name het optreden van verschillen tussen opgaande begroeiing en lijnvormige elementen als wegbermen, slootkanten, perceelranden een uitdrukking is van het bestaan van bron-put relaties op landschapsschaal voor natuurlijke vijanden. Robuuste opgaande begroeiing zou dan als permanente bron fungeren terwijl lijnvormige elementen door hun dimensies (randeffecten) vooral tijdelijke populaties herbergen of als verspreidingsroute fungeren.

Dat bepaalde landschapselementen kunnen bijdragen aan de verspreiding van sommige plagen en natuurlijke vijanden of juist een barrière vormen voor andere soorten hebben we alleen kunnen aantonen voor trips in prei. Tabakstrips heeft geen natuurlijke vijanden op prei en is geen goede vlieger. Bedrijven die omgeven zijn door meer kleine bosjes of bomenrijen hebben minder last van tabakstrips. Geen verband is gevonden tussen tabakstrips aantallen en het netwerk aan heggen in het landschap (lager dan twee meter). Dit ondersteunt het idee dat bomen een barrière vormen.

Ruimtelijke variatie van gewassen op percelen en variatie in de tijd kunnen duidelijk bijdragen aan de manipulatie van natuurlijke vijanden en plagen. Zo blijkt voor melige koolhuis de dichtheid toe te nemen met de grootte van het spruitkoolperceel. Grotere percelen hebben een relatief grotere zone die moeilijk bereikbaar is voor natuurlijke vijanden.

Daarnaast vergroot ook de nabijheid van productiepercelen de plaagdruk door verbetering van de uitwisseling en vestiging van plagen. Bijvoorbeeld tabakstrips (een slechte vlieger) en de vlinder klein koolwitje nemen toe wanneer in de nabijheid percelen met hetzelfde waardplantgewas liggen.

Het effect van concentraties waardgewassen zien we ook als we op groter schaal kijken naar het areaal van tuinbouwgewassen in een gebied. Als het tuinbouwareaal in de omgeving toeneemt blijkt dat veel plaagsoorten toenemen, waaronder tabakstrips, klein koolwitje en koolmot. Een mogelijke verklaring is dat sommige tuinbouwgewassen alternatieve waardplanten zijn (tabakstrips: asperge, aardbei, ui, prei) en onderlinge infectie plaatsvindt. Een andere verklaring is dat intensieve landbouw de natuurlijke vijanden onderdrukt (bijvoorbeeld als gevolg van het gebruik van bestrijdingsmiddelen). Het is in dit verband interessant te melden dat voor een andere soort, de kooluil, werd gevonden dat predatie- en parasiteringspercentages lager waren in gebieden met veel tuin- en akkerbouwareaal.

Een ruimere rotatie van prei resulteert in een afname aan tabakstrips. Omdat tabakstrips in prei nauwelijks natuurlijke vijanden heeft moet de verklaring vooral gezocht worden in de beperking van de verspreiding van het ene perceel naar het andere en in het doorbreken van de continue aanwezigheid van het waardgewas. Dit laat duidelijk zien dat de variatie niet alleen in ruimte maar ook in tijd van de productiepercelen een rol speelt in plaagbeheersing. Een ruimere rotatie dan de één op één productie zoals die vaak plaats vindt en een grotere spreiding van de percelen zijn echter geen eenvoudig te realiseren maatregelen omdat ze afstemming vereisen tussen groepen van ondernemers.

De uitdaging is om geïntegreerde gewasbescherming op bedrijfsniveau en landschapsbeheer op regionaal niveau te combineren teneinde een landschap te realiseren dat functioneel is voor plaagbeheersing. Inzicht in de dynamiek van plaagsoorten en hun natuurlijke vijanden is hiervoor nodig⁹. Het ziet er naar uit dat het op een combinatie zal aankomen van maatregelen op en rond het bedrijf en dat zowel de ondernemer als de terreinbeheerder zijn verantwoordelijkheid zal moeten nemen. Het is dus belangrijk om vast te stellen in welke mate bedrijfsmaatregelen dan wel het landschap een rol spelen in de plaagbeheersing en hoe zij zich tot elkaar verhouden.

⁹ den Belder *et al.*, 2007

Tabel 2.2. Effecten van plaagbeheersende factoren op verschillende plaaginsecten (rood = plaagbevoorderend, groen = plaagbeheersend. Gemeten op de verschillende schalen binnen een straal van 0,5, 1, 5 km.

	Bosop- pervlak	Heggen	Los staande bomen	Tuinbouw areaal	Afstand dichtstbij- zijnde veld zelfde gewas	Veld grootte	Natuur zonder bomen	Bosrand lengte	Bosrand oppervlak	BeBou- wing	Weg bermen lengte	Weiland	Akker bouw	Sloot lengte	Bomen rijen
Tabakstrips	1,5 ^{1,2}			1,5 (prei/ui)	1,5 ²							5 ²			
Melige koolluis			0,5,1,5			1								1	
Melige koolluis parasiterings %			1	1								1			
Zweefvliegen (alle stadia)		0,5,1,5										0,5,1,5			
Klein koolwitje rupsen dichtheid	1	0,5,1,5		1	1,5		1								
Koolmot rupsen dichtheid			1	0,5,1,5											
Koolmot rupsen parasiterings %								0,5 1	0,5 1		0,5				
Kooluil rupsen	Geen duidelijk beeld														
Kooluil ei parasiterings %				0,15 tot 5								0,15 tot 5	1	0,15 en 0,5	
Kooluil ei predatie %	Tot 1												0,15 tot 5		0,5

¹ 45 conventionele bedrijven

² 20 biologische bedrijven

Literatuur

- Alebeek, F. van, M. Wiersma, P. van Rijn, F. Wäckers, E. den Belder, J. Willemse & H. van Gorp, 2006.
A regio-wide experiment with functional agrobiodiversity (FAB) in arable farming in the Netherlands. IOBC wprs Bulletin 29 (6): 141-144.
- Baveco, J.M. & F.J.J.A. Bianchi, 2007.
Predatie en parasitering van plaagsoorten in spuitkool in relatie tot structuur en samenstelling van het landschap. Entomologische berichten. (In press).
- Belder, E. den & J. Elderson, 2006.
Natuurlijke plaagonderdrukking in de vollegrondsgroenteteelt: groenblauwe dooradering is onmisbaar. Ekoland, 5: 22-23.
- Belder, E. den, J. Elderson & G. Schelling, 2006.
Landscape effects on the abundance of Lepidopteran pests in Brussels sprouts. IOBC wprs Bulletin 29 (6): 25-28.
- Belder, E. den, J. Elderson & G. Schelling, 2007.
Effect of the surrounding landscape on the abundance of cabbage aphid in Brussels sprout fields. IOBC/WPRS Bulletin (in press).
- Belder, E. den, J. Elderson, G. Schelling & J.A. Guldemon, 2007.
Het functionele landschap: de invloed van landschap en bedrijfsvoering op natuurlijke plaagonderdrukking in spuitkool. Entomologische berichten. (In press).
- Bianchi, F.J.J.A. & W. van der Werf, 2003.
The Effect of the Area and Configuration of Hibernation Sites on the Control of Aphids by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in Agricultural Landscapes: A Simulation Study. Environmental Entomology: Vol. 32, No. 6 pp. 1290–1304.
- Bianchi, F.J.J.A., W.K.R.E. van Wingerden, A.J. Griffioen, M. van der Veen, M.J.J. van der Straten, R.M.A. Wegman & H.A.M. Meeuwsen, 2005.
Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. Agriculture, Ecosystems and Environment 107:145-150.
- Bianchi, F.J.J.A., C.J.H. Booij & T. Tscharnke, 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.J.J.A., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, R.J.M. van Kats, L.G. Moraal, A.J. Griffioen, M. van der Veen, P.W. Goedhart & W.K.R.E. van Wingerden.
Pest control potential of arthropod predator communities in three types of non-crop habitats. In prep.
- Bianchi, F.J.J.A., R.J.M. van Kats, A.J. Griffioen, W.J. Dimmers, M. van der Veen, F. Müller, H.A.M. Meeuwsen, W.K.R.E. van Wingerden & J.M. Baveco.
Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. Submitted Landscape Ecology.
- Esselink, G.D., E. den Belder, J. Elderson & J.M. Smulders, 2006.
Isolation and characterization of trinucleotide repeat microsatellite markers for *Plutella xylostella* L. Molecular Ecological Notes 6, 1246-1248.
- Werf, W. van der, P. Goedhart, F.J.J.A. Bianchi & J.M. Baveco, *in prep.*
Estimation of the spatial extent of pest control services from biodiverse resource habitats in agricultural landscapes, using sentinel data.

3. Bodemgezondheid; wering van ziekten en plagen¹⁰

3.1 Inleiding

Doel van dit deel van het onderzoek was om teeltfactoren te identificeren die ziekte- en plaagwerende eigenschappen van de bodem stimuleren en om praktisch toepasbare (micro)biologische indicatoren voor een gezonde bodem te vinden, waarmee een duurzame bedrijfsvoering verder ontwikkeld kan worden.

Duurzame landbouw veronderstelt een reductie van (chemische) bestrijdingsmiddelen. Daarvoor is versterking van ziekte- en plaagwerende eigenschappen van de bodem nodig. Bij een hoge bodemweerbaarheid zal de aanwezigheid van plagen en ziektekiemen niet of nauwelijks tot schade leiden aan het gewas. Organische mest, compost of andere organische toevoegingen, de keuze van de voorvrucht, grondbewerking en grondsoort kunnen de bodemweerbaarheid beïnvloeden. Het bodemleven kan de bodemgebonden ziekten en plagen op verschillende manieren onderdrukken, bijvoorbeeld door concurrentie om voedingsstoffen of ruimte, door productie van remmende stoffen of door predatie en parasitering. Het is dus zaak om zoveel mogelijk van dergelijke gunstige organismen in de bodem te hebben, waardoor een maximale bodemweerbaarheid tegen aantasters van het gewas ontstaat.

Een belangrijke vraag is daarom hoe de bodemlevensgemeenschappen zich aanpassen aan veranderende teeltmaatregelen en wat de gevolgen hiervan zijn voor ziekte- en plaagwerendheid. Daarom is onderzoek verricht naar:

1. ziekte- en plaagwerend vermogen van akkerbouwpercelen door middel van functionele biodiversiteit,
2. teeltfactoren die dit ziekte- en plaagwerend vermogen beïnvloeden, en
3. de organismen en/of hun functies die samengaan met hoge ziekte- of plaagwering.

Deze onderzoeksvragen sluiten aan bij de beleidsvragen 2 en 3 uit het eerste hoofdstuk.

In paragraaf 3.2 over plaagwering wordt gerapporteerd over het onderzoek naar relaties tussen biodiversiteit boven en in de bodem in agrarische ecosystemen (beleidsvraag 3), terwijl paragraaf 3.4 over bodemziektes de invloed van bodembiodiversiteit op het ziekteverend vermogen analyseert (beleidsvraag 2).

3.2 Plaagwering door bodemmaatregelen

Trips is een belangrijk probleem in verschillende gewassen. Methoden die de weerbaarheid tegen trips verhogen maken telers minder afhankelijk van chemische middelen en reduceren het middelenverbruik. In het huidige project is de relatie tussen teeltmaatregelen en wering van tabakstrips (*Thrips tabaci*) onderzocht, en met name de rol van bodempredatoren bij de overleving van trips (larven en poppen) in de bodem.

Potplantexperimenten wezen uit dat tabakstrips zich in het tweede larvale stadium van de plant laat vallen en in de grond kruipt. Uit monsters van grond rond prei in potten konden het tweede mariale, het prepupale, het pupale en volwassen stadium geëxtraheerd worden (Fig. 3.1). Volwassen tabakstrips werden ook begin oktober uit veldmonsters geïsoleerd. Tijdens het groeiseizoen blijken zich verschillende fasen van tabakstrips in de grond te bevinden. In bodemmonsters, verzameld in december en januari, werd geen enkele trips tot een diepte van 60 cm gevonden. Samen met het feit dat in deze maanden grote aantallen volwassen vrouwtjes op de plant aanwezig zijn, leidt dat tot de conclusie dat tabakstrips zich tijdens de winter in de preivelden voornamelijk op bovengrondse delen bevindt. Bodembewerking in die periode onderdrukt dus niet de tripspopulatie.

De aanwezigheid van natuurlijke vijanden van het plaaginsect tabakstrips is onderzocht bij vijf preitelers met verschillende bedrijfsvoering. Daarbij zijn zowel aantallen tabakstrips op de plant als die van verschillende natuurlijke vijanden in de bodem bepaald. Dichtheden van roofmijten (*Mesostigmata*) in de buurt van de waardplant (in de plantrij) bleken beduidend hoger dan de aantallen op grotere afstand van de plant (tussen de plantrij). Dit zou kunnen wijzen op een numerieke response, maar alleen verdere analyses kunnen daarover zekerheid verschaffen.

Daarentegen zijn de aantallen niet-predatoire mijten (*Cryptostigmata* en *Prostigmata*) rond de wortels onder de preiplanten gelijk aan die op 25 cm afstand van de planten.

¹⁰ Auteurs: Joeke Postma, Eefje den Belder



Figuur 3.1. Van tabakstrips komen tijdens het groeiseizoen van prei grote larven (L2), poppen (P1, P2) en volwassen tripsen (Vrouwtjes en Mannetjes) voor in de grond.



Figuur 3.2. Perceel met prei omgeven door duinbos.

Niet alleen binnen een perceel, maar ook tussen bedrijven zijn grote verschillen gevonden in aantallen roofmijten. Bij meer bodembewerkingen is er een afname in aantallen roofmijten waargenomen, en met grondbewerkingen in het voorjaar krijgen de populaties een enorme terugslag. Een veelbelovende maatregel zou dus kunnen zijn om minimale grondbewerking toe te passen. Wat opvalt is dat op het bedrijf met het hoogste percentage organische stof en dat tevens omgeven wordt door veel natuur (Fig. 3.2), consequent de hoogste aantallen roofmijten gevonden worden. Mogelijk vormt deze omgeving een constante bron van waaruit de roofmijtenpopulaties worden aangevuld.



Figuur 3.3. Twee roofmijtensorten die insecten eten: *Veigaia nemorensis* (links) en een onvolwassen *Uropoda* (rechts).

3.2 Ziektewering door bodemmaatregelen

De invloed van bodemfactoren is voor drie belangrijke pathogenen onderzocht. Het ging om *Rhizoctonia solani* dat economische schade veroorzaakt bij akkerbouwgewassen als suikerbiet, kool, aardappel, om *Streptomyces scabies* dat aardappel, radijs en peen kan aantasten, en om *Verticillium dahliae* met een zeer brede waardplantenreeks. Deze pathogenen zijn over het algemeen onvoorspelbaar en zeer moeilijk te bestrijden.

Onderzoekmethode

De relatie tussen ziektewering en microbiële eigenschappen van de bodem is onderzocht op verschillende bedrijven en grondsoorten. Er is een keuze gemaakt uit bedrijven die zijn aangesloten bij het BIOM-praktijknetwerk (Biologische bedrijven, Innovatie en Omschakeling, Figuur 3.4) met verschillende bemestingsstrategieën en bodemeigenschappen qua textuur, organische stof, pH en C/N verhouding¹¹. In 2004 en 2005 zijn tien percelen in viervoud bemonsterd, waarop in 2003 gras-klover was verbouwd en na die tijd andere gewassen.

In 2006 zijn de percelen met de grootste verschillen in ziektewering nogmaals bemonsterd en vergeleken met percelen waarop in 2006 gras-klover verbouwd werd. De invloed van verschillende type meststoffen is onderzocht in een experiment te Bakel met meerjarig gras op zandgrond.

Om de ziektewering van de grond te bepalen, is de verspreiding gemeten van drie belangrijke gewas-pathogeen combinaties: de aantasting in door *Rhizoctonia solani* AG2.2IIIb in suikerbiet, de vorming van schurft door *Streptomyces scabies* in radijs, en de mate van aantasting door *Verticillium dahliae* in koolzaad (Fig. 3.5). Daarnaast zijn diverse microbiële eigenschappen van de bodem gekarakteriseerd, zoals de biomassa en activiteit van bacteriën en schimmels¹², microbiële diversiteit van bacterie- en schimmelpopulaties (met een moleculaire *fingerprint* methode¹³, aantallen bacteriën en filamenteuze actinomyceten, en aantallen en soortensamenstelling van *Rhizoctonia*-remmende bacteriën. Bodemchemische en fysische karakteristieken zijn bepaald door BLGG, Oosterbeek. Verbanden tussen de tussen de verschillende variabelen zijn onderzocht met multivariate analyse¹⁴.

⁹ <http://www.ppo.wur.nl/NL/onderzoek/onderzoeksthemas/Multifunctionele+bedrijfssystemen/biom/>

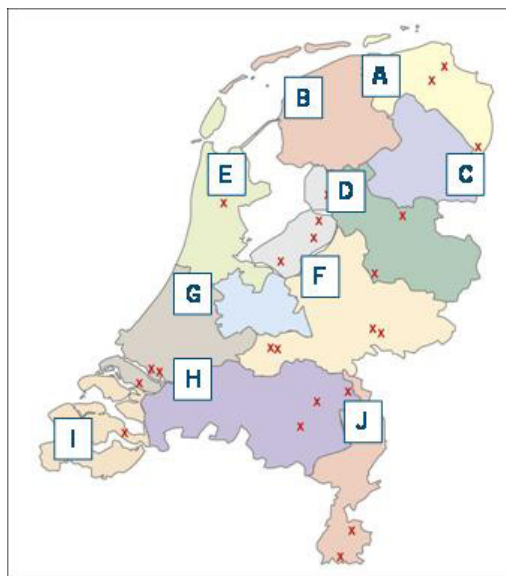
¹² Bloem *et al*, 2005

¹³ Garbeva *et al*, 2006

¹⁴ Ter Braak, 1995

Resultaten ziektevering

De ziektevering van de bodem vertoonde grote verschillen tussen de geselecteerde percelen op de bedrijven. Drie van de tien percelen waren in 2004 en 2005 ziektevering t.a.v. *Rhizoctonia*¹⁵. De percelen die in 2004 en 2005 ziektevering waren, waren dat in 2006, drie jaar na de gras-klover teelt, niet meer. Ziektevering tegen *Rhizoctonia* was echter sterk toegenomen op drie van de vier percelen waar op dat moment gras-klover werd geteeld (Fig. 3.6). Drie andere bedrijven waren juist ziektevering tegenover *Streptomyces* in 2004 en 2005. Verschillen in ziektevering ten aanzien van *Verticillium* waren te variabel om aan bodemfactoren toe te schrijven. *Verticillium* is daarom in de loop van het onderzoek afgevallen. Binnen het experiment te Bakel met de verschillende mesttypen op permanent grasland, werden geen verschillen in ziektevering gevonden.

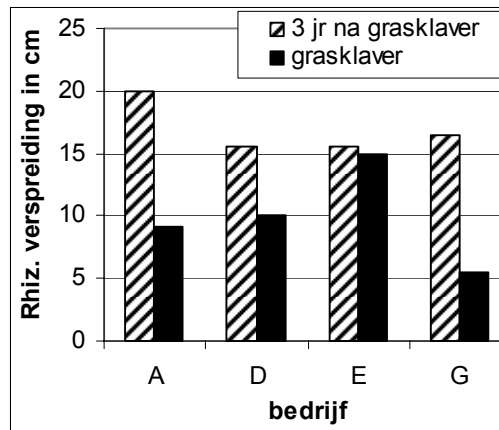


Figuur 3.4. Locaties van bemonsterde BIOM-bedrijven.



Figuur 3.5. Biotoetsen ter bepaling van de ziektevering van de bodem tegen *Rhizoctonia solani* AG2.2IIIb in suikerbiet (links) en schurft door *Streptomyces scabies* in radijs (rechts).

¹⁵ Postma *et al.*, 2007; Postma en Schilder, 2007



Figuur 3.6. Effect van gras-klover op de ziekteverspreiding van *Rhizoctonia*. Verschillen groter dan 7 cm zijn statistisch significant ($P = 0.05$).

Correlaties tussen ziektevering en bodemfactoren

Ziektevering tegen *Rhizoctonia*, gemeten in drie opeenvolgende jaren, correleerde met een hoge schimmeldiversiteit en met hoge aantallen *Lysobacter* antagonisten. Het aantal jaren dat biologische geteeld werd had op zichzelf geen positieve invloed maar het telen van gras-klover, zoals gebruikelijk is in de rotatie van een biologisch bedrijf, had wel een sterke positieve invloed op ziektevering (Fig. 3.6).

Ziektevering tegen schurft (*Streptomyces scabies*) hing samen met hoge aantallen antagonistische bacteriën en met *Streptomyces* antagonisten in het bijzonder. Verder was er een positieve correlatie met een hoge schimmel/bacterie biomassa verhouding en een negatief verband met organische-stoffracties en bodemademhaling. Gras-klover had geen eenduidige invloed op de ziektevering tegen schurft.

In totaal werden zo'n 600 bacteriën geïsoleerd uit de grond die de groei van *Rhizoctonia* remden (Fig. 3.7). Er was nogal wat variatie per jaar, mogelijk door sterke verschillen in temperatuur en neerslag in het groeiseizoen voorafgaand aan de bemonstering. De meeste van deze *Rhizoctonia* remmende bacteriën behoorden tot de geslachten *Streptomyces*, *Lysobacter* en *Pseudomonas* (gemiddeld over de jaren resp. 50, 22 en 14% van de geïsoleerde antagonisten).

Streptomyces soorten zijn een bekende antagonistengroep die regelmatig in verband gebracht worden met vering van diverse ziektes in bodems en composten¹⁶. Ook zijn er biologische bestrijders ontwikkeld die afkomstig zijn uit dit bacteriegeslacht. De correlatie tussen ziektevering en antagonistische streptomyceten wordt dus ondersteund door resultaten uit ander onderzoek. Bovendien blijkt hieruit dat streptomyceten voor de onderdrukking van diverse ziektes belangrijk zijn. In ons onderzoek correleerde de aanwezigheid van *Streptomyces* soorten met een hoge schimmel/bacterieverhouding en een hoge C/N verhouding.

Lysobacter is niet eerder in verband gebracht met bodemweerbaarheid. Wel is relatief recent ontdekt dat *Lysobacter enzymogenes* een sterke antagonist is van *Pythium*¹⁷. In het huidige onderzoek vonden we een hoog percentage *Lysobacter* isolaten. Het betrof hier slechts twee soorten, namelijk *L. gummosus* en *L. antibioticus*¹⁸, die vooral in kleigronden werden aangetroffen. Bovendien werd in 2006 vijf maal zoveel *Lysobacter* geïsoleerd uit de percelen met gras-klover als uit de percelen waar voor het laatst drie jaar ervoor gras-klover verbouwd was. Gras-klover lijkt de aantallen *Lysobacter* bacteriën te stimuleren.

Pseudomonas is ook een bekende antagonist, waaruit biologische bestrijders zijn ontwikkeld en die regelmatig in verband gebracht wordt met ziektevering¹⁹. Aanwezigheid van antagonistische *Pseudomonas*-soorten correleerde in ons onderzoek met een hoge bacterieactiviteit, hoog lutumgehalte en hoge pH.

¹⁶ Tuitert *et al.*, 1998; Craft and Nelson, 1996; Wiggins and Kinkel, 2005

¹⁷ Folman *et al.*, 2003; Postma en Willemsen-de Klein, 2004

¹⁸ (Reichenbach, 1992)

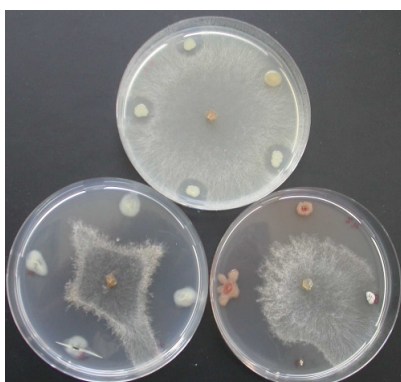
¹⁹ Weller *et al.*, 2002

Factoren die effect hebben op ziektevering ondergronds

Dat de ene grond ziekteverend is voor *Rhizoctonia* en de andere voor *Streptomyces* heeft te maken met het verschil in ecologie van de pathogenen en de wijze van aantasting door beide organismen. Het betreft taxonomisch zeer verschillende organismen: *Rhizoctonia* is een schimmel en *Streptomyces* is een bacterie. Er mag dus verwacht worden dat zeer uiteenlopende factoren een rol spelen bij het mechanisme van ziektevering. Ook een heel uitgebreid onderzoek naar het effect van compost toepassingen toonde aan dat ziektevering veelal pathogeen specifiek is (Termorshuizen *et al.*, 2006).

Eerder onderzoek in het LNV-programma 352 heeft al aangetoond dat de diversiteit van verschillende groepen bacteriën werd beïnvloed door gewasrotatie en de historie van een perceel (langdurig akkerbouw of grasland). Permanent grasland en grasland omgezet in een maïsakker stimuleerden de microbiële diversiteit (op basis van de Shannon-Weaver index berekend uit PCR-DGGE bandenpatronen). Bovendien werd er een positieve correlatie aangetoond tussen de microbiële diversiteit van bacteriën en schimmels en ziektevering tegen *Rhizoctonia solani* AG3 in een biotoets met aardappel (Garbeva *et al.*, 2006). Dit onderzoek was uitgevoerd in een rotatie-experiment op zandgrond.

De diversiteitspatronen verschilden sterk per bedrijf en minder tussen de percelen van een bedrijf. De samenstelling van de dominant aanwezige bacterie- en schimmelpopulaties in de bodem werd vooral bepaald door grondsoort, pH, organische stof en/of de algehele bedrijfsvoering. De verschillen als gevolg van het geteelde gewas binnen de rotatie of de bemesting waren veel beperkter. De verschillen in ziektevering correleerden wel duidelijk met specifieke groepen van antagonistische bacteriën. Voor de analyse van de microbiële samenstelling die van invloed is op ziektevering, moet daarom naar de specifieke groep van organismen gekeken worden.



Figuur 3.7. Bodembacteriën die de groei van de ziekteverwekker *Rhizoctonia* remmen. Langs de rand zijn 4 of 5 bacteriën geënt. De schimmel groeit vanuit het midden van de plaat. Daar waar geen groei is, wordt *Rhizoctonia* geremd.

3.4 Maatregelen om ziekten en plagen beter te weren

Beheersing van trips

Bodem bewerking heeft een sterk negatieve invloed op de in de bodem voorkomende natuurlijke vijanden van tabakstrips. Daarom wordt aanbevolen om een minimale grondbewerking toe te passen, bij voorkeur alleen op het moment dat larven en poppen van trips in de bodem voorkomen, bijvoorbeeld in oktober, maar niet in december en januari.

Er zijn aanwijzingen dat een hoog organische-stofgehalte en een omgeving met veel natuur correleren met hoge aantallen roofmijten.

Bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani*

Ziektewering tegen *Rhizoctonia* in suikerbiet, en waarschijnlijk ook in kool, lijkt gestimuleerd te worden door gras-klover in de rotatie op te nemen. Tot twee jaar na de teelt van gras-klover was de grond sterker ziekteverend tegen *Rhizoctonia*. Deze eigenschap hing ook samen met de aanwezigheid van *Lysobacter* bacteriën. In eerder onderzoek is die samenhang ook gevonden. Daar ging het om de continue teelt van bloemkool. Verwacht wordt daarom dat bepaalde gewassen de ziektevering tegen *Rhizoctonia* kunnen stimuleren. Welke gewassen dat zijn dient verder onderzocht te worden.

Bodemweerbaarheid tegen *Streptomyces scabies*

De wering tegen schurft kan gestimuleerd worden door maatregelen te nemen die de schimmel/bacterieverhouding verhogen, of die aantallen antagonistische streptomyceten verhogen. Welke maatregelen hiervoor het meest geschikt zijn zonder dat ze schurft stimuleren, kan niet met zekerheid worden aangegeven. Van zuurwerkende meststoffen is bekend dat ze schurft tegengaan, terwijl bekalking schurft stimuleert. Die effecten kunnen verklaard worden vanuit hun invloed op de schimmel/bacterieverhouding: schimmels houden meer van een zuur milieu dan bacteriën, zodat een zuurdere bodem in principe een hogere schimmel/bacterieverhouding zal hebben. Ook is bekend dat een overdaad aan mest met veel stikstof schurft stimuleert; dit zal tevens bacteriegroei stimuleren waardoor de schimmel/bacterieverhouding lager wordt. Antagonistische streptomyceten worden in principe gestimuleerd door organische stof met een hoog C/N quotiënt en moeilijk afbreekbare componenten. Boeren zullen verschillende gunstige maatregelen moeten combineren om zo de ziektevering tegen schurft te verhogen.

Bodemweerbaarheid algemeen

De verschillende typen mest in de proef met grasland te Bakel leverden geen verschil in ziektevering en microbiële karakteristieken. In ander onderzoek zijn wel verschillen in ziektevering in akkerbouw gevonden als gevolg van bemesting of toepassing van compost²⁰. Eenduidige strategieën over hoe ziektevering gestimuleerd kan worden door bemesting ontbreken echter.

Literatuur

- Bloem, J., A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. van der Werf & A.M. Breure, 2005.
Monitoring and evaluating soil quality. In: Microbial Methods for Assessing Soil Quality, J. Bloem *et al.* (Eds), CAB International, p. 23-49.
- Bokhorst, J. & C. ter Berg (red.), 2001.
Handboek Mest & Compost; behandelen, beoordelen en toepassen, Louis Bolk Instituut.
- Craft, C.M. & E.B. Nelson, 1996.
Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. Appl. Environm. Microbiol. 62: 1550-1557.
- Folman, L.B., J. Postma & J.A. Van Veen, 2003.
Characterization of *Lysobacter enzymogenes* (Christensen and Cook 1978) strain 3.1T8, a powerful antagonist of fungal diseases of cucumber. Microbiological Research 158:107-115.
- Garbeva, P., J. Postma, J.A. van Veen & J.D. van Elsas, 2006.
Effect of above-ground plant species on soil microbial community structure and its impact on suppression of *Rhizoctonia solani* AG3. Environmental Microbiology 8: 233-246.
- Postma, J. & M. Schilder, 2007.
Agrobiodiversiteit en ziektevering tegen bodempathogenen. Gewasbescherming 38: (2) 46-49.
- Postma, J., M. Schilder & A. Speksnijder, 2007.
Soil suppressiveness and functional diversity of soil microflora in organic farming systems. Congres Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems, Stuttgart, Germany, 20-23 March 2007. (www.orgprints.org).

²⁰ Bokhorst en ter Berg, 2001; Termorshuizen *et al.*, 2006

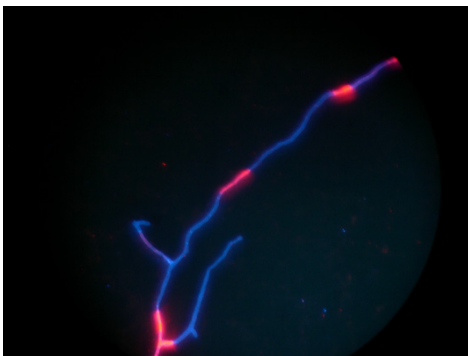
- Postma, J. & M.J.E.I.M. Willemsen-de Klein, 2004.
Biocontrol of *Pythium aphanidermatum* in cucumber with combined applications of bacterial antagonists with chitosan. IOBC/wprs Bulletin 27(8): 101-104.
- Reichenbach, 1992.
The genus *Lysobacter*. In: Balows A., H.G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder & K.H. Schleifer (eds), The Prokaryotes 2nd ed., Volume IV, p. 3256-3275.
- Ter Braak, C.J.F., 1995.
Ordination. Pages 91-173 in: Data Analysis in Community and Landscape Ecology, 2nd ed, R.H.G. Jongman, C.J.F. ter Braak, and O.F.R. van Tongeren, eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Termorshuizen, A.J., E. van Rijn, D.J. van der Gaag, C. Alabouvette, Y. Chen, J. Lagerlöf, A.A. Malandrakis, E.J. Paplomatas, B. Rämert, J. Ryckeboer, C. Steinberg & S. Zmora-nahum, 2006.
Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 2461-2477.
- Tuitert, G., M. Szczech & G.J. Bollen, 1998.
Suppression of *Rhizoctonia solani* in potting mixtures amended with compost made from organic household waste. *Phytopathology* 88: 764-773.
- Van Elsas, J.D. & J. Postma, 2007.
Suppression of soil-borne phytopathogens by compost. In: L.F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier (eds), *Compost Science and Technology* 8, Elsevier (in press).
- Weller, D.M., J.M. Raaijmakers, B.B. McSpadden Gardener & L.S. Thomashow, 2002.
Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 309-348.
- Wiggins, B.E. & L.L. Kinkel, 2005.
Green manures and crop sequences influence alfalfa root rot and pathogen inhibitory activity among soil-borne streptomycetes. *Plant and Soil* 268: 271-283.

4. Bodemgezondheid, bodemleven en nutriënten^{21,22}

4.1 Inleiding

Voor een duurzamere landbouw moeten we minder afhankelijk worden van chemische gewasbescherming en kunstmest. Als er minder chemische middelen en minder mest mogen worden gebruikt wordt de rol van het bodemleven in de nutriëntenlevering groter²³.

Gewasresten en organische mest worden afgebroken door bacteriën en schimmels²⁴. Deze zijn erg klein en komen voor in aantallen van rond een miljard per gram grond. Micro-organismen worden gegeten door bodemdieren zoals protozoën, nematoden (aaltjes), mijten en springstaarten. Regenwormen eten grond met alle organisch materiaal dat erin zit en stimuleren de microbiële activiteit. Door dit 'voedselweb' komen nutriënten vrij zoals stikstof, die weer door het gewas kunnen worden opgenomen. Naast een geleidelijke levering van nutriënten (mineralisatie) bevordert het bodemleven de structuur doordat bodemdeeltjes aan elkaar gekit worden (aggregaatvorming). Ook de waterhuishouding wordt verbeterd, vooral door regenwormen die de grond omwoelen en organisch materiaal in de bodem brengen. Bij lagere bemesting kunnen mycorrhiza schimmels de opname van water en nutriënten door plantenwortels verbeteren. De totale hoeveelheid bodemleven in een bouwvoor bedraagt meestal enkele duizenden kg per hectare²⁵.



Figuur 4.1. Schimmels (gekleurde draden, 400x vergroot) nemen toe bij minder bemesting en minder grondbewerking. In grond met meer schimmels spoelt minder stikstof uit.



Figuur 4.2. Regenwormen nemen toe bij minder kunstmest en minder grondbewerking. De aantallen en soortensamenstelling beïnvloeden de stikstofmineralisatie, bodemstructuur en waterhuishouding .

Dit onderzoek is gericht op de volgende vragen:

1. Welke organismen zijn belangrijk in (duurzaam gebruikte) landbouwbodems met geringe nutriëntenverliezen?
2. Welke teeltmaatregelen bevorderen het bodemleven en de natuurlijke bodemvruchtbaarheid

²¹ Auteurs: Jaap Bloem & Jack Faber

²² Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met o.a. de sectie Bodemkwaliteit, Wageningen UR, het Louis Bolk Instituut en het RIVM.

²³ Bloem *et al.*, 2007

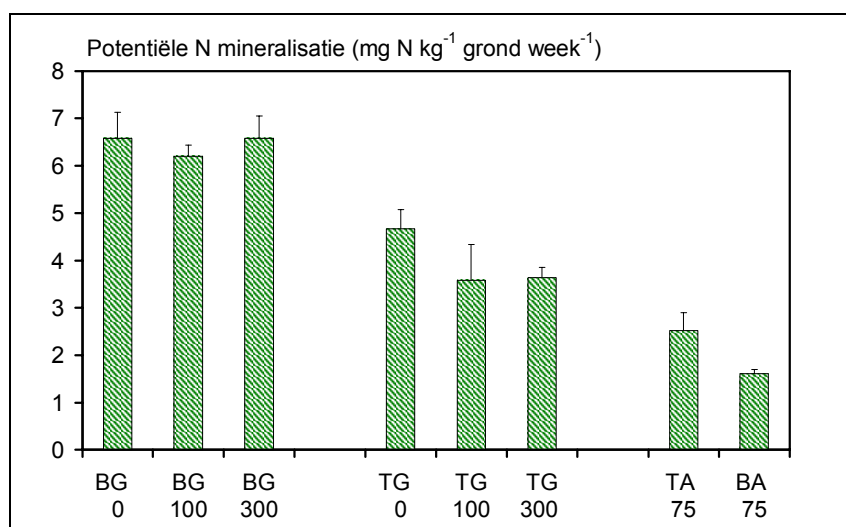
²⁴ Dilly *et al.*, 2004

²⁵ Bloem *et al.*, 2004, 2006

De effecten op het bodemleven en de nutriëntenlevering zijn onderzocht van praktische teeltmaatregelen zoals verschillende bemesting (type en hoeveelheid) en vruchtwisseling²⁶. Dat is gebeurd in samenwerking met verschillende projecten waaronder Bodem, Bedrijf en Biodiversiteit, Zorg voor Zand, Koeien en Kansen, en Bodembioologische Indicator (BoBi).

4.2 De invloed van vruchtwisseling

Blijvend grasland heeft een hoog organische-stofgehalte en bevat grote aantallen micro-organismen en bodemdieren. Dit gaat gepaard met een hoge mineralisatie en een goede bodemstructuur. Grondbewerking, zoals in de akkerbouw gebruikelijk, verhoogt de kans op stikstofuitspoeling en leidt tot geleidelijke achteruitgang van het percentage organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van aantallen en diversiteit van regenwormen en nematoden. In het algemeen neemt de soortenrijkdom af. Omgekeerd kan door het inzaaien van gras op bouwland het bodemleven en de mineralisatie al in vijf jaar sterk worden verhoogd. Dit gaat met gras aanzienlijk sneller dan met organische mest. Onder vruchtwisseling met gras is de mineralisatie duidelijk hoger dan op een blijvende akker, maar lager dan in blijvend grasland (Fig. 4.3).



Figuur 4.3. Stikstofmineralisatie in blijvend grasland (BG), tijdelijk grasland (TG) na drie jaar gras, tijdelijke akker (TA) na drie jaar akkerbouw, en blijvende akker (BA). Proef in Gent, 2004

Bij het omploegen van vijftig jaar oud grasland en de omzetting in akkerbouw op zand in de Bovenbuurt (bij Wageningen) gingen de aantallen bodemdieren sterk achteruit. Grotere dieren (regenwormen, roofmijten) worden sterk beïnvloed door de omzetting van grasland naar akker. De kleinere zoals protozoën en nematoden, hebben er minder last van. Omnivore roofmijten worden minder beïnvloed dan gespecialiseerde roofmijten. De functionele diversiteit van regenwormen neemt af na het scheuren van grasland, evenals de diversiteit van nematoden en roofmijten. Dat betekent dat zowel de soortverscheidenheid vermindert, als – belangrijker voor de agrarische praktijk – de verscheidenheid aan functies die door deze soorten worden vervuld. Er worden bijvoorbeeld geen bladresten in de bodem gebracht door bepaalde soorten regenwormen omdat deze gevoelig zijn voor ploegen, zodat het organische-stofgehalte van de bodem en de natuurlijke bodemvruchtbaarheid op termijn dreigen te verminderen. Omzetten naar grasland leidt tot herstel van kenmerkende functionele groepen nematoden, met name herbivoren, en op langere termijn ook regenwormen. Roofmijten hebben zich binnen vier jaar echter niet hersteld. Na omzetting van grasland in akkerbouw gingen bacteriën en schimmels langzamer achteruit dan bodemdieren, en bleven nog jaren op een hoger niveau dan op de dertig jaar oude akker ernaast. De mineralisatie nam in enkele jaren

²⁶ Breure *et al.*, 2004; Rutgers *et al.*, 2005; Mulder *et al.*, 2005; Bloem *et al.*, 2006; Koopmans *et al.*, 2006

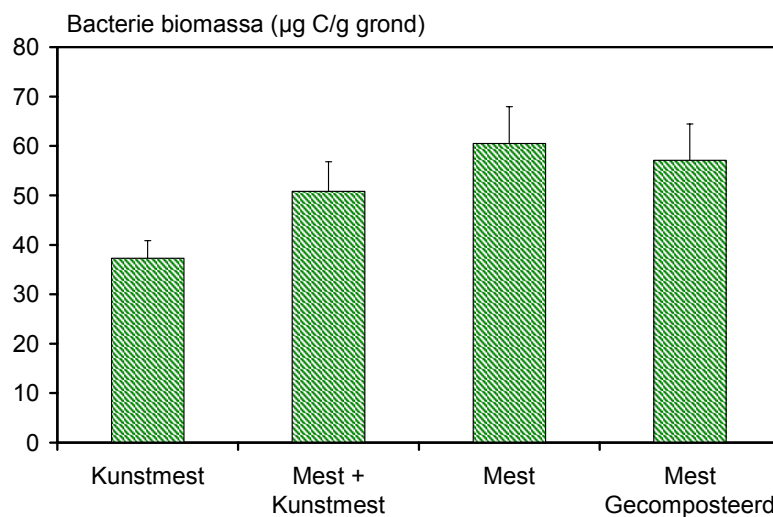
met 20-30% af maar bleef betrekkelijk hoog, als gevolg van het hoge organische-stofgehalte. Dit leidde tot een relatief hoge uitspoeling, vooral in de periode dat er geen gewas stond. Het permanente grasland had een hoge microbiële biomassa met een lage groeisnelheid. Hier was de stikstofuitspoeling het laagst. Een behandeling waarbij een dertig jaar oude akker werd omgezet in nieuw grasland gaf na drie jaar nog weinig verschil in bacteriën, maar wel een verdubbeling in schimmelbiomassa en N mineralisatie. De opbouw van bacteriële biomassa en een bodemfauna die representatief is voor grasland vereist dus een periode langer dan drie jaar.

Er is meer inzicht verworven in de functionele betekenis van biodiversiteit van bodemdieren (in het bijzonder aaltjes en regenwormen) voor stikstofmineralisatie en -uitspoeling. Uit potproeven blijkt dat sommige soorten meer bijdragen dan andere. De combinatie van aanwezige soorten is belangrijk voor het eindresultaat vanwege specifieke interacties²⁷. Kennis van deze relaties is belangrijk om met gerichte maatregelen de natuurlijke bodemvruchtbaarheid en nutriëntenretentie zo goed mogelijk positief te beïnvloeden.

4.3 De invloed van bemesting

Mesttype

Veranderingen in mesttype hebben na langere tijd (twintig jaar) duidelijke effecten op het percentage organische stof en op het bodemleven, vooral in de akkerbouw. De verschillen tussen minerale en organische mest zijn groot. In vergelijking met minerale mest leidt organische mest tot een toename van dertig tot vijftig procent in hoeveelheden micro-organismen, bodemdieren en de N-mineralisatie. Hierbij is vooral de hoeveelheid organische mest van belang. Effecten van het type organische mest (drijfmest, stalmest, compost) zijn binnen vijf tot zeven jaar nog onduidelijk. Na vijftientig jaar was de bacteriebiomassa in akkergrond veertig tot zestig procent hoger met organische mest dan met minerale mest (Fig. 4.4). Dit ging gepaard met een meer dan dertig procent hogere N-mineralisatie. De akkers die alleen organische mest kregen hadden een hogere microbiële biomassa, lagere microbiële activiteit en minder verlies van koolstof uit de bodem.

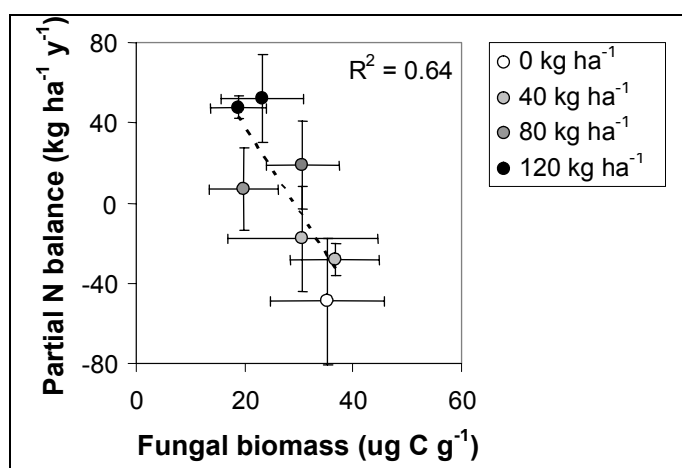


Figuur 4.4. Bacteriebiomassa na 27 jaar met verschillende soorten mest. Akkerbouw, proefbedrijf Therwil, Zwitserland.

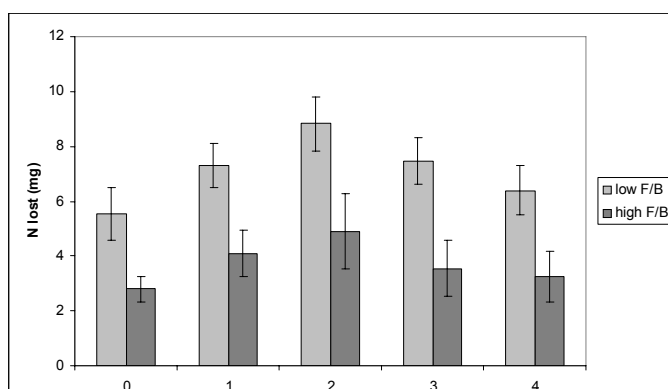
²⁷ Postma-Blaauw *et al.*, 2006

Mestniveau

In natuurlijke bodems, met weinig nutriënten, komen relatief veel schimmels voor²⁸. Omdat er minder mest mag worden gebruikt, werd onderzocht of ook op landbouwgrond minder mest leidt tot meer schimmels. In bouwland (Bovenbuurt) vonden we met vijftig procent minder (kunst)mest meer regenwormen en schimmelende nematoden, en minder stikstofuitspoeling. Er was geen duidelijk effect op de hoeveelheid schimmels. De schimmelbiomassa is op bouwland meestal laag, waarschijnlijk door de grondbewerking en het lagere organische stofgehalte. De gewasproductie in een rotatie bleef gelijk, en was 8% lager met continu maïs. Op grasland (Aver Heino) vonden we met minder dierlijke mest al binnen drie jaar meer schimmels en een lagere bacterieactiviteit in de bodem²⁹. De productie van gras en van gras-klover bleef gelijk. De stikstofuitspoeling (nitraat in grondwater) nam toe met de bemesting en was hoger onder gras-klover dan onder gras. Een kleiner stikstofoverschot bij lagere N-bemesting ging gepaard met een grotere schimmelbiomassa en een hogere schimmel/bacterie verhouding (Fig. 4.3). Een grotere schimmelbiomassa wijst op een lagere kans op N uitspoeling.



Figuur 4.5. Toename van schimmels met afname van hoeveelheid dierlijke mest (kg N/ha) en stikstofbalans (aanvoer minus afvoer met gewas) in grasland, Aver-Heino.



Figuur 4.6. De helft minder stikstofuitspoeling in bodemkolommen van grasland met hogere schimmel/bacterieverhouding (Fungal/Bacterial ofwel F/B ratio) bij gelijke gewasopbrengst.

²⁸ Van der Wal *et al.*, 2006

²⁹ De Vries *et al.*, 2006; De Vries *et al.*, in press

Wanneer we grondkolommen van deze veldproef een maand in de kas lieten groeien met eenzelfde hoeveelheid kunstmest en wekelijkse beregening, dan bleek de stikstofopbrengst van het gras gelijk te zijn, terwijl de helft minder stikstof uitspoelde uit de grond met de hogere schimmel/bacterie verhouding (Fig. 4.4). Dit wijst op immobilisatie van N door schimmels en bacteriën.

4.4 Conclusie

In grasland met minder stikstofbemesting en lagere uitspoeling vinden we meer regenwormen, meer schimmels, een hogere schimmel/bacterie verhouding, en een hoge biomassa maar lage activiteit van de bacteriën. In grondkolommen van grasland met een hogere schimmel/bacterie verhouding vinden we de helft minder uitspoeling bij dezelfde hoeveelheid kunstmest en grasproductie. Waarschijnlijk wordt er meer N vastgelegd door het bodemleven. Organische mest bevordert bacteriën, nematoden en regenwormen, en geeft een (30 tot 50%) hogere stikstof-mineralisatie dan kunstmest. Door de hogere mineralisatie kan het gebruik van kunstmest worden beperkt. Twintig jaar organische bemesting leidde op bouwland tot een omvangrijker en efficiënter bodemleven, waarbij het organische-stofgehalte van de bodem beter op peil bleef dan bij gebruik van minerale mest. Inzaaien van gras op bouwland (vruchtwisseling) geeft al in drie tot vijf jaar een aanzienlijke verhoging van het bodemleven en de mineralisatie.

Literatuur

- Bloem, J., J. Faber, F. Smeding, N. Van Eekeren, M. Rutgers, T. Schouten.
Bodemleven en mineralisatie. Nieuwe Oogst, 23 juni 2007. Katern Agrobiodiversiteit, p. 9.
- Bloem, J., A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. van der Werf & A.M. Breure, 2006.
Monitoring and evaluating soil quality. In "Microbiological Methods for Assessing Soil Quality" (J. Bloem, A. Benedetti & D.W. Hopkins, editors), pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK.
- Bloem, J., T. Schouten, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, M. Rutgers & T. Breure, 2004.
Measuring soil biodiversity: experiences, impediments and research needs. In "Agricultural impacts on soil erosion and soil biodiversity: developing indicators for policy analysis" (R. Francaviglia, editor), Proceedings of the OECD expert meeting on soil erosion and soil biodiversity indicators, 25-28 March 2003, Rome, Italy. OECD, Paris, p. 109-129. (http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nsf)
- Breure, A.M., C. Mulder, M. Rutgers, T. Schouten, D. de Zwart & J. Bloem, 2004.
A biological indicator for soil quality. Proceedings of the OECD expert meeting on soil erosion and soil biodiversity indicators, 25-28 March 2003, Rome, Italy. OECD, Paris, p. 485-494. (http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/soil_ero_bio.nsf)
- De Vries, F.T., E. Hoffland, N. Van Eekeren, L. Brussaard & J. Bloem, 2006.
Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting management. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 2092-2103.
- De Vries, F.T., J. Bloem, N. van Eekeren, L. Brussaard & E. Hoffland. In press.
Fungal biomass in pastures increases with age and reduced N input. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Dilly, O., J. Bloem, A. Vos & J.C. Munch, 2004.
Bacterial diversity during litter decomposition in agricultural soils. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 468-474.
- Koopmans, C.J., F.W. Smeding, M. Rutgers, J. Bloem & N. van Eekeren, 2006.
Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw. Rapport Louis Bolk Instituut, RIVM, Alterra. <http://www.louisbolk.org/downloads/1871.pdf>
- Mulder, C., J.E. Cohen, H. Setälä, J. Bloem & A.M. Breure, 2005.
Bacterial traits, organism mass, and numerical abundance in the detrital soil food web of Dutch agricultural grasslands. *Ecology Letters* 8: 80-90.
- Postma-Blaauw, M.B., F.T. de Vries, R.G.M. De Goede, J. Bloem, J.H. Faber & L. Brussaard, 2005.
Within-trophic group interactions of bacterivorous nematode species and their effects on the bacterial community and nitrogen mineralization. *Oecologia* 142: 428-439.

- 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 50:243-256.
- Rutgers, M., Ch. Mulder, A.J. Schouten, J.J. Bogte, A.M. Breure, J. Bloem, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J.H. Faber, N. van Eekeren, F.W. Smeding, H. Keidel, R.G.M. de Goede, L. Brussaard, 2005.
Typering van bodemecosystemen - Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. Rapport 607604007, RIVM, Bilthoven.
- Van der Wal, A., J.A. van Veen, W. Smant, H.T.S. Boschker, J. Bloem, P. Kardol, W.H. van der Putten & W. de Boer, 2006.
Fungal biomass development in a chronosequence of land abandonment. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 51-60.
- Van Wensem, J. & J.H. Faber, 2007.
Ecosysteembenadering als innoverend concept voor bevordering van duurzame bodemkwaliteit. *Bodem* 17 (4): 153-156.

5. Functionele agrobiodiversiteit (FAB) op melkveebedrijven³⁰

5.1 Inleiding

Op weg naar een duurzame landbouw zal het benutten van agrobiodiversiteit normaal moeten worden, ook in de melkveehouderij. Om dit te bereiken is inzicht nodig in de kijk van melkveehouders op agrobiodiversiteit, de belemmeringen die worden ondervonden, de mogelijkheden en de mate waarin die aantrekkelijk en kansrijk zijn, en de manier waarop met belemmeringen en kansen moet worden omgegaan.

Kortom, inzicht is gewenst in hoe agrobiodiversiteit 'landt' in de landbouw. Het project Koeien & Kansen is een aantrekkelijke omgeving om dit inzicht te verkrijgen en om een start te maken met verbreding naar de sector. De deelnemende bedrijven staan model voor een vooruitstrevend, zij het relatief intensief deel van de gangbare melkveehouderij en nieuwe benaderingen vinden snel hun weg naar de praktijk. Agrobiodiversiteitsonderzoek is dan ook in het kader van dit onderzoek toegepast op bedrijven in het project Koeien & Kansen. De ervaringen worden onderstaand beschreven.

5.2 FAB en het bedrijfssysteemonderzoek

Het onderzoek naar agrobiodiversiteit was in 2004 nieuw in 'Koeien & Kansen'. In het FAB onderzoek en in het 'Koeien & Kansen' onderzoek worden dezelfde doelen nagestreefd³¹. Er wordt echter verschillend gedacht over hoe die doelen bereikt kunnen worden en in het bijzonder over wat het benutten van FAB kan bijdragen aan duurzame productie³².

Sommige melkveehouders moeten schroom overwinnen voordat ze zich op het bedrijf bezig houden met het bodemleven. Lang niet allemaal zijn ze ervan overtuigd dat het bevorderen van het bodemleven kan bijdragen aan de bedrijfsdoelen, met name de bedrijfseconomie. Als dat wel zo was zouden ze op grond van een kosten-baten afweging beslissen om er tijd aan te besteden³³. Er is dus sprake van een drempel, maar die wordt minder belemmerend als de voordelen van het benutten van bodemleven duidelijk genoeg zijn.

Beslissingen op Koeien & Kansen bedrijven zijn sterk gebaseerd op inzicht in N- en P-stromen in het bedrijf. Effecten van FAB zijn veelal nog niet vertaald in mineralenstromen op bedrijfsniveau en spelen daardoor een beperkte rol in de besluitvorming. Daarom worden soms ingrepen gedaan die logisch zijn in de denkwereld van het mineralenmanagement volgens Koeien & Kansen, maar die nadelig lijken vanuit een FAB perspectief. Een voorbeeld is de toepassing van mestvergisting op proefbedrijf De Marke. De mineralisatie van organisch gebonden stikstof in de bodem varieerde op onvoorspelbare wijze tussen percelen en jaren³⁴. Deze variatie veroorzaakt N-verliezen omdat hoge mineralisatie vaak tot een mineraal N aanbod leidt dat de gewasbehoefte overstijgt en dan verloren gaat. Een substantieel deel van de gemineraliseerde stikstof komt uit dierlijke mest. Door mestvergisting is een deel van de (onvoorspelbare) mineralisatie verplaatst naar de mestopslag, zodat het risico van verliezen door variabele mineralisatie in het veld afneemt. De aanvoer van organische stof naar de bodem is echter afgenomen. Er is dus minder substraat voor het bodemleven. Het is niet duidelijk of dit effect zo nadelig is dat het voordeel van mestvergisting teniet gedaan wordt. Dat beperkt het gewicht dat eraan wordt gegeven in de afweging over het al dan niet toepassen van mestvergisting.

Een ander voorbeeld heeft betrekking op de keuze tussen gewassen. Voor het bevorderen van het regenwormenbestand lijkt het bevorderlijk om een zo groot mogelijk deel van het areaal bij een bedrijf te bestemmen voor gras en de teelt van maïs en andere voedergewassen te beperken. Voor een efficiënt mineralengebruik heeft een groot

³⁰ Auteurs: Koos Verloop en Rob Geerts

³¹ Verloop en Geerts, 2007

³² Verloop *et al.*, 2005

³³ Verloop *et al.*, 2005

³⁴ Verloop *et al.*, 2007

maïsaandeel echter juist voordelen. Ten eerste is maïs van belang om de verhouding van energie en eiwit in het rantsoen van melkvee in evenwicht te krijgen. Als er teveel eiwit in het rantsoen zit in vergelijking met energie, gaat de N- en P-benutting in de veestapel sterk achteruit³⁵. Bovendien is de stikstofbehoefte van gras veel hoger dan van maïs. Voor het beperken van het gebruik van kunstmest is het daarom nadelig als het grasaandeel erg hoog is (Aarts *et al.*, 2002). Voor droge zandgrond geldt bovendien dat gras te lijden heeft van droogtestress. Daardoor zal er ook wanneer veel gras wordt geteeld geen sprake zijn van een permanent, dat wil zeggen niet of zelden vernieuwd, grasland. De herinzaaifrequentie van grasland op droge zandgrond is niet zelden eens in de vijf tot zeven jaar. Dit is vermoedelijk te kort om een bodemverbetering te realiseren door bevordering van bodemleven. Deze voorbeelden maken duidelijk dat FAB nadrukkelijker meegenomen zou worden in de bedrijfsvoering als de mogelijkheden van het benutten ervan nadrukkelijker in bedrijfsverband onderzocht zouden worden. Effecten van FAB zijn vaak uitgedrukt in bodembioïologische karakteristieken. Minder vaak worden ze uitgedrukt in effecten op N- en P-stromen op perceelsniveau en zelden in effecten op N- en P-stromen op bedrijfsniveau. Beslissingen van melkveehouders zijn echter in belangrijke mate gebaseerd op afweging van effecten op het niveau van het totale bedrijf. Utdrukken van FAB-effecten op deze schaal kan ervoor zorgen dat FAB een zwaardere rol kan spelen bij beslissingen. Het onderzoek naar mineralenbeheer in bedrijfsverband maakt duidelijk dat verschillende pakketten van samenhangende maatregelen kunnen leiden tot duurzaamheid. Welk pakket de voorkeur heeft, hangt af van fysieke omstandigheden op het bedrijf (bodemtype, hydrologie) of de bedrijfsstructuur. Soms zal veel gebruik worden gemaakt van FAB door ingrepen in het bedrijf te veranderen of achterwege te laten zodat de 'biologie op het bedrijf' meer kans krijgt om zich te ontwikkelen. Onder andere omstandigheden zal sturing met minder nadruk op FAB bijdragen aan duurzame productie. De grens tussen beide situaties is niet algemeen aan te geven.



Figuur 5.1. Discussies met deelnemers van Koeien & Kansen en adviseurs tijdens een workshop over het benutten van agrobiodiversiteit.

5.3 Biologische richtingwijzers en Grassen die Passen

Met de ondernemers van Koeien & Kansen werden de volgende toepassingen van agrobiodiversiteit verder uitgewerkt:

- Ontwikkeling van biologische richtingwijzers om het management van de melkveehouder te ondersteunen en
- Grassen die Passen: streven naar een graszode met een langere levensduur door het gebruik van grassoorten en -rassen af te stemmen op de groeiomstandigheden (bodemtype, hydrologie en gebruik).

Biologische richtingwijzers

Met een biologische richtingwijzer wordt bedoeld: kenmerken van planten, de bodembioïologie en de natuur op en rond een bedrijf die aanwijzingen geven voor het beheer van bodem en gewas. Het meest aantrekkelijk bleek om

³⁵ Šebek *et al.*, 2007

aanwijzingen te zoeken voor het optimale tijdstip om de eerste bemesting op grasland uit te voeren. Deze benadering maakt gebruik van de *bestaande* biodiversiteit. De productie hoeft niet 'biologischer' te worden, maar er wordt wel gestreefd naar een hogere benutting van mineralen.

Grassen die passen

Meestal wordt bij graslandvernieuwing een standaard graszaadmengsel toegepast, gebaseerd op Engels raaigras. Het zaaien van landbouwkundig hoogwaardige grassen is sinds 1950 in zwang geraakt en gepropageerd om de productie van grasland te verhogen. Het is echter de vraag of niet te automatisch teruggevallen wordt op dezelfde graszaadmengsels, terwijl de groeiomstandigheden waarin ze worden toegepast en de doelen waarvoor ze worden gebruikt (maaien, beweiden) sterk verschillend zijn. In een voorstudie met Koeien & Kansen deelnemers werd geconcludeerd dat dit standaard gebruik van Engels raaigras niet altijd optimaal is. Een graszode bestaand uit grassen die goed bij de omstandigheden passen, kan een langere levensduur hebben.

Een tweede motief om toepassing van een breder samengestelde graszode te onderzoeken houdt verband met de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer (SAN) van Programma Beheer. Op gronden die opengesteld zijn voor een subsidieregeling (wat wordt bepaald in gebiedsplannen die worden opgesteld in rijks- en provinciaal beleid) kan een beheersovereenkomst afgesloten worden. Vaak ligt het beheerspakket 'Ontwikkeling kruidenrijk grasland' voor de hand. De taak voor melkveehouders is om op gronden met deze overeenkomst grasland te ontwikkelen met vijftien plantensoorten. Pogingen om een diversiteit van kruiden en grassen spontaan, uit de (nog) aanwezige zaden in de bodem, te laten ontstaan, leiden vaak tot tegenvallende resultaten³⁶. De ondernemer staat voor de vraag hoe het gewenste grassenbestand te bereiken op een wijze die zo goed mogelijk bijdraagt aan de voerproductie.

5.3.1 De 'First Post', indicator van juiste *timing* bemesting grasland

Voor een goede benutting van mineralen is het van belang om de eerste bemesting in grasland op het juiste tijdstip uit te voeren. Dit moment wordt, naast de bereikbaarheid van de bodem en de ruimte in de mestopslag, bepaald door de biologische activiteit van de graszode. Dierlijke mest en kunstmest kunnen het best net voor de start van de voorjaarsgroei toegediend worden. Als de voorjaarsgroei begint, begint het gras mineralen op te nemen. Als te vroeg wordt bemest zit er lange tijd tussen bemesting en de voorjaarsgroei en is de kans groot dat een groot deel van de aangewende stikstof verloren gaat door uitspoeling door regenbuien of door denitrificatie. In beide situaties wordt het milieu belast en zal de melkveehouder de verloren stikstof compenseren door extra aan te voeren. Een praktisch probleem is dat het moeilijk is om aan de graszode te zien wanneer de voorjaarsgroei begint.

De temperatuursom (de som van de gemiddelde etmaaltemperatuur na 1 januari, waarbij negatieve etmaaltemperaturen niet zijn meegeteld) wordt algemeen gebruikt om het beste tijdstip van de eerste bemesting te bepalen. Dit advies voor het bemestingstijdstip geeft, ook al is het in de loop der tijd verfijnd³⁷, een algemene indicatie. Verkend is of in aanvulling hierop bedrijfsspecifiek de start van de grasgroei afgeleid kan worden van de biologische ontwikkeling van andere, makkelijk waarneembare planten op en rond het bedrijf. Een inventarisatie wees uit dat de Vroegeling, Klimop Ereprijs, de Narcis en Klein Hoefblad juist bloeien voor de voorjaarsgroei. De Schietwilg (*Salix Alba*) ontplooit net voor de voorjaarsgroei het blad. Een voordeel van het gebruik van de wilg als indicator is dat deze eenvoudig waarneembaar is. In de onderzochte jaren viel het moment van bladontplooiing goed samen met de start van de grasgroei. Inmiddels is de *First Post* een begrip in de bemestingsplannen van Koeien & Kansen ondernemers. De komende jaren zal deze indicator verder gevolgd worden.

5.3.2 Grassen die passen

Op melkveebedrijf 'De Kleijne' te Landhorst, gelegen op droge zandgrond, werd een veldproef aangelegd met drie typen grasmengsels. De ontwikkeling na inzaai werd gevolgd bij verschillende behandelingen met mest. Het mengsel

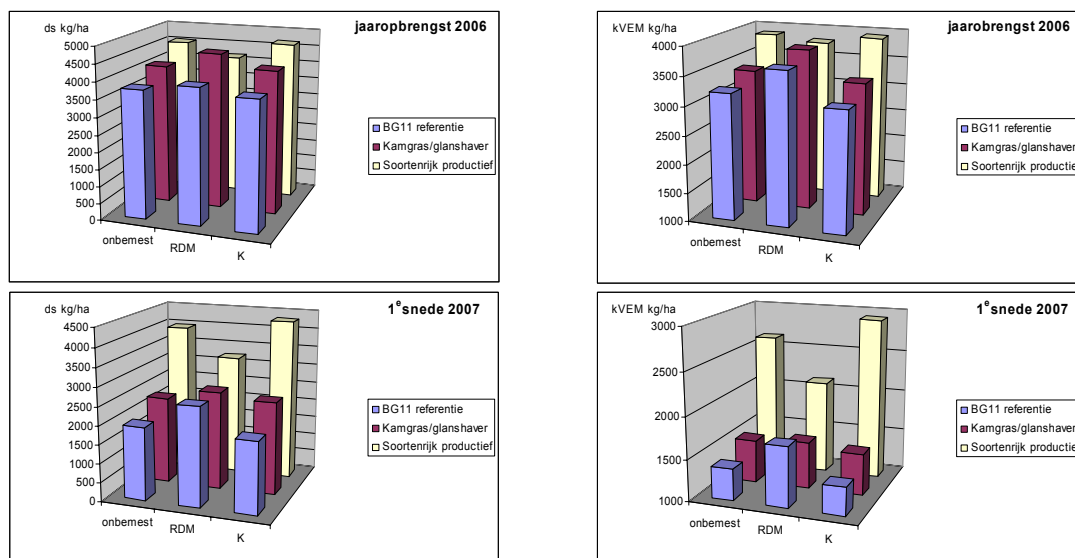
³⁶ Altena en Oomes, 1991

³⁷ Bussink, 2001

aangeduid als 'Soortenrijk productief' bestaat naast Engels raaigras uit Beemdlangbloem, Timothee, Kamgras, Veldbeemdgras, Ruwbeemdgras, Glanshaver, Goudhaver en Reukgras verschillende klaversoorten, Weegbree en een aantal kruiden. Het mengsel Kamgras/Glanshaverhooiland bestaat uit een graszaadmengsel van negen grassoorten, aangevuld met een natuurzaadmengsel. Op deze wijze wordt de bodem als het ware geënt met zaden van een groot aantal grassen en kruiden. Het zaad van de kruiden en deels ook van de grassen is gewonnen in bestaande soortenrijke graslanden. De herkomst is daardoor zuiver inheems en de genetische basis is breed. Het mengsel 'Gangbaar' is opgenomen als referentie voor normale productiegraslanden en bestaat uit vooral Engels raaigras aangevuld met Beemdlangbloem en Timothee.

De voorlopige resultaten wijzen erop dat de productie van de brede mengsels, 'Soortenrijk productief' en 'Kamgras/Glanshaverhooiland', hoger is dan die van het gangbare mengsel (Fig. 5.2). Het toegepaste bemestingsniveau is laag. De productie van alle graslandmengsels blijft dan ook achter bij die van intensief bemeste graslandpercelen. Uit figuur 5.2 mag daarom niet zonder meer opgemaakt worden dat kruidenrijke en soortenrijke graslanden op intensief bemeste productiegronden ook productiever zouden zijn dan een gangbaar mengsel. De voederwaarde van het gangbare mengsel, uitgedrukt in de kVEM, is iets hoger maar de verschillen zijn klein. Dit resultaat komt overeen met ervaringen dat vervanging van intensief geteeld gras door beheersgras tot twintig procent goed mogelijk is zonder waarneembare effecten op de voeropname en melkproductie van hoogproductieve koeien. De bredere mengsels lijken zich goed te vestigen. Voortzetting van het onderzoek zal duidelijk moeten maken of de positieve conclusies geldig blijven over een langere periode.

Bepaalde kruiden en klavers in extensieve graslanden zijn rijk aan spore elementen zoals calcium, magnesium, natrium, zink en koper³⁸. Dergelijke spore elementen worden aangevoerd door aankoop van mineralenmengsels als supplement in veevoer. Dit leidt tot accumulatie van zware metalen zoals zink en koper in landbouwgronden. De aanwezigheid van kruidenrijke graslanden op een bedrijf kan de aankoop van mineralenmengsels mogelijk overbodig maken en zo een gunstig effect hebben op de balans van zware metalen. Dit werd bevestigd tijdens een bijeenkomst van de Nederlandse Vereniging van Weide- en Voederbouw op het bedrijf De Kleijne³⁹. Daarom worden niet alleen de opbrengst van droge stof, stikstof en fosfaat en de voederwaarde bepaald, maar ook de gehalten aan spore elementen. De resultaten van deze bepalingen zijn nog niet beschikbaar.



Figuur 5.2. Opbrengsten van de verschillende graslandmengsels (2006 en 2007). Links is de droge stofopbrengst weergegeven, rechts de opbrengst uitgedrukt in voederwaarde.

³⁸ Van der Kley, 1957, Isselstein, 1994; Van Eekeren *et al.*, 2004; Korevaar *et al.*, 2006

³⁹ NWW, 2007

Op hetzelfde bedrijf wordt het gangbare mengsel en het Kamgras/Glanshaverhooiland toegepast op twee percelen die in totaal vier ha beslaan. De helft daarvan wordt alleen gemaaid en de helft wordt als hooiweide beheerd. Ten slotte wordt in 2007 een deel van de meest intensief gebruikte graslandpercelen opnieuw ingezaaid om vervolgens twee droogtebestendige graslandmengsels te gebruiken (waarvan één is gebaseerd op Rietzwenkgras en Kroppaar). Het doel hiervan is om een grasmengsel toe te passen dat bestand is tegen vergaande droogtestress. Hiernaar wordt gezocht omdat de betreffende ondernemer tracht beregening volledig achterwege te laten, hetgeen op de droge zandgrond tot sterke verdroging van de graszode zal leiden. Hiermee worden de eerste stappen gezet in de richting van toepassing van bredere graslandmengsels ook in productieland. Ervaringen met beheersgrasland lijken een nuttig zicht te bieden op de mogelijkheden van effectieve verbreding van het grassenbestand in productiegrasland.

5.4 Conclusies en aanbevelingen

De kansen van het benutten van agrobiodiversiteit zouden meer gezocht en onderzocht moeten worden in relatie tot de context van het bedrijfssysteem. Zo worden interacties tussen onderdelen van het productiesysteem (bodem, gewas, veestapel en mest) meegenomen in toetsen van effectiviteit. Dit kan ertoe leiden dat nieuwe mogelijkheden gevonden worden of juist dat eerder veronderstelde mogelijkheden minder op de voorgrond komen.

Melkveehouders zien perspectief in het benutten van agrobiodiversiteit als daardoor oplossingen in beeld komen voor problemen die op het niveau van bedrijfssystemen worden ervaren. Een goede aansluiting van onderzoek naar agrobiodiversiteit en bedrijfssysteemonderzoek is daarom een voorwaarde voor het laten landen van agrobiodiversiteit in de landbouw.

Het mineralenmanagement in de melkveehouderij kan verbeterd worden door het te verfijnen met behulp van waarnemingen aan de biologie op en rond het bedrijf. De ervaringen met het aflezen van de start van de grasgroei van de ontwikkeling van de schietwilg zijn positief en dragen bij aan effectieve bemesting.

Het toepassen van grassen die passen bij de heersende omstandigheden op bedrijven lijkt voordelen te hebben boven gebruik van standaard graszaad. Ervaringen met de botanische ontwikkeling van beheersgrasland kunnen bijdragen aan inzicht in de mogelijkheden om het grassenbestand te verbreden in productiegrasland.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens & J.J. Schröder, 2002.
Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond; Analyse van resultaten proefbedrijf 'De Marke', rapport 36.
- Altena H.J. & M.J.M. Oomes, 1991.
Leidt een verschralend graslandbeheer tot de ontwikkeling van soortenrijke graslanden?
De Levende Natuur nr 3.
- Bruinenberg, M.H., 2003.
Forages from intensively managed and semi-natural grasslands in the diet of dairy cows. PhD Thesis
Wageningen University.
- Bussink, 2001.
Bedrijfsspecifiek temperatuursom-advies goed voor grasopbrengst en stikstofbenutting, NMI Wageningen.
- Duinkerken, G. van, G.J. Rummelink, H. Valk, K.M. van Houwelingen & K. Hettinga, 2005.
Beheersgraskuil als voeder voor melkgevend koeien. PraktijkRapport Rundvee 77. Animal Science Group
Wageningen UR.
- Eekeren, Nick van, Goaitske Iepema & Marco van Liere, 2004.
Zoektocht naar mengteelt van grasklaver en kruiden. Ekoland 4-2004.
- Geerts, R.H.E.M. & M.J.M. Oomes, 2000.
Kan de Spaanse ruiter het Wageningse Binnenveld heroveren? De Levende Natuur, 101^{ste} jaargang, nummer 3.
- Isselstein, J.N.P., 1994.
Zum Futterbualichen Wert verbreiteter grünlandkräuter. Habilitationsschrift, Universität Gießen.

Kley, F.K. van der, 1957.

De betekenis van tweezaadlobbige graslandplanten voor de minerale samenstelling van weidegras. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen.

Korevaar, H., R.H.E.M. Geerts, W. de Visser & E. Koldewey, 2006.

Vier jaar multifunctionele gras- en bouwlanden in Winterswijk: gevolgen voor economie en ecologie op de bedrijven. Plant Research International Wageningen UR.

NVW, 2007.

Themadag 'Sporevoorziening ontspoord?: Sporenelementenvoorziening in de melkveehouderij', 151^{ste} themadag, 17 april 2007.

Postma, J., J.J. Schröder, K.B. Zwart & J.A. de Vos, 2001.

Bodemleven: doel op zich of inzetbaar middel? Voorstudie verricht in het kader van DLO-onderzoeksprogramma 342 Biologische productiesystemen in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, PRI Rapport nr. 42.

Šebek, L.B.J., A. Bannink & R. Zom, 2007.

Een duurzaam presterende melkveestapel; Efficiëntie van de mineralenbenutting door de melkveestapel op bedrijven met een geringe mineralenaanvoer, in: Bundel 'Mineralen goed geregeld'.

Verloop, J., L.J.M. Boumans, H. van Keulen, J. Oenema, G.J. Hilhorst, H.F.M. Aarts & L.B.J. Šebek, 2006.

Reducing nitrate leaching to groundwater in an intensive dairy farming system, Nutr. Cycling in Agroecosystems, 74: 59-74.

Verloop, J., M. Boer, G. Koskamp, J. Oenema & R.H.E.M. Geerts, 2005.

Biologische richtingwijzers voor beheer van Bodem en Gewas; verkenning voor 'Koeien & Kansen'.

Verloop, J., G.J. Hilhorst & J. Oenema, 2007.

Stikstofmineralisatie op melkveebedrijf 'De Marke', Analyse van waarnemingen en van hun betekenis voor het management', PRI-nr. 132.

Verloop, J. & R.H.E.M. Geerts, 2007.

Functionele agrobiodiversiteit op melkveebedrijven. PRI rapport 154.

6. Begeleidende biodiversiteit⁴⁰

6.1 Inleiding

Agro-ecosystemen en de daarbij behorende natuurlijke landschapselementen vormen een geschikt biotoop voor veel soorten dieren en planten. De functionele (agro)biodiversiteit is in de voorgaande hoofdstukken uitgebreid aan de orde gekomen. De overige soorten in het agrarisch gebied worden tezamen wel de begeleidende biodiversiteit genoemd. Hieronder bevinden zich soorten die een landschappelijke- of natuurwaarde vertegenwoordigen, en soorten met een beschermd status omdat ze zeldzaam of bedreigd zijn. De grens tussen functionele en begeleidende biodiversiteit is echter niet scherp te trekken. Van veel soorten is niet bekend of ze diensten voor de landbouw vervullen. Bovendien kunnen functionele soorten, zoals voor de landbouw nuttige parasieten en predatoren, meestal niet in het agrarisch gebied overleven zonder natuurlijke prooien. De achteruitgang van de natuurlijke biodiversiteit in het agrarische gebied is dus niet alleen zorgelijk vanuit het perspectief van de natuur, maar ook omdat we niet goed weten welk deel van deze biodiversiteit nodig is voor het verloop van basale ecologische processen.

Dit hoofdstuk vat de resultaten samen van het deelonderzoek binnen het programma 'Agrobiodiversiteit' van 2004 tot 2007, waarin de gehele natuurlijke biodiversiteit in het agrarisch gebied centraal stond, dus zonder onderscheid te maken tussen functioneel en begeleidend. Ook enkele relevante resultaten uit eerdere onderzoeksprogramma's komen voor het voetlicht. Er werd aan de volgende hoofdthema's gewerkt:

- Het belang van het agrarisch gebied voor de soortenrijkdom in Nederland;
- Effecten van kruidenrijke akkerranden op de biodiversiteit van vliegende insecten op akkerbouwbedrijven;
- Biodiversiteit van het bodemleven (springstaarten en mijten) in agrarische en niet-agrarische gronden;
- De bijdrage van groene dooradering op het bedrijf aan de biodiversiteit van het agrarisch landschap.

Het onderzoek aan springstaarten en mijten is gekoppeld aan een uitgebreid, landelijk dekkend en langjarig onderzoeksprogramma met de naam 'de Bodem Biologische Indicator' (BoBI; zie ook Hoofdstuk 4). Binnen BoBI wordt onderzoek gedaan aan het bodemleven, met als doel te komen tot een indicator voor de biologische kwaliteit van de bodem. In dit kader worden waarnemingen gedaan aan het hele bodemvoedselweb, inclusief bacteriën en schimmels, aaltjes, springstaarten, mijten, potwormen en wormen.

6.2 Het belang van het agrarisch gebied voor de soortenrijkdom

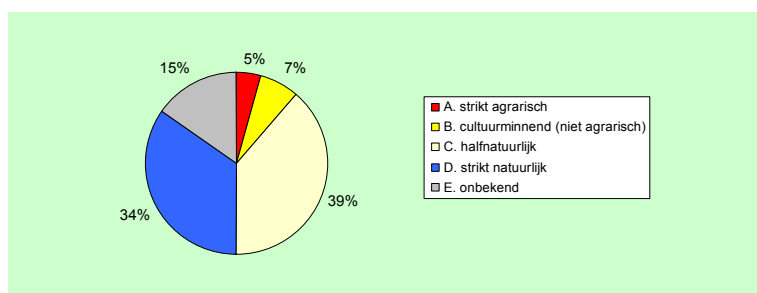
Het Nederlandse landoppervlak bestaat voor ongeveer tweederde deel uit landbouwgebied (Fig. 6.1) en herbergt meer dan 35 duizend soorten. Door de ondertekening van het Biodiversiteitsverdrag van Rio de Janeiro in 1992 heeft Nederland zich verantwoordelijk gemaakt voor het behoud van de gehele biologische diversiteit op haar grondgebied, waaronder ook landbouwgronden. Vanuit het perspectief van soortenbescherming is het daarom van belang te weten hoeveel Nederlandse soorten van het landbouwgebied afhankelijk zijn.

⁴⁰ Auteurs: Joost Lahr, Gerard Jagers op Akkerhuis, Kees Booij



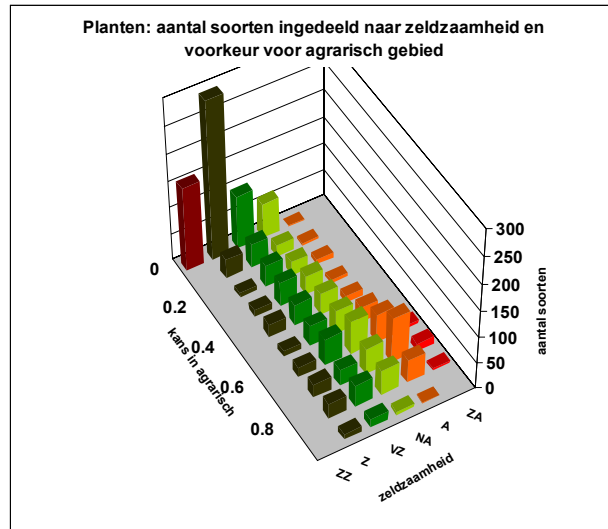
Figuur 6.1. Het agrarisch gebied in Nederland (grijs).

Een deskundigenanalyse van een representatieve steekproef uit het Nederlandse Soortenregister door een groot aantal ecologische/taxonomische experts wees uit dat ongeveer vijf procent van de Nederlandse soorten voor overleving van de populatie sterk afhankelijk is van het agrarisch gebied (Fig. 6.2). Het gaat daarbij om zeker 1300 soorten. Ongeveer driekwart hiervan zijn ongewervelde dieren, de overige zijn vooral paddenstoelen en vaatplanten. Het geringe aantal soorten ten opzichte van natuurlijke gebiedscategorieën (Fig. 6.2) laat zich voor een groot deel verklaren doordat het aantal verschillende habitattypen in het agrarische gebied minder groot is. Voor de strikt agrarische soorten geldt dat deze verloren gaan als het niet lukt om binnen het agrarisch gebied, dus buiten de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), optimale condities te creëren.



Figuur 6.2. Verdeling van de soorten uit een steekproef uit het Nederlands Soortenregister ($n=786$) over verschillende categorieën gebieden.

Naast deze benadering is ook een analyse uitgevoerd van de ruimtelijke verspreiding van vaatplanten in Nederland op basis van gegevens uit de Symbiosis database. Hieruit bleek eveneens dat het percentage soorten dat sterk gebonden is aan het agrarisch gebied laag is (Fig. 6.3). Verder bleek dat er veel meer plantensoorten in Nederland voorkomen die sterk gebonden zijn aan niet-agrarisch gebied en dat in het agrarisch gebied relatief weinig zeldzame planten worden gevonden. De oude akkeronkruiden, die eens sterk aan het agrarisch gebied waren gebonden, missen door intensivering van de landbouw inmiddels de juiste condities en overleven alleen op enkele arealen waar, omwille van soortbehoud, nog op historische wijze landbouw wordt bedreven.



Figuur 6.3. *Het aantal soorten vaatplanten als functie van de zeldzaamheid en de vindkans in het agrarisch gebied. ZA= zeer algemeen, A= algemeen, NA= niet algemeen, VZ= vrij zeldzaam, Z= zeldzaam, ZZ= zeer zeldzaam.*

6.3 Bepalende factoren op landschaps- en gebiedsniveau

De natuurlijke biodiversiteit in het agrarisch gebied hangt sterk samen met de inrichting van dat gebied en met de geschiktheid van de habitat die zich hierin bevindt. Onderzochte factoren zijn regionale verschillen en gebiedscategorieën, grondsoort en organische stof en groenblauwe dooradering.

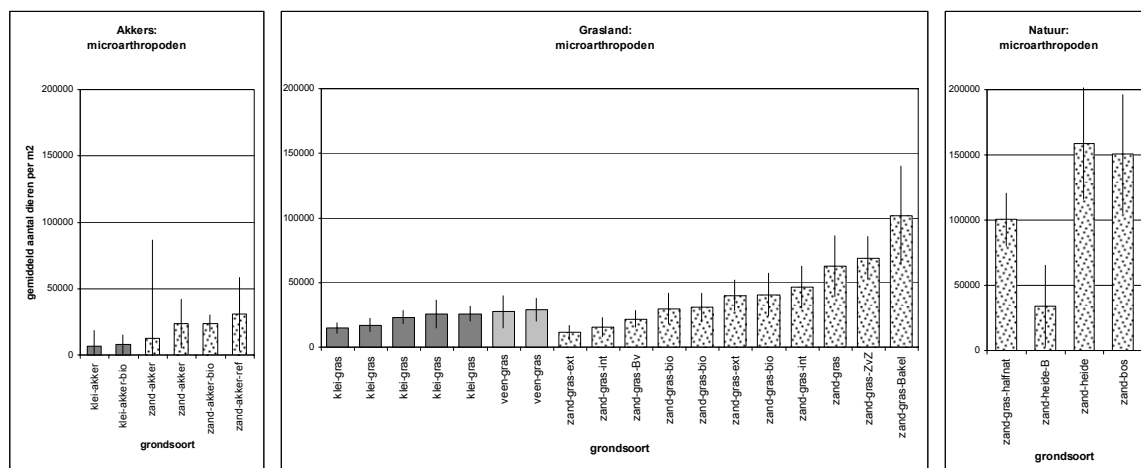
Regionale verschillen & gebiedscategorieën

Een van de uitkomsten van het akkerrandenonderzoek was dat de bovengrondse diversiteit aan insecten in hoofdzaak werd bepaald door de regio. Er waren soortgroepen die vooral in de Hoeksche Waard werden gevangen en er waren soortgroepen die voornamelijk op Schouwen-Duiveland voorkwamen. Het effect van de regio op de gevangen insecten is waarschijnlijk groter dan dat van de kruidenranden. Ook het bodemleven vertoont regionale verschillen. Dit bleek uit onderzoek aan springstaarten en mijten in zandgronden. Inventarisaties van bosbodems en van graslanden lieten beide een langzame verschuiving zien in de soortensamenstelling langs de Noordoost-Zuidwest as van Nederland.

Tot slot werden ook duidelijke regionale effecten gevonden bij insecten die leven in de groene dooradering in zandgebieden. Hierbij bleek dat de bovengrondse insectenfauna in Twente en de Achterhoek rijker was dan in Brabant. Het is niet bekend in welke mate een rijkere biodiversiteit in bepaalde regio's bijdraagt aan functies ten behoeve van de landbouw.

Grondsoort & organische stof

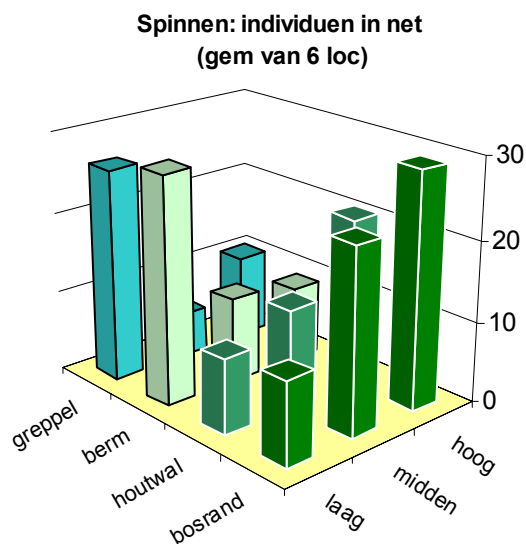
De grondsoort, die uiteraard deels samenhangt met de regio, heeft eveneens een groot effect op de aantallen springstaarten en mijten in de bodem (Fig. 6.4). De aantallen in klei- en veengrond zijn meestal laag en die in zandgronden relatief hoog. Dit verschil wordt zowel gevonden in akkers als in graslanden. Verder herbergen gronden met een hoger gehalte organische stof meestal een rijker bodemleven. Dit bleek onder meer uit een studie in graslanden op de boerderijen van de coöperatie Vel en Vanla in Friesland waar de aantallen springstaarten en mijten het hoogst waren in bodems rijk aan organische stof.



Figuur 6.4. Effecten van de grondsoort (per gewas) op het aantal mijten en springstaarten in de bodem. Donkergrijs=kleigrond, lichtgrijs=veengrond, gespikkeld=zandgrond. Gemiddelde waarden met 95% betrouwbaarheidsintervallen.

Groenblauwe dooradering

Een ander onderdeel van het programma Agrobiodiversiteit betrof de groenblauwe dooradering (GBDA). Uit onderzoek naar de effecten van GBDA op de bovengrondse insecten in zandgrondgebieden in Twente en Achterhoek en in Brabant bleek dat deze sterk bijdraagt aan de natuurlijke biodiversiteit in het agrarisch gebied. Een belangrijk resultaat was dat het aantal soorten binnen een soort ader toeneemt als in het landschap meer van dezelfde soort ader aanwezig is. Dit bleek onder andere voor spinnen. Spinnen die struiken prefereren werden het meest gevangen in houtwallen en bosranden en vooral in relatief sterk beboste gebieden (Fig. 6.5). Spinnen die in lage vegetatie leven waren juist het meest talrijk in greppels en vooral in weinig bebost gebied.



Figuur 6.5. Effecten van het landschap op natuurlijke vijanden in verschillende groene aders: aantal spinnen dat werd gevangen met een insectennet (slagnet) in 25 vierkante meter vegetatie. Percentage bedekking van het areaal met struiken of bomen: 7% = "laag", 12% = "midden", 27% = "hoog".

6.4 Maatregelen & factoren op bedrijfsniveau

Naast de effecten van landschappelijke- en gebiedsfactoren kan het voorkomen van natuurlijke dieren- en plantensoorten op agrarische bedrijven ook samenhangen met aan het type bedrijf (akkerbouw, tuinbouw, veeteelt) gekoppelde aspecten van de bedrijfsvoering. Een eenduidig en compleet beeld van deze effecten ontbreekt, maar in het programma is een aantal factoren en maatregelen aan de orde gekomen.

Type bedrijf & bedrijfsvoering

In het eerder beschreven steekproefonderzoek konden de deskundigen voor de agrarische soorten ook aangeven in welk type agrarisch gebied ze leven. Uit deze beoordeling bleek dat de aantallen agrarische soorten bij benadering gelijk verdeeld waren over grasland, éénjarige teelten, meerjarige teelten en boerenerven. Omdat het aantal agrarische soorten in de steekproef maar 36 bedroeg moet dit resultaat echter louter als een zeer ruwe indicatie worden beschouwd.

Uit het BoBl onderzoek bleek dat in de intensieve melkveehouderij (weilanden) en intensieve akkerbouw de soortensamenstelling van springstaarten en mijten sterk wordt gedomineerd door een kleine groep soorten die is aangepast aan de dynamische omstandigheden die samenhangen met intensief beheer (veel generaties per jaar en snelle verspreiding via meeliften met vliegende insecten). Kenmerkend voor intensieve graslanden is verder het hoge aantal rovers dat aaltjes (nematoden) eet. Een mogelijk voordeel daarvan is dat ze ook vrijlevende stadia van plant-parasitaire aaltjes eten. Kenmerkend voor intensieve akkers is de aanwezigheid van bacterie-etende soorten. Op biologische bedrijven kwamen meestal meer soorten springstaarten en mijten voor, maar in relatief lage aantallen. In het algemeen blijkt het belang van de bedrijfsvoering voor het bodemleven uit de grote verschillen die bestaan in de vangsten van microarthropoden op verschillende typen bedrijven, zelfs als deze dezelfde grondsoort hebben (Fig. 6.4).

Grondbewerking

Het bodemleven in agrarische gronden blijkt sterk te worden beïnvloed door de intensiteit van de grondbewerking. In natuurlijke bodems, zoals onder heide, bos en halfnatuurlijk grasland, komen veel soorten voor die uiterst gevoelig zijn voor verstoring. Deze soorten verdwijnen onmiddellijk zodra de grond wordt bewerkt en komen niet snel terug. Dit effect is het sterkst bij intensieve grondbewerking en leidt tot een lagere diversiteit van springstaarten en mijten. De resterende soorten komen soms wel in hoge aantallen voor. Of dit effecten heeft op gewasgroei is niet bekend.

Bemesting

De wijze van bemesting heeft een grote invloed op de biodiversiteit in vooral graslanden. Uit een literatuurscan⁴¹ naar de nuttige functies van ongewervelde groepen mestfauna (vnl. kevers en vliegen; de larven hiervan zijn weer voedsel voor weidevogels) bleek dat de mestfauna onder meer profiteert van:

- een lange periode van weidegang (mest op het land);
- voldoende bemesting, maar niet te intensief;
- bemesting met ruige vaste mest (drijfmest bevat mogelijk meer giftige stoffen als ammoniak en sulfiden);
- gebruik van veevoer van een goede kwaliteit, met weinig graan;
- geen mestinjectie of zodenbemesting;
- weinig of geen gebruik van kunstmest.

Bemesting beïnvloedt ook het bodemleven. Als voorbeeld bespreken we hier de resultaten van onderzoek naar effecten op springstaarten en mijten in het proefbedrijf Bakel. Ten eerste bleek heel duidelijk, dat veel kunstmest of stalmest altijd leidt tot hogere aantallen dieren per vierkante meter maar dat dit samen gaat met een afname van de soortenrijkdom en van het percentage roofmijten in de grond. Blijkbaar waren niet alle soorten in staat om te profiteren van de sterk veranderde omstandigheden bij hoge mestgiften. Ten tweede bleek dat het bodemleven heel anders reageert op kunstmest dan op stalmest. Kunstmest stimuleerde wortelzuigende mijten maar de schimmeleters gingen achteruit, mogelijk door een verminderde schimmelgroei in de bodem. Van stalmest profiteerden alle soorten min of meer in gelijke mate, behalve soorten die meeliften op vliegende mestfauna. Deze profiteerden meer.

⁴¹ Lahr & van der Pol, 2007

Akkerranden

Bij veldonderzoek in de Hoeksche Waard en op Schouwen-Duiveland werden van bloemrijke akkerranden geen effecten op het totale aantal soorten vliegende insecten gevonden. Wel waren er verschillen waarneembaar in soortensamenstelling en aantallen dieren per groep. Vliegende kevers werden altijd meer gevangen in de randen dan in het tarwegewas, ongeacht de aanwezigheid van bloemen in de akkerranden. Bij vliegen en muggen (de Diptera) was het beeld anders. Hier bleek dat in gebieden met weinig bloeiende randen de meeste Diptera werden gevangen in het graangewas, terwijl in gebieden met veel bloeiende randen veel Diptera juist de voorkeur gaven aan de randen. Hieronder zijn ook de biologische vijanden die in de randen naar nectar/honigdauw en stuifmeel zoeken die ze nodig hebben om eieren te produceren. De eieren worden in het gewas gelegd waar de larven zich voeden met prooiën zoals luizen. Waarschijnlijk bieden bloemenarme randen minder van deze voedselbronnen dan een graangewas, terwijl bloemrijke randen juist meer bieden. Het onderzoek maakt het aannemelijk dat de effectiviteit van akkerranden streekgebonden is.

6.5 Conclusies

De omvang van de bovengrondse biodiversiteit hangt samen met invloeden op zowel lokale als regionale schaal. Op lokale schaal wordt de biodiversiteit bepaald door de gewaskeuze en de bedrijfsmaatregelen op landbouwpercelen, bijvoorbeeld door het gebruik van bloemrijke akkerranden en door de kwaliteit van de groene aders tussen de percelen. Hierbij stimuleert waarschijnlijk ieder gewas, elk type akkerrand en iedere adertype zijn eigen kenmerkende soorten.

De biodiversiteit van een perceel is ook afhankelijk van de omgeving. De biodiversiteit op een perceel hangt af van het gebied waarin het bedrijf zich bevindt. Een bosrijke omgeving bijvoorbeeld, stimuleert de diversiteit van bosachtige delen tussen agrarische percelen, zoals houtwallen en kleine bosjes. Een grasrijke omgeving stimuleert juist de biodiversiteit van grazige elementen op een bedrijf, zoals akkerranden, greppels en weilanden.

De ondergrondse biodiversiteit is afhankelijk van een samenspel van verschillende factoren, zoals grondbewerking, gewaskeuze, grondsoort, organisch stofgehalte en bemesting. Bij mijten en springstaarten leidt de combinatie van zware grondbewerking, zware bemesting en hakvruchten tot een achteruitgang van het organische-stofgehalte en verarming van het bodemecosysteem, waarbij alleen soorten overblijven die met deze dynamiek kunnen omgaan. Slechts zo'n vijf procent van de soorten in Nederland is voor zijn voortbestaan strikt afhankelijk van het agrarisch gebied. Toch gaat het hier om 1300 of meer soorten. Van deze soorten moet de instandhouding buiten de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) worden gerealiseerd. Dit vraagt om aanvullend beleid.

Het percentage van 5 is deels ook te verklaren door de beperkte variatie aan habitat in het agrarische landschap. De potentie van het agrarisch gebied is echter wel groot. Er zijn namelijk veel meer soorten die misschien niet strikt afhankelijk zijn van cultuurgronden, maar er wel voorkomen. Door verbetering van de milieukwaliteit van het landbouwgebied is dus veel winst te behalen voor de totale biodiversiteit.

Literatuur

Booij, K., J. Lahr & G. Jagers op Akkerhuis.

Hoe belangrijk is het agrarische gebied voor de insectendiversiteit? *Entomologische Berichten* 67(6).

Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., W.J. Dimmers, P. van den Brink, G. Martakis, A.J. Schouten, J. Lahr & H. Siepel.

Comparative methodology for assessing the biological quality of natural and cultivated sandy soils; a study based on the abundance and ecology of microarthropods. Ingediend bij *Agriculture, Ecosystems and the Environment*.

Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., R. van Kats, D.R. Lammertsma, J.J.C. van der Pol, O. Vorst, C.H.J. Booij & J. Lahr.

In voorbereiding. Effects of arable field margins with rich and poor floral resources on biodiversity.

Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., W. Ozinga, H. Kuipers & J. Lahr.

In voorbereiding. Geografische analyse planten.

Lahr, J., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, C.H.J. Booij, D.R. Lammertsma & J.J.C. van der Pol, 2005.

Bepaling van het belang van het agrarisch gebied voor de biodiversiteit in Nederland. Alterra rapport nr. 1139, Wageningen UR, Wageningen.

Lahr, J. & J.J.C. van der Pol, 2007.

Mestfauna en duurzame landbouw. Belangrijkste groepen dieren, levenswijze & ecologische diensten. Rapport nr. 1473, Alterra, Wageningen.

Lahr, J., K. Booij, D. Lammertsma & G. Jagers op Akkerhuis.

Nederlandse biodiversiteit. 2007 Hoe belangrijk is het agrarisch gebied? *Landschap* 24(3): 109-115.

7. Synthese

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het programma bij elkaar gebracht tot een synthese in antwoord op de drie kennisvragen zoals LNV die gesteld heeft in de Kaderbrief van 2004 (hoofdstuk 1). Onderdelen van voorafgaande hoofdstukken worden hier in een breder perspectief geplaatst. De drie vragen worden hieronder in aparte paragrafen geadresseerd, voorafgegaan door enkele algemene bevindingen en discussiepunten. In de voorgaande hoofdstukken zijn al diverse voorbeelden gepresenteerd waaruit blijkt dat functionele agrobiodiversiteit (FAB) kan worden benut in de bedrijfsvoering, en dat de voordelen voor een meer duurzame teelt in zicht zijn. Sinds eind vorige eeuw is er ruim voldoende wetenschappelijk inzicht dat FAB tot uitdrukking komt in verschillende ecosysteemdiensten⁴². Aan de orde is nu om de vertaalslag te maken naar praktijkmaatregelen om deze rol te bevorderen. Dit geldt in de eerste plaats voor natuurlijke ziekte- en plaagwering, waarbij maatregelen op verschillende schaalniveau's (perceel, bedrijf en landschap) de effectiviteit van FAB kunnen bevorderen. Uit wetenschappelijk onderzoek zijn op dit aspect van FAB momenteel de meeste voorbeelden beschikbaar. Deze vragen nadrukkelijk om praktijktoetsing, getuige de *pilots* die her en der in het land lopen. Ook op het vlak van bodemvruchtbaarheid en nutriëntenretentie speelt FAB een rol en kunnen gerichte maatregelen deze rol bevorderen. En zo zijn er nog wel meer ecosysteemdiensten van belang voor de landbouw waaraan agrobiodiversiteit een functionele bijdrage kan leveren, en zijn er tal van maatregelen die kunnen worden genomen om die bijdragen efficiënter te benutten. Beleidsmatig wordt het nu zaak om de verdere introductie van het werken met FAB in de praktijk te stimuleren vanuit een samenhangend breder kader dat niet langer steunt op een enkel aspect ervan.

Samenhang zoeken

Om het benutten van de verschillende functionele aspecten van agrobiodiversiteit in de praktijk voldoende samenhang te geven, is het nodig om te werken vanuit algemeen geldende principes (NB: dat is niet hetzelfde als algemeen toe te passen maatregelen). Over de effectiviteit van specifieke maatregelen kan beter op bedrijfsniveau besloten worden. Zulke principes vormen een basis voor het kiezen van geschikte maatregelen in specifieke situaties:

- Hoe meer verscheidenheid in bodemleven en bovengrondse biodiversiteit, des te meer functies (ecosysteemdiensten);
- Bodem en bovengrond hebben eigen schaalniveaus waarop maatregelen FAB kunnen bevorderen: FAB in de bodem wordt vooral op perceelschaal beïnvloed, bovengrondse FAB is te sturen met maatregelen op zowel perceelsschaal als op bedrijfs- en regioschaal;
- Schaalvergroting op perceelsniveau beperkt natuurlijke ziekte- en plaagwering door het afnemende belang van randen en omgeving;
- Ziekten en plagen kunnen worden onderdrukt door scheiding van gewassen in ruimte en tijd, vooral bij continuïteit in leefgebied voor natuurlijke vijanden;
- Hoe zwaarder de agrarische ingreep, des te groter de kans op ongewenste neveneffecten op functionele biodiversiteit;
- FAB draagt bij aan vermindering van het gebruik van hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen, energie).

Fine tuning op het bedrijf

Deze algemene principes voor het benutten van FAB zijn goed voor een basale houding bij een op duurzame teelt gerichte landbouw. Maar daaruit volgt nog niet direct wat in de praktijk zou moeten gebeuren. Functionele agrobiodiversiteit kan niet verzilverd worden door op alle bedrijven dezelfde maatregelen toe te passen. Dit kwam naar voren in het project Koeien & Kansen waar bleek dat maatregelen ter bevordering van het bodemleven door specifieke omstandigheden op het bedrijf kunnen leiden tot inefficiënt mineralengebruik. Adviezen over maatregelen zijn vaak gebaseerd op een te klein aantal proeven onder specifieke omstandigheden om algemeen geldende

⁴² Altieri, 1999

conclusies te kunnen trekken. Het voorbeeld uit Koeien & Kansen geeft aan dat beslissingen over de inzet van agrobiodiversiteit het best op bedrijfsniveau kunnen worden genomen en dat algemene uitspraken over de effectiviteit van maatregelen niet altijd zinvol zijn.

De doelen van het programma worden waarschijnlijk beter gediend door een benadering aan te bieden die boeren leert de kansen van agrobiodiversiteit te zien en te benutten. Deze denkwijze of benadering dient wel in maatregelen uitgewerkt te worden, maar zou niet moeten resulteren in het generiek voorschrijven van maatregelen of de suggestie dat deze altijd en overal even goed werken. Het beste kan de benadering concreet gemaakt worden door:

- voorbeelden te noemen van maatregelen die in bepaalde situaties effectief bleken te zijn;
- voorloperbedrijven te selecteren als rolmodel voor het benutten van agrobiodiversiteit (bijvoorbeeld projecten FAB Hoeksche Waard en Koeien & Kansen).

Belangrijk is dat de gehele sector zich aangesproken voelt voor het benutten van agrobiodiversiteit. Het voordeel van het werken met voorloperbedrijven is dat boeren het verhaal aan boeren vertellen. Ze zijn automatisch geneigd om de context van bedrijven in ogenschouw te nemen bij het vertellen over hun ervaringen.

7.2 Bovengrondse biodiversiteit

'Is het mogelijk om op bedrijfsniveau plagen te beheersen via de inrichting van landschap en een groene dooradering, al dan niet in combinatie met bedrijfs- of teeltmaatregelen?' zo luidde de eerste van de drie beleidsvragen die de basis van dit onderzoek vormden.

Naar natuurlijke regulatie

Biodiversiteit in het landbouw-ecosysteem kan een belangrijke functie hebben bij de preventie van ziekten en plagen. Door schaalvergroting en intensivering is veel biologische en ruimtelijke variatie verloren gegaan. Daardoor zijn natuurlijke regulatieprocessen verstoord geraakt en is de landbouw sterk afhankelijk geworden van bestrijdingsmiddelen.

Er is wel eens geschat dat wanneer de diversiteit van natuurlijke belagers van insecten (in dit geval insecten tegen insecten) zou worden gereduceerd tot nul, het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen in de open teelten twee keer zo groot zou zijn als nu. Het inzetten van fungiciden in de tarwe resulteert zo bijvoorbeeld in een luizenplaag omdat we alle insecten-pathogene schimmels doden. Door gebruik van een rupsenverdelger in een appelboomgaard ontstaat een mijtenplaag.

De uitdaging is om de diversiteit zodanig te verhogen dat het gebruik van bestrijdingsmiddelen teruggebracht kan worden. Zowel voor de Nederlandse situatie als in de ons omringende landen is verminderde toepassing van niet-selectieve bestrijdingsmiddelen de belangrijkste voorwaarde voor het instandhouden en bevorderen van de biodiversiteit en natuurlijke regulatiefuncties op en om het bedrijf.

De beoordeling van de risico's speelt een centrale rol bij individuele boeren maar ook bij de voorlichting en het beleid als het gaat om het benutten van biodiversiteit voor gewasbescherming en het maken van de overstap naar niet-chemische maatregelen. Het leerproces neemt een belangrijke plaats in bij die overstap. Uitwisseling van praktijkervaringen tussen boeren vergroot het zelfvertrouwen en stimuleert het zoeken naar oplossingen. Zien is geloven.

Van principes naar maatregelen

Door een uitgekiend gebruik van biologische variatie in ruimte en tijd kunnen veel plagen worden onderdrukt. De uitdaging is om dit algemeen geldend principe in een effectief maatregelenpakket om te zetten.

Uit dit onderzoek komt naar voren dat zowel maatregelen op het bedrijf (bouwplan, ruimtelijke ligging percelen, opeenvolging van gewassen) als de aanwezigheid van bepaalde landschapselementen een rol spelen in de beheersing van plagen. Er bestaan grote verschillen in de mate waarin de omgeving (natuur-cultuurland) invloed heeft op de plaagbeheersing op een bedrijf. In hoofdstuk 2 hebben we hier voorbeelden bij gegeven.

Als boeren gebruik willen maken van bovengrondse biodiversiteit moeten ze rekening houden met verschillende schaalniveaus; regio, bedrijf en perceel. Op de hogere schaalniveaus wordt samenwerking tussen boeren belangrijk, en komen ook andere stakeholders in beeld, met name landschapsbeheerders en inrichters. Hieronder geven we voor elk schaalniveau aan welke maatregelen kunnen worden toegepast om biodiversiteit beter te benutten.

7.2.1 Schaalniveau 'regio'

Biodiversiteit op perceel en bedrijf is nauw verbonden met biodiversiteit in de regio. Daarbij speelt vooral de aanwezige groen-blauwe dooradering (GBDA) in de regio een belangrijke rol. De hoeveelheid GBDA en het karakter ervan bepalen de effectiviteit van plaagwering, onder meer vanwege het voorkomen van natuurlijke vijanden. Maatregelen op het regionale schaalniveau betreffen inrichting en beheer van het landschap. Hierbij kunnen aspecten van ruimtelijke ordening meespelen, maar ook maatregelen die boeren in onderlinge afstemming gezamenlijk of individueel kunnen nemen, met als resultaat dat FAB op regionschaal wordt bevorderd.

Biodiversiteit bevorderen in GBDA

Elk type GBDA levert een specifieke bijdrage aan de biodiversiteit. Onderzoek aan de insecten in greppels, bermen, houtwallen en bosranden in Twente en Brabant liet zien dat in elk type GBDA unieke soorten voorkomen. Meer verschillende typen GBDA op het bedrijf en in de regio verhogen dus de biodiversiteit.

Elk landschapselement herbergt weer andere natuurlijke vijanden. Onderzoek aan spinnen in GBDA liet zien dat boeren spinnen die leven in bosjes en bomen kunnen stimuleren met meer houtwallen, terwijl soorten die in gras en kruiden leven sterk toenemen als er meer greppels en bermen zijn.

Natuurlijke vijanden op het bedrijf sterk afhankelijk van de regio. Uit onderzoek aan akkerranden in de Hoeksche Waard en Schouwen Duiveland bleek dat de regionale omgeving sterk bepalend was voor de op een bedrijf gevangen soorten, zowel natuurlijke vijanden als niet-FAB soorten.

Effectief plagen beheersen met GBDA

Barrières opwerpen voor plagen. Opgaande groene dooradering zoals door bomenrijen of bosjes kan de verspreiding van plagen beperken. Uit het onderzoek kwam naar voren dat aantallen tabakstrips in prei lager liggen wanneer het perceel in de buurt van bos ligt of omgeven wordt door meer bosjes. Het idee is dat slechte vliegers zoals trips niet over bosjes heen komen en eventueel daar ingevangen worden door natuurlijke vijanden. Het onderzoek liet zien dat niet iedere groene dooradering deze barrièrefunctie heeft. Een netwerk van heggen in het landschap beïnvloedt de trips niet.

Meer GBDA bevordert plaagbeheersing. De effectiviteit van natuurlijke vijanden in de percelen neemt toe met meer GBDA in de onmiddellijke omgeving en regio. Dit betreft zowel lijnvormige elementen in de directe nabijheid van de percelen, als de robuustere elementen als bos en bosjes tot op een afstand van honderden meters. Dit geldt zowel voor predatie- en parasiteringsdruk op de plaagsoorten als voor de dichtheden van plaagsoorten. Het is dus van belang dat boeren en landschapsbeheerders zoveel mogelijk GBDA in het landschap behouden of realiseren.

Specifieke effecten realiseren met verschillende GBDA. Verschillende typen GBDA beïnvloeden plaagbeheersing van plaagsoorten niet in dezelfde mate. Uit de onderzoeksresultaten blijkt, dat in de nabijheid van bos de plaagdruk lager is als gevolg van meer parasitering (bij koolmot rupsen) of meer predatie (bij kooluil eieren). Het effect van wegbermen was anders. Hier werd alleen een toename gevonden van parasitering (van koolmot rupsen).

Effect op afstand te bewerkstelligen. Positieve effecten van GBDA op plaagbeheersing worden gevonden tot op ongeveer een kilometer afstand. Dit betekent dat maatregelen m.b.t. aanleg en beheer van GBDA een uitstraling hebben in de regio.

Robuuste GBDA werkt beter. Grote eenheden opgaande begroeiing hadden duidelijker verbanden met plaagbeheersing dan smalle, lijnvormige elementen. Hoewel meer onderzoek op dit vlak nodig is, geeft dit aan dat verbreding van lijnvormige GBDA zoals houtwallen, bermen en sloten kan leiden tot een betere plaagbeheersing.

7.2.2 Schaalniveau bedrijf

Maatregelen op het schaalniveau bedrijf betreffen de inrichting en het beheer van het bedrijf. De perceelsindeling, de teeltkeuze en andere maatregelen die een boer verkiest hebben gevolgen voor de functionele biodiversiteit op zijn bedrijf en op dat van zijn buurman.

Afstand bewaren tussen dezelfde teelten

Grote afstanden tussen percelen met gewassen waarop plaagsoorten kunnen overleven (waardplanten) maakt het voor plagen moeilijk om zich verder te verspreiden. De meeste door ons onderzochte soorten (tabaktrips, klein koolwitje, koolmot) gedijen beter naarmate er meer tuinbouwareaal in de directe omgeving aanwezig is. Dit geldt zowel voor goede vliegers zoals vlinders, als voor slechte vliegers zoals tripsen (donderbeestjes). Tabaktrips in prei en klein koolwitje in spruitkool nemen toe wanneer er in de directe omgeving meer percelen met hetzelfde gewas liggen (of, in het geval van trips, ook bij andere waardplanten zoals asperge, aardbei en ui).

Gewasrotatie toepassen

Gewasrotatie kan de effectiviteit van plaagbeheersing bevorderen. Of dit voor ondernemers in de gangbare preiteelt mogelijk is, is maar de vraag. In veel intensieve preigebieden vinden we een één-op-één teelt en wordt een maximale plaagdruk gecreëerd terwijl de beheersing van trips afhangt van de gekozen vruchtwisseling.

Geen tripsgewas als voorvrucht. Voor trips vinden we dat hoe korter het geleden is dat er prei heeft gestaan op het perceel hoe meer trips er is vanaf het begin van het seizoen.

Gewasresten opruimen. Het opruimen van gewasresten is ook een belangrijke maatregel om plagen zoals trips te voorkomen. Op de bladresten van prei en kool die nu na het schonen vaak in maisvelden worden verspreid kan trips zich nog lang handhaven.

7.2.3 Schaalniveau perceel

Kleine percelen en de nabijheid van voedselbronnen en geschikte habitat voor natuurlijke vijanden bevorderen de natuurlijke plaagonderdrukking. De boer kan de perceelsgrootte optimaliseren en perceelsranden gebruiken om functionele biodiversiteit te stimuleren.

Perceelsgrootte

Schaalvergroting op perceelsniveau legt duidelijk beperkingen op aan de benutting van functionele biodiversiteit in de plaagonderdrukking. Hoe groter een perceel, hoe minder uitwisseling tussen natuurlijke vijanden rond het perceel en in het perceel. Schaalvergroting vermindert de natuurlijke plaagonderdrukking. Langgerekte percelen, waarbij gewassen elkaar afwisselen, zijn om deze reden gunstiger voor natuurlijke vijanden dan vierkante percelen. Vooral in grootschalige landbouw zullen lage populaties van natuurlijke vijanden op een perceel (weinig habitat of door insecticiden gedecimeerd) maar langzaam aangevuld worden.

Percelen klein houden. Voor melige koolluis op spruitkool vinden we op kleinere percelen lagere aantallen bladluizen. Bladluizen zoals koolluis, zijn een typisch voorbeeld van een plaag met veel natuurlijke vijanden (zowel predatoren als parasieten). Een kleinere afstand tot de perceelrand is de belangrijkste factor waardoor in graanakkers in een kleinschalig landschap bladluispopulaties effectiever worden onderdrukt dan in een grootschalig landschap.

Bloemstroken en (bloemrijke) grasranden

Bloemstroken zorgen ervoor dat er in en rond het gewas meer geschikte habitat ontstaat voor natuurlijke vijanden. Parasitaire vijanden komen er foerageren op nectar of stuifmeel. Het creëren van bloemstroken in een rijpad is een manier om de aantallen natuurlijke vijanden te verhogen op grotere afstand van de perceelsrand.

Geschikt habitat creëren. Tijdens onderzoek in de Hoeksche Waard en op Schouwen Duiveland vertoonde een groep vliegachtigen met predatoire larven een toename in de volgende drie habitats: bloemenarme grasstroken, het graangewas zelf en bloemrijke akkerranden.

7.3 Synthese Bodembiodiversiteit

'Wat is de rol van bodembiodiversiteit voor het ziekteverend vermogen en de natuurlijke bodemvruchtbaarheid?' zo luidde de tweede van de drie beleidsvragen die de basis van dit onderzoek vormden.

De bodem leeft en helpt de boer

De bodem is een complex systeem waarin bijzonder veel organismen leven in grote aantallen en verscheidenheid (Tabel 7.1): *'The soil is the poor man's tropical rainforest'*.⁴³ Het bodemleven is van primair belang voor een gezonde bodem. Een gezonde bodem levert ecosysteemdiensten die de landbouwpraktijk ondersteunen. De gewasproductie is goed door een goede bodemvruchtbaarheid en opname-efficiëntie, geringe nutriëntenverliezen, afwezigheid van ziekten en plagen, een goede vochtregulatie en dragende bodem.

Tabel 7.1. *Typisch bodemleven in een vruchtbaar grasland in Nederland*⁴⁴.

Bodemorganisme	Biomassa (kg/ha)	Aantallen (per m ²)
Bacteriën	3000	10 ⁸ CFUs ⁴⁵ 10.000 soorten/g grond
Schimmels	300	10 ⁶ CFUs ¹ 50 m schimmeldraad/g grond
Protozoën	100	30.000
Nematoden	10	100
Mijten en springstaarten	30	45.000
Potwormen	100	10.000
Regenwormen	600	500
Plantenwortels	10.000	

Van algemene principes naar maatregelen

Het programma heeft zich vooral gericht op ziekte- en plaagwering in de akkerbouw en bodemvruchtbaarheid en nutriëntenretentie in grasland. Dit zijn de grootste knelpunten (reductie bestrijdingsmiddelengebruik en nutriëntenverliezen) waarbij FAB een grote bijdrage kan leveren in de transitie. Andere diensten van het bodemecosysteem hebben nog weinig of geen aandacht gekregen. Niet omdat ze minder belangrijk zouden zijn, maar omdat de beschikbare wetenschappelijke kennis zich vooralsnog minder goed laat vertalen in experimentele en op praktijkschaal toetsbare maatregelen.

Uit dit onderzoek komt naar voren dat zowel ziekte- en plaagwering als bodemvruchtbaarheid worden geleverd door het bodemleven, en dat specifieke maatregelen deze aspecten van functionele agrobiodiversiteit kunnen bevorderen. In hoofdstukken 3 en 4 hebben we hier voorbeelden bij gegeven. Als boeren meer gebruik maken van bodembiodiversiteit levert dat een besparing op het gebruik van hulpstoffen als kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen. Hieronder geven we aan welke factoren van belang zijn voor functioneel bodemleven en welke maatregelen kunnen worden toegepast om bodembiodiversiteit beter te benutten.

Grondsoort

Van alle factoren die van belang zijn voor bodembiodiversiteit is de grondsoort (klei, zand of veen) doorslaggevend. De grondsoort beïnvloedt de bodemstructuur, de beschikbaarheid van mineralen, de opbouw van organische stof, de gewaskeuze en de reactie van de bodem op teeltmaatregelen.

De samenstelling van bacterie- en schimmelpopulaties wordt grotendeels door de grondsoort bepaald. In relatie tot ziekte- en plaagwering van *Rhizoctonia* vonden we een antagonistische bacteriesoort (*Lysobacter* sp.) die alleen in kleigrond werd aangetroffen.

⁴³ Usher *et al.*, 1979

⁴⁴ Van Eekeren, 2004

⁴⁵ Colony forming units in een kweek, te interpreteren als aantal oorspronkelijke bacteriecellen.

Gewasrotatie en gewaskeuze

De effecten van gewasrotatie hangen nauw samen met de keuze van de gewassen, omdat gewassen onderling sterk verschillen in bemesting, grondbewerking, beworteling van de bodem, organische stof toevoer aan de bodem en effecten op bodembewonende ziekten en plagen en natuurlijke vijanden/antagonisten.

Vruchtwisseling bevordert het bodemleven. In hetzelfde gewas in een vruchtwisseling zitten meestal hogere aantallen individuen en soorten dan in een monocultuur van dit gewas. In een monocultuur is de productie lager (8% in continueelt maïs) en zijn stikstofverliezen hoger dan in rotatie. Het soort gewas dat wordt verbouwd is van grote invloed. Grassen en granen hebben door hun fijne wortelstelsel veelal een positief effect op het organische-stofgehalte van de bodem, op nutriëntenretentie, op de bodemstructuur en op de bodemfauna. Hakvruchten daarentegen, zoals bieten en aardappel, hebben een negatief effect, vooral in een continueelt of in een korte rotatie met veel hakvruchten. De vergelijking tussen monocultuur en rotatie valt voor specifieke bodemorganismen steeds anders uit, maar over de hele bodemlevensgemeenschap bezien is rotatie beter voor de diversiteit in trofische relaties (predator-prooi relaties, eten en gegeten worden), en daardoor voor de stabiliteit van het voedselweb. Er zijn voorbeelden dat ook teeltondersteunende functies zoals bodemvruchtbaarheid en ziektevering van het bodemleven toenemen.

Vruchtwisseling bevordert ziektevering. Gewasrotatie heeft een sterk effect op ziektevering tegen *Rhizoctonia*. Een gras-klover mengsel stimuleert ziektevering tegen *Rhizoctonia* in suikerbiet en kool. Hierbij nemen ook de aantallen van antagonistische *Lysobacter* bacteriën sterk toe.

Omvormen tot permanent grasland. Omvormen tot blijvend grasland is op den duur bevorderlijk voor het organische stofgehalte en het bodemleven. Vooral bodemfauna met relatief grote afmetingen reageert positief. Dit geldt ook voor schimmeldraden. Herstel van stikstof mineralisatie en veel groepen organismen treedt op binnen 3 tot 5 jaar; bij de roofmijten duurt het langer.

Grassen die passen. De keuze van grassen die passen bij de heersende omstandigheden op een bedrijf zien melkveehouders als een kansrijke toepassing van functionele biodiversiteit. Grassen die goed aangepast zijn aan heersende omstandigheden zullen zich veelal langer handhaven in de graszode. Daardoor zal de graszode langer meegaan en kan de herinzaaifrequentie van gras verlaagd worden.

Soortenrijke grasmengsels. Op droge zandgrond met een beheersovereenkomst in het kader van agrarisch natuurbeheer wordt bij lage bemesting een hogere productie gehaald met breder samengestelde graszoden 'Soortenrijk Productief' en 'Kamgras/Glansshaverhooiland' dan met een gangbaar mengsel.

Grondbewerking

Grondbewerking heeft een grote invloed op het bodemleven. Bij kerende grondbewerking (ploegen) wordt het hele bodemecosysteem op zijn kop gezet. Veel soorten zijn hier gevoelig en verdwijnen.

Scheuren van grasland. Grasland scheuren is destructief voor het bodemleven. Het leidt tot minder soorten en lagere aantallen. Vooral soorten met relatief grote afmetingen en weinig generaties per jaar zijn de klos; vaak is de taxonomische verscheidenheid binnen dergelijke groepen toch al beperkt. Kwetsbare groepen zijn schimmels, roofmijten en regenwormen. De bijdragen aan ecosysteemdiensten van de bodem van dergelijke groepen zijn daarom ook kwetsbaar. Roofmijten dragen bij aan plaagreductie (aaltjes), regenwormen en schimmeldraden zijn als ecological engineers belangrijk voor een vruchtbare bodem (losmaken en stabilisatie bodemstructuur). Begrazing van micro-organismen door protozoën is relevant voor bodemvruchtbaarheid; deze interactie is minder gevoelig voor omzetting van grasland in bouwland.

Bemesting en mesttype

Bemesting is het actief toedienen van voedingsstoffen aan gewassen. Minerale bestanddelen van bijvoorbeeld minerale mest en drijfmest kunnen direct aan de wortel worden toegediend. Organische mest moet eerst worden afgebroken en gemineraliseerd door het bodemleven, en werkt dus indirect. Naast plantenvoeding levert bemesting ook andere diensten, namelijk verbetering en instandhouding van de bodemstructuur en het ziektevering vermogen. Deze effecten lopen grotendeels ook indirect via het bodemleven⁴⁶.

⁴⁶ Koopmans *et al.*, 2006

Organische mest versus minerale mest. Verschillen op lange termijn zijn groot, vooral in de akkerbouw: organische mest geeft dertig tot vijftig procent meer micro-organismen en bodemdieren, en daardoor meer stikstof-mineralisatie. Binnen een termijn van vijf tot zeven jaar zijn dergelijke verschillen echter nog niet vast te stellen.

Bemestingsniveau. Akkerbouw met een hoog bemestingsniveau leidt tot een sterk verstoord bodemecosysteem waarin een beperkte groep soorten in hoge aantallen voorkomt. Bij reductie van kunstmestgift verandert de bodemlevensgemeenschap en krijgt een meer natuurlijke samenstelling waarin schimmels belangrijker worden. De bodemfauna verandert mee (toename soortenrijkdom, meer schimmeletende nematoden, meer soorten roofmijten, meer regenwormen). Tegelijkertijd wordt de stikstof beter vastgehouden door het bodemleven waardoor de stikstof verliezen afnemen, terwijl in rotatiecultuur de gewasproductie onder bepaalde omstandigheden op peil blijft.

Bemesting en organische stof. Organische mest draagt meer bij aan het organische-stofgehalte van de grond dan kunstmest. Verhoging van het organische-stofgehalte gaat sneller door de teelt van gras dan door bemesting met organische mest. Regelmatig worden voorbeelden beschreven waarbij bemesting of toevoeging van compost ziektevering bevordert. Probleem hierbij is veelal een gebrek aan herhaalbaarheid van de positieve effecten. Bij *Streptomyces scabies* (schurft op aardappel) is aangetoond dat ziektevering correleert met een hogere schimmel/bacterie verhouding en een hoger C/N quotiënt van de organische stof in de bodem. Deze beide factoren zijn in principe door middel van bemesting te beïnvloeden.

Tijdstip van bemesting. Het onderwerken van organische materialen zoals compost kan een bodem ziektevering maken. Onderwerken vlak voor het planten van een gewas brengt echter extra risico mee, omdat sommige ziektevering (Rhizoctonia, wortelziekten door Phytophthora en Pythium) zich ook op de ingebrachte organische materialen kunnen vermeerderen.

Indicator mineralenmanagement. Er zijn positieve ervaringen opgedaan met het gebruik van de ontwikkeling van de schietwilg (*First Post*) als indicator voor de start van grasgroei en keuze van een geschikt moment voor effectieve bemesting in grasland. Het tijdstip van bladontplooiing van de wilg blijkt goed samen te vallen met de start van de grasgroei: het moment waarop gras de mineralen in mest kan benutten. Dit verkleint de kans op uitspoeling van stikstof in het voorjaar en op te laat bemesten en dus het missen van een deel van de potentiële opbrengst in de eerste grassnede.

Actieve micro-organismen vergroten de bodemweerbaarheid. Elke bodem met een divers en actief bodemleven vertraagt de snelle verspreiding van ziektevering en plagen. Dit valt te meten door een 'levende' bodem te vergelijken met een gesteriliseerde bodem. In een geheel of gedeeltelijk gesteriliseerde bodem zijn veel grotere problemen met aantasting door ziekten en plagen. Agrarische maatregelen die deze algemene bodemweerbaarheid aantasten zijn: stomen, grondontsmetting, inundatie. Het is echter moeilijk om deze algemene bodemweerbaarheid van een 'levende' bodem doelbewust te verhogen. Verhoging van ziektevering richt zich daarom veelal op specifieke ziektes. Een beperkt aandeel van wat in de bodem leeft, kan specifiek met ziektevering en plagen interacties aangaan (bijvoorbeeld door predatie, antagonisme, concurrentie). Door gerichte aanpassingen in de rotatie, grondbewerking of bemesting kunnen ziektevering organismen gestimuleerd worden.

7.4 Synthese boven- en ondergrondse biodiversiteit

'Wat zijn de relaties tussen bovengrondse diversiteit en bodembiodiversiteit in agrarische ecosystemen?', van de drie beleidsvragen die de basis van dit onderzoek vormden. Dit aspect van agrobiodiversiteit heeft maar beperkte uitwerking gekregen in het onderzoeksprogramma, voornamelijk omdat bij aanvang nog weinig kennis voorhanden was die praktijkgericht kon worden uitgewerkt. In de eerdere hoofdstukken met diepere achtergronden van het onderzoek werden dan ook weinig voorbeelden gegeven om de beleidsvraag uit 2004 te beantwoorden. In het hierna volgende wordt alsnog een synthese gemaakt, vooral gebruik makend van elders uitgevoerd onderzoek. Er zijn vele relaties tussen ondergronds en bovengronds te beschrijven. Om te beginnen wortelen alle landbouwgewassen in de bodem. Veel insecten brengen een deel van hun levenscyclus door in de bodem, of het nu plaaginsecten betreft of juist de natuurlijke vijanden. Er zijn allerlei voedselketenrelaties tussen bodemleven en bovengronds leven en deze kunnen behoorlijk variëren, afhankelijk van de ecologische infrastructuur en het teeltsysteem⁴⁷. Een veelheid aan dergelijke interacties is voor terrestrische ecosystemen beschreven in Science⁴⁸.

⁴⁷ Smeding & de Snoo 2003

⁴⁸ Wardle *et al.*, 2004

Welke van de relaties tussen boven- en ondergrond hebben invloed op de biodiversiteit die functioneel is voor de boer? En hoe kan deze die biodiversiteit benutten? Hierna worden drie aspecten uitgewerkt.

7.4.1 Bovengrondse ziekten en plagen met levensfase in de bodem

Bovengrondse plagen en ziekteverwekkers kunnen een deel van hun levenscyclus in de bodem doormaken (Fig. 7.1). In hoofdstuk 3 is besproken hoe trips, een insect dat schade toebrengt aan bovengrondse delen van diverse gewassen, door bodemfactoren wordt beïnvloed. Larven en poppen van trips leven in de bodem. Zowel grondbewerking als predatoren in de bodem verminderen de aantallen van deze larven en poppen, wat uiteindelijk een effect heeft op het aantal volwassen trips dat op de bladeren schade kan toebrengen.

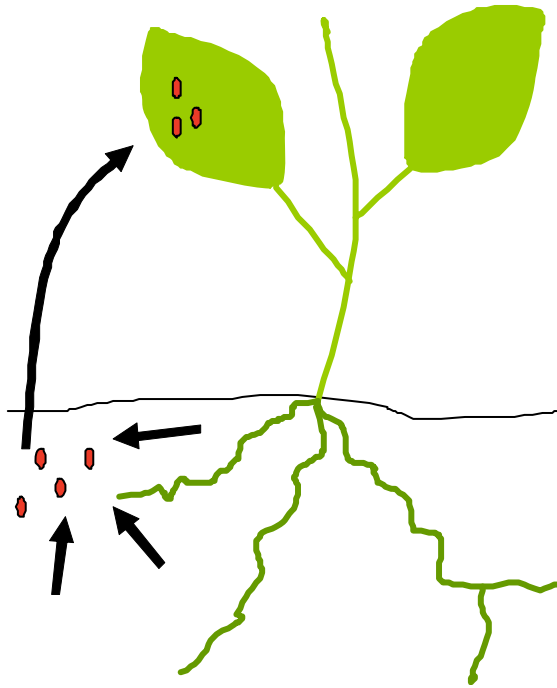
Er zijn ook diverse bovengrondse gewasziekten, waarvan de verwekker een deel van de levenscyclus in de bodem volbrengt. Deze ziekten werden niet in dit programma onderzocht. Voorbeelden hiervan zijn aantasting van de aar en mycotoxineproductie in granen door *Fusarium* soorten⁴⁹, *Mycosphaerella brassicicola* in kool, *Botrytis cinerea* en *Sclerotinia sclerotiorum* in diverse gewassen. De eerste twee schimmels overleven op gewasresten in de bodem, de laatste twee kunnen ook via overlevingsstructuren (sclerotia) de bodem overleven. Ook *Phytophthora infestans*, aardappelziekte, kan in de bodem overleven in niet-opgerooid knollen en als rustsporen (zgn. oösporen, die sinds de jaren tachtig in Nederland voorkomen). Het bodemleven breekt gewasresten af en kan deze ondergrondse overlevingsstructuren aantasten, en heeft zo een werende invloed op deze bovengrondse ziektes.

7.4.2 Invloed van bovengrondse factoren op bodemleven

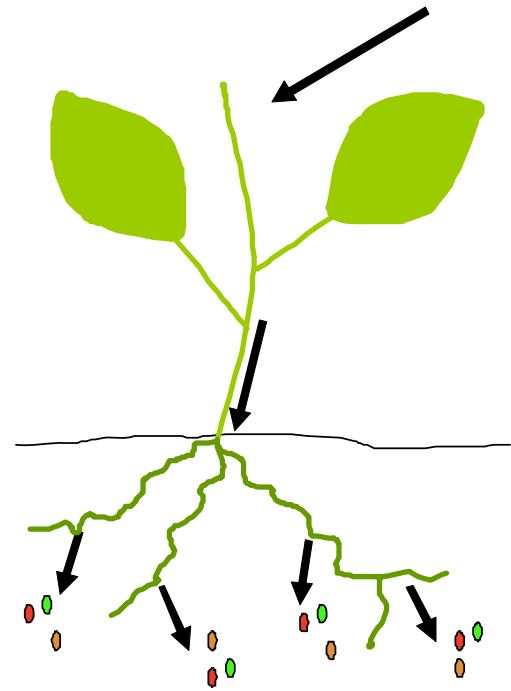
Veel micro-organismen zijn zeer afhankelijk van het aanwezige gewas (Fig. 7.2). Zij zullen alleen actief zijn als de juiste gewassen aanwezig zijn. Zo zullen sommige⁵⁰ mycorrhiza's, schimmels die in nauwe interactie met plantwortels leven, vrijwel afwezig zijn bij de teelt van kool en suikerbiet omdat dit niet-mycorrhiza gewassen zijn. Op de wortels van gras, aardappel, ui en prei kunnen mycorrhiza's zullen zich juist heel goed ontwikkelen. Ook *Rhizobium* soorten (stikstofbindende bacteriën) zijn afhankelijk van de aanwezigheid van de juiste gewassen, zoals klaver en andere vlinderbloemigen.

⁴⁹ Köhl *et al.*, 2007

⁵⁰ Vesiculaire-arbusculaire mycorrhiza's (VAMycorrhiza), om precies te zijn.



Figuur 7.1. Schematische weergave van een boven-
grondse ziekte of plaag waarvan een deel
van de levenscyclus zich in de bodem
afspeelt.



Figuur 7.2. Schematische weergave van de invloed die
de plant via zijn wortelstelsel op het
bodemleven uitoefent.

Minder gewasspecifieke micro-organismen worden ook door het geteelde gewas beïnvloed, omdat de wortels stoffen uitscheiden (exudaten) die als voedselbron voor micro-organismen dienen. In het programma Agrobiodiversiteit is gebleken dat de teelt van soortenrijk grasland een hogere bacterie- en schimmelbiodiversiteit gaf dan bijvoorbeeld een akkerbouw rotatie⁵¹. Deze verhoogde biodiversiteit van het bodemleven kan veroorzaakt zijn door het gewas zelf, door de meer gevarieerde soortensamenstelling in grasland, de jaar-rondteelt van gewas (invloeden van het gewas) of door verminderde bodembewerking.

In het huidige programma is gebleken dat bepaalde antagonistische bacteriën door de teelt van gras-klover gestimuleerd worden. In de diversiteitsprofielen van de algemene bacteriële populatie was dit echter niet terug te vinden. Hier bleken de populaties van dominante soorten bacteriën vooral bedrijfsafhankelijk, bepaald door grondsoort en de totale bedrijfsvoering. Het gewas had weinig invloed op de samenstelling van de dominante soorten bacteriën. Deze bevindingen zijn echter niet strijdig: de antagonistische bacterie *Lysobacter* heeft maximaal een aandeel van 0,03% van de totale gemeenschap, terwijl de diversiteitsprofielen slechts 50 tot 100 dominante soorten laten zien.

In het programma Agrobiodiversiteit is in 2006 de microflora in de bodem van mengteelten geanalyseerd⁵². Hoewel ook hier de bacterie- en schimmelpopulaties vooral door de grondsoort beïnvloed werden, waren er geringe maar significante verschillen meetbaar als gevolg van de aanwezige planten. Zo hadden tussen gerst en rogge ingezaaide kruidenmengsels invloed op de samenstelling van *Pseudomonas* bacteriën en de schimmelflora.

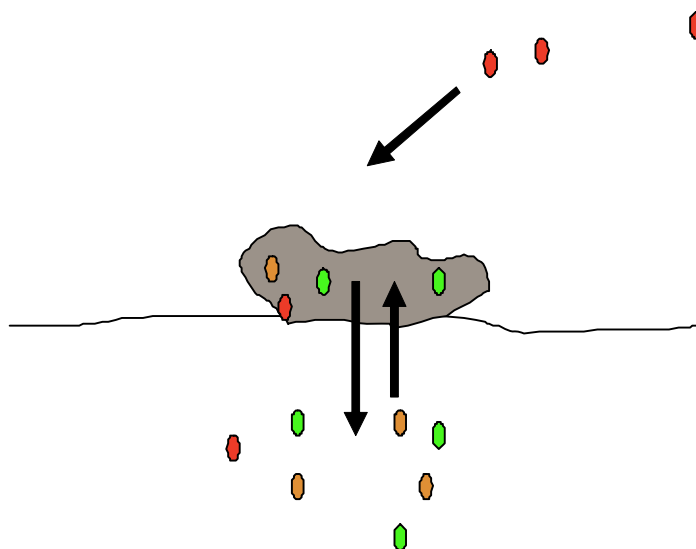
⁵¹ Garbeva et al, 2006

⁵² Promotieonderzoek Eveline Stilma, PRI

7.4.3 Mestfauna met boven- en ondergrondse invloeden

Mestfauna (hoofdstuk 6), met name mestkevers, vormen een interessant voorbeeld van functionele agrobiodiversiteit met zowel een boven- als ondergrondse dimensie⁵³ (Fig. 7.3). Mestkevers en vliegen zoeken actief verse mestflatsen op. Door hun graafgedrag werken sommige keversoorten de mest de grond in. Ze leggen eieren in de mest in gegraven gangen of kamers in de bodem. De larven komen uit en voeden zich met de mest. Het resultaat is een versnelde afbraak van mest, het onderwerken van organisch materiaal en bevorderen van natuurlijke bodemvruchtbaarheid en -structuur.

Door de deels boven- en deels ondergrondse leefwijze ondervindt de mestfauna invloed van maatregelen op verschillende schaalniveaus. Op landschapsniveau bepaalt bijvoorbeeld de dooradering de geschiktheid van een gebied als habitat en foerageergebied voor de volwassen dieren. Op bedrijfs- en perceelsniveau spelen factoren als bemesting, weidegang en het gebruik van ontwormingsmiddelen bij vee.



Figuur 7.3. Schematische weergave van boven- en ondergrondse interacties bij mestfauna.

7.3.4 Van algemene principes tot maatregelen

De schaalniveaus waarop de interacties boven- en ondergronds zich afspelen verschillen sterk. Bodeminvloeden spelen zich voornamelijk af op perceelsniveau. Grondsoort en organische stof hebben een cruciale invloed. Invloeden bovengronds kunnen over veel grotere afstanden plaatsvinden, hierbij bepaalt de omgeving van het perceel de interacties. De bronnen van bovengrondse ziekten en plagen kunnen zowel buiten het perceel liggen als in de plaatselijke bodem. Er is daarom samenwerking tussen boeren nodig om de bovengrondse interacties te benutten.

Hieronder wordt een aantal voorbeelden samengevat van maatregelen die kunnen worden genomen ter bevordering van functionele agrobiodiversiteit in de sfeer van ondergronds-bovengrondse interacties.

Maatregelen tegen trips. Op tijdstippen dat larven en poppen van trips zich in de bodem bevinden (voor december), kan door grondbewerking een gedeeltelijke vernietiging van de populatie worden bereikt. Ook stimulering van de predatoren in de bodem doet aantallen larven en poppen van trips verminderen. Deze ondergrondse factoren hebben uiteindelijk effect op het aantal tripsen dat de oogst later schade kan doen, mits de kolonisatie van trips vanuit andere percelen gering is. Het is dus ook zaak voor preitellers om binnen de regio samen te werken.

⁵³ Lahr & van der Pol, 2007

Maatregelen tegen Botrytis, Sclerotinia, e.a. bladpathogenen. Door verhoogde afbraak van gewasresten in de bodem en door parasitering of antagonisme van overlevingsstructuren, zal de infectiedruk van deze bladpathogenen bovengronds aan het begin van het seizoen lager zijn. Bodembewerking en bemesting hebben invloed op de activiteit van het bodemleven, en daarmee op de afbraak van gewasresten en ruststructuren.

Rhizosfeer-microflora bevorderen. De keuze van het gewas en de aanwezigheid van (on)kruiden beïnvloedt de bodemmicroflora. Die invloed is gunstig als mycorrhiza, stikstofbindende *Rhizobium* spp., en antagonisten van ziekteverwekkers gestimuleerd worden. Ongunstige invloed gaat uit van de overleving van pathogenen op onkruiden.

Maatregel tegen engerlingen. De ondergrondse schade door engerlingen van de Rozenkever (*Phyllopertha horticola*) kan bestreden worden door maatregelen op gebiedsniveau (Wilde peen in de perceelsranden), ter stimulering van de Dolkwesp, een natuurlijke vijand van de Rozekever.

Gunstige maatregelen voor mestfauna. Op gebiedsniveau (bovengronds) zijn een afwisselend landschap met schaduwrijke plekken en voldoende ruige randen om velden en weilanden gunstig. Hierdoor is een gebied geschikter voor mestfauna en meer mestfauna kan leiden tot een snellere afbraak van mest in het veld. Op bedrijfsniveau zijn o.a. van belang: weidegang van melkvee in de zomer, minder vaak en later in het seizoen maaien, bemesting met ruwe mest, gras en hooi als voer voor het vee en verstandig gebruik van ontwormingsmiddelen.

De maatregelen op bedrijfsniveau (afwisselend landschap, voldoende ruige randen) en op gebiedsniveau (weidegang, maaien, bemesting, ontwormingsmiddelen) dragen direct bij aan een verbetering van de bodemkwaliteit ter plekke (doorluchting, doorworteling, organische stof).

7.5 Afweging

In de voorafgaande paragrafen werden diverse maatregelen benoemd om functionele agrobiodiversiteit in en om het bedrijf te stimuleren en er meer profijt van te trekken. Het lijkt nu voor de hand te liggen om deze maatregelen te bezien in totaliteit, om te komen tot een afweging van voor- en nadelen die soms gelijktijdig aan de orde kunnen zijn. Om maar een voorbeeld te noemen: ploegen is goed bij de bestrijding van bodemgebonden levensfasen van trips, maar slecht voor biodiversiteit en FAB vanuit de bodem. Of: overhoeken met restmateriaal zijn goed voor de overwintering van natuurlijke vijanden maar ook van plagen. Op een hoog abstractieniveau zijn dergelijke afwegingen niet te maken. Eerder is het zaak om op bedrijfsniveau en in de regio voor- en nadelen, mogelijkheden en onmogelijkheden tegen elkaar af te zetten, althans met betrekking tot bovengrondse maatregelen. Voor bodemmaatregelen kan op perceelsniveau maatwerk worden geleverd.

Afweging van maatregelen ter bevordering van FAB is vooralsnog een complexe aangelegenheid waar veel nieuwe kennis bij komt kijken. In de praktijk zal dat grote kennisbehoefte meebrengen en goede communicatiestructuren vereisen.

Literatuur

Altieri, M.A., 1999.

The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosys. Environ.* 74:19-32.

Eekeren, N. van, E. Heeres & F. Smeding, 2003.

Leven onder de graszode -Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. LBI 2003-LV52, Louis Bolk Instituut, Driebergen. 149 pp.

Koopmans, C.J., F.W. Smeding, M. Rutgers, J. Bloem & N. van Eekeren, 2006.

Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw. Rapport Louis Bolk Instituut, RIVM, Alterra.

Köhl, J., B.H. de Haas, P. Kastelein, S.L.G.E. Burgers & C. Waalwijk, 2007.

Population Dynamics of *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* in Crops and Crop Residues of Winter Wheat. *Phytopathology* 97: 971-978.

Garbeva, P., J. Postma, J.A. van Veen & J.D. van Elsas, 2006.

Effect of above-ground plant species on soil microbial community structure and its impact on suppression of *Rhizoctonia solani* AG3. *Environmental Microbiology* 8: 233-246.

Lahr, J. & J.J.C. van der Pol, 2007.

Mestfauna en duurzame landbouw. Belangrijkste groepen dieren, levenswijze & ecologische diensten. Rapport nr. 1473, Alterra, Wageningen.

Smeding, F.W. & G.R. de Snoo, 2003.

A concept of food-web structure in organic arable farming systems. *Landscape Urban Planning* 65: 219-226.

Usher, M.B., P. Davis, J. Harris & B. Longstaff, 1979.

A profusion of species? Approach towards understanding the dynamics of the populations of microarthropods in decomposer communities. In: Anderson, R.M., Turner, B.D., Taylor L.R. (Eds.), *Population Dynamics*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 359-384

Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, W.H. van der Putten & D.H. Wall, 2004.

Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304: 1629-1633

8. Aanbevelingen

In de voorgaande hoofdstukken is al een groot aantal conclusies getrokken die kunnen worden uitgewerkt tot maatregelen/aanbevelingen voor de verschillende doelgroepen. Hierbij moeten wel worden bedacht dat het onderzoek een proefopzet kende die veelal gericht was op hypothesevorming en niet op het identificeren van specifieke (teelt)maatregelen. Veel van de gesuggereerde aanbevelingen moeten nog verder onderbouwd worden met praktijkproeven.

8.1 Beleid

8.1.1 Beleidskader

Op grond van het verdrag van Rio en verschillende daaraan gerelateerde beleidsnota's heeft de overheid ingezet op een transitie van de landbouw naar een duurzame productie. De overheid heeft zich tot taak gesteld de transitie richting duurzame landbouw te stimuleren en versterken 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. door middel van pilots te komen tot in de landbouwpraktijk bruikbare concepten, onder meer op het vlak van een natuurlijker ziekten- en plaagregulering en een natuurlijker bodemvruchtbaarheid.

Een belangrijk aandachtspunt voor de overheid is ook een meer duurzaam bodemgebruik in de landbouw, onder andere door een meer natuurlijke regulatie van bodemvruchtbaarheid. Een duurzame, maatschappelijk geaccepteerde en gewaardeerde landbouw 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. Het onderzoek waarover hier wordt gerapporteerd is bedoeld om daaraan een bijdrage aan te leveren. Uit dat onderzoek zijn de volgende aanbevelingen en conclusies voor het beleid te trekken.

8.1.2 Aanbevelingen

Kennis van de bijdragen van functionele biodiversiteit aan ecosysteemdiensten van bodem en landschap maakt een koppeling mogelijk van verschillende beleidsvelden zoals duurzame landbouw (minder ingrepen), mest en mineralen (meer nutriëntenretentie), bodem (referentiebeelden biologische bodemkwaliteit), algemeen milieubeleid en ruimtelijke ordening. Door de verschillende ecosysteemdiensten centraal te stellen die functionele agrobiodiversiteit levert wordt duidelijk waar elk ministerie zijn bijdrage kan of moet leveren. Verschillende diensten van het agroecosysteem zijn dan te optimaliseren met integraal beoordeelbare maatregelen die de noodzakelijke functionele biodiversiteit bevorderen.

De principes van functionele agrobiodiversiteit pakken niet overal hetzelfde uit als ze één op één worden vertaald in maatregelen. Het effect is afhankelijk van de bedrijfscontext. Dit heeft gevolgen voor beleid en onderzoek. Uit beleidsoogpunt zou verdere ingang van FAB kunnen worden bereikt door het uitdragen van de principes en het stimuleren van hun toepassing. Dat lijkt kansrijker dan het voorschrijven van maatregelen.

Maatregelen die de natuurlijke biologische diversiteit vergroten zullen een positief effect hebben op het ziekte- en plaagwerend vermogen van bodem en landschap. Maatregelen die biodiversiteit sterk verstoren of zelfs vernietigen, hebben sterk negatieve gevolgen. Verschillende beleidsvelden hebben invloed op de biodiversiteit en in die velden moet functionele agrobiodiversiteit onder de aandacht gebracht worden. Maatregelen dienen getoetst te worden op hun consequenties voor de (functionele) biodiversiteit. Het beleid moet worden gericht op het in stand houden en waar mogelijk vergroten van voldoende functionele agrobiodiversiteit. Enkele voorbeelden van acties zijn hieronder weergegeven.

Bodembeleid

- Er bestaan grote verschillen in ziekteverend vermogen van bodems tussen verschillende bedrijven en tussen percelen van één bedrijf als gevolg van de verschillen in bodemleven die in vele jaren van bewerken zijn opgebouwd. Aandacht zal gericht moeten worden op het in stand houden en stimuleren van voldoende bodemleven. Hierdoor zal ziektevering gestimuleerd worden. Rigoureuze bodemontsmettingsmaatregelen dienen vermeden te worden. Beleid dat hierop is gericht zal een positieve uitwerking hebben.
- Het mineralenmanagement in de melkveehouderij kan verbeterd worden door het te verfijnen met behulp van waarnemingen aan de biodiversiteit op en rond het bedrijf. Aansluiten bij de natuurkalender, waarop waarnemingen aan biologische ontwikkelingen jaarlijks en met een regionale dekking in heel Nederland bijgehouden worden, lijkt een perspectiefrijke aanvulling.
- Het bodembioïologische onderzoek laat zien dat de volgende maatregelen bijdragen aan het behoud van de biodiversiteit van de bodem:
 1. terugbrengen van de hoeveelheid en intensiteit van grondbewerking;
 2. verhogen van het gehalte aan organische stof;
 3. vermijden van hoge mestgiften in de vorm van gier of kunstmest.
 Beleid gericht op stimulering van deze maatregelen is dus positief.

Landschapsbeleid

- Bedrijfsvoering en de bijbehorende gewaskeuze en teeltmaatregelen hebben veel invloed op de natuurlijke biodiversiteit op bedrijven. De overheid zou hierop kunnen inspringen door het stimuleren van condities op en om de landbouwpercelen die de biodiversiteit bevorderen. Het kan gaan om:
 1. verhogen van het organische-stofgehalte van de grond,
 2. verminderen van grondbewerking (ondiep ploegen, vaste rijsporen, oppervlakkig uitrijden van vaste mest),
 3. veel insectenrijke akkerranden, en
 4. een ruime aanwezigheid van groenblauwe dooradering van geschikte kwaliteit.
 Ook zou de inzet van niet-selectieve chemische middelen moeten worden teruggedrongen. In Noord-West Europa levert verminderde toepassing van zulke middelen de belangrijkste bijdrage aan de instandhouding van de natuurlijke regulatiefuncties en de bevordering van biodiversiteit op en om het bedrijf.
- De biodiversiteit van verschillende adertypen, zoals greppels, bermen, houtwallen en bosranden, verschilt onderling sterk en in elk type komen unieke soorten voor. De biodiversiteit op een bedrijf hangt direct samen met de inrichting van het landschap (regio) en de hoeveelheid en het beheer van de groene aders. Het beleid zou zich dus moeten richten op het aanleggen van zoveel mogelijk verschillende typen aders in een gebied.
- Koolrassen blijken te verschillen in de effectiviteit waarmee ze natuurlijke vijanden van rupsen kunnen aantrekken. Uit een inventarisatie bij de koolveredelaars bleek dat de veredelingsbedrijven nog niet op deze eigenschap kunnen veredelen omdat er nog onvoldoende inzicht is in de factoren die deze eigenschap beïnvloeden. Zij zien het als de verantwoordelijkheid van de overheid om hiervoor basisonderzoek te laten verrichten.
- Zo'n 1300 soorten organismen (5%), en mogelijk meer, zijn voor hun overleving sterk afhankelijk van het agrarisch gebied. Voor deze strikt agrarische soorten zullen de in het verdrag van Rio toegezegde condities voor duurzame instandhouding ook gerealiseerd moeten worden. Welke beleidsinspanning nodig is voor beschermingsmaatregelen binnen het agrarisch gebied zal onder meer afhangen van het aantal zeldzame en bedreigde agrarische soorten. Voor deze groep is de aanleg van de EHS niet relevant en deze soorten dienen eventueel apart beschermd te worden. Dit kan onder meer door het creëren van agrarische reservaten, agrarisch natuurbeheer en/of speciale maatregelen op landbouwbedrijven. Per bedreigde soort of groep bedreigde soorten zal de meest succesvolle methode moeten worden vastgesteld.

8.2 Boeren

Boeren kunnen veel doen om hun bedrijfsvoering duurzamer te maken. Uit het onderzoek komt een aantal maatregelen naar voren die de functionele biodiversiteit op hun bedrijf kunnen stimuleren. Ook hiervan volgen weer enkele voorbeelden, die overigens nog niet allemaal ook in de praktijk zijn getoetst. Boeren moeten zelf uitvinden wat voor

hun situatie werkt en wat niet. Maatregelen zijn altijd afhankelijk van de specifieke situatie op het bedrijf en de omgeving waarin het bedrijf zich bevindt. Veel is ook afhankelijk van de manier waarop een boer zijn bedrijf voert.

Bodemmaatregelen

- Blijvend grasland heeft een hoog organische-stofgehalte en hoge aantallen micro-organismen en bodemdieren. Dit gaat gepaard met een hoge mineralisatie (nutriëntenlevering) en een goede bodemstructuur. Scheuren van grasland leidt tot geleidelijke achteruitgang van organische stof, micro-organismen en mineralisatie, en tot een snelle achteruitgang van regenwormen en sommige soorten nematoden. Omgekeerd kan door het inzaaien van gras op bouwland het bodemleven en de mineralisatie al in drie tot vijf jaar sterk worden verhoogd.
- Met minerale mest worden mineralen rechtstreeks aan de plant gegeven. Met organische mest wordt het bodemleven gevoed. In principe is het gebruik van organische mest duurzamer omdat daarmee nutriëntenkringlopen worden gesloten. Met organische mest is de mineralisatie duidelijk hoger dan met minerale mest. Bij een hoge mineralisatie hoeft minder (of geen) minerale mest te worden gebruikt. Wel is het met name op akkers van belang uitspoeling tijdens braakligging in herfst en winter te beperken door het inzaaien van groenbemesters.
- De eerste bemesting in grasland kan het best worden uitgevoerd ongeveer een week voordat de graszode biologisch actief wordt en mineralen begint op te nemen. Als te vroeg bemest wordt, kan een groot deel van de toegediende stikstof verloren gaan door denitrificatie of uitspoeling. Dat is slecht voor het milieu en kostbaar omdat een hoger kunstmestgebruik nodig wordt. Het bepalen van dit optimale moment is vaak lastig. Het moment van bladontplooiing van de schietwilg of dat waarop Klein Hoefblad gaat bloeien is een goede indicator. De indicatoren werken het beste als ze niet te ver van de graslandpercelen liggen omdat dan de omstandigheden zo veel mogelijk gelijk zijn.
- Gras-klover wordt bij biologische bedrijven in de rotatie opgenomen vanwege het verhogen van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid. Er zijn sterke aanwijzingen dat gras-klover op kleigrond ook de ziektevering van *Rhizoctonia* in bepaalde gewassen (o.a. suikerbiet, kool) tot en met twee jaar na de teelt stimuleert. Daarom wordt aanbevolen om gras-klover met dat doel in de rotatie op te nemen. Daarna kunnen suikerbiet en kool nog twee jaar van de ziektevering profiteren.

Maatregelen op bedrijfs- en regionaal niveau

- Schaalvergroting beperkt duidelijk de mogelijkheden om functionele biodiversiteit te benutten. Hoe groter het perceel des te minder de uitwisseling tussen natuurlijke vijanden rondom en in het perceel. Om functionele agrobiodiversiteit beter te kunnen benutten zouden boeren naar kleinere percelen toe moeten.
- Bloemenstroken zorgen in en rond het gewas voor meer geschikte habitat voor natuurlijke vijanden. Inzaai van bloemenstroken werkt positief op de plaagwering.
- Bij een groter areaal aan tuinbouwgewassen is veelal de infectiekans groter en zijn dichtheden van de plaagsoort hoger. Spreiding van percelen met waardplanten voor eenzelfde plaagsoort kan de plaagbeheersing verhogen. Spreiding in tijd (vruchtwisseling, verbreding van rotatieschema's etc.) kan eveneens de plaagbeheersing bevorderen (trips in prei). Boeren in een bepaalde regio zouden hun bouwplannen op elkaar moeten afstemmen
- Bos en bosranden en andere opgaande begroeiing zijn belangrijk in de beheersing van plagen, waarschijnlijk door hun stabiliteit en structuurrijkdom. Aanleg en ontwikkeling van meer permanente en robuuste structuren in het landschap verdient aandacht. Boeren kunnen, samen met bijvoorbeeld de beheerders van wegbermen en sloten, meer houtwallen etc. aanplanten.
- Refugia, winterwaarden, groenbemesters op het bedrijf of in de buurt, zoals restanten gewas in overhoeken, doorbreken de isolatie in de tijd. Plaagsoorten kunnen hier overwinteren, zich sneller verspreiden en eerder hoge dichtheden bereiken. Boeren moeten elkaar aanspreken op het opruimen van dergelijke 'overhoeken'.

8.3 Onderzoek

Het huidige onderzoek heeft niet alleen veel vragen beantwoord maar ook vele nieuwe opgeroepen. Deze zijn deels fundamenteel, deels ook praktisch van aard. Een aantal van de hieronder beschreven vragen zal in vervolgonderzoek worden opgepakt.

Kennisbehoefte van de praktijk

- In vergelijking met kunstmest heeft organische mest duidelijk een gunstig effect op het bodemleven. De verschillen tussen typen organische mest (drijfmest, vaste mest, compost) zijn echter nog niet duidelijk. Hiervoor is meer onderzoek nodig dat *langlopende* proeven omvat. De verwachting is dat organische meststoffen met een hoge C/N verhouding zoals (groen)compost en vaste mest, minder snel afbreken en leiden tot een hoger organische-stofgehalte, een betere bodemstructuur en meer bodemleven dat koolstof en nutriënten beter vastlegt. Agrarische ondernemers, bijvoorbeeld in de Hoeksche Waard, hebben grote behoefte aan verbetering van het organische-stofgehalte en de bodemstructuur. De vraag is hoe dat het beste kan worden aangepakt.
- ‘Grassen die Passen’ zou verder moeten worden uitgewerkt door grassen en kruiden te beoordelen tegen meer doeleinden dan alleen productie. Op hoofdlijnen moet grasland bijdragen aan de ruwvoerproductie (zowel bij maaien als bij weiden) en aan biodiversiteit en landschappelijke kwaliteit. Vanuit deze hoofddoelstellingen is er een breed spectrum aan criteria waar het ideale grasland aan zou moeten voldoen:
 1. productiehoeveelheid;
 2. productiekwaliteit (voederwaarde in klassieke grootheden zoals energie en eiwit) en smakelijkheid;
 3. hoeveelheid geproduceerde mineralen en sporenelementen;
 4. bijdrage aan bodemkwaliteit: het organische-stofgehalte in de bodem;
 5. duurzaamheid (productieve leeftijd) van de zode, vooral bij droogte;
 6. soortenrijkdom van het grasland, zowel botanisch als qua fauna (incl. ondergrondse biodiversiteit).
 Afhankelijk van het doel (biodiversiteit, biomassa en voederwaarde of mineralen) zou de optimale samenstelling van mengsels bepaald moeten worden. Meerjarig onderzoek is nodig naar de vraag in hoeverre grassoorten en kruiden ook op langere termijn voldoen aan de verwachtingen en gestelde doelen.
- Uit dit en ander onderzoek is gebleken dat de natuurlijke agrobiodiversiteit gestimuleerd kan worden met maatregelen als een betere groenblauwe dooradering en akkerranden. Het potentieel van deze maatregelen onder Nederlandse omstandigheden moet echter uitgebreider worden onderzocht. Daarbij zijn twee onderzoeksvragen belangrijk:
 1. Kan de inrichting van de groenblauwe dooradering in het landschap de functie van akkerranden ondersteunen of vervangen? Dit zou op langere termijn namelijk kosten uitsparen voor akkerbouwers.
 2. Het is aannemelijk dat maatregelen om de natuurlijke en de functionele biodiversiteit met beperkte afstemming hand in hand kunnen gaan. Hoe kan deze afstemming worden gerealiseerd en geoptimaliseerd?
- De resultaten van het onderzoek aan springstaarten en mijten zijn onderdeel van een breder onderzoek in het kader van de Bodembioologische Indicator (BoBI). Na vele jaren monsteren wordt het steeds relevanter om extra aandacht te besteden aan analyse, integratie en communicatie van de resultaten naar de praktijk. Daarvoor is het nodig om:
 1. de verzamelde gegevens nader te analyseren,
 2. de resultaten in verband te brengen met metingen aan andere soortgroepen, en
 3. de resultaten te vertalen naar eenvoudige adviezen aan de praktijk.
- Het onderzoek naar ziektevering van de bodem heeft geresulteerd in een grote collectie antagonisten, met een grote diversiteit aan streptomyceten en andere bacteriesoorten. Deze isolaten kunnen worden ingezet voor verder onderzoek, onder meer voor de selectie van nieuwe biologische bestrijders.
- Voorheen was geheel onbekend dat *Lysobacter* soorten een belangrijke rol kunnen spelen in ziektevering. Uit het huidige onderzoek bleek dat twee verschillende *Lysobacter* soorten, nl *L. gummosus* en *antibioticus*, veelvuldig voorkwamen in *Rhizoctonia*-werende gronden en tevens de *Rhizoctonia*-groei op plaat bijzonder sterk remden. In vervolgonderzoek dient het causale verband tussen deze bacteriën en ziektevering te worden

onderzocht. Indien *Lysobacter* soorten een rol spelen bij de ziektevering van *Rhizoctonia*, kan gericht onderzoek worden gedaan naar omgevingsfactoren en teeltmaatregelen die deze soorten stimuleren.

- Bevorderen van agro-systeem gebonden preventie en beheersing biedt kansen. De aanpak verschilt per gewas-plaagcombinatie. De uitdaging ligt in het sturen op benutten van de biodiversiteit. Essentiële vragen zijn: kunnen we kwantitatief vaststellen in welke mate bedrijfsmaatregelen (rotatie, ruimtelijke ligging percelen, grootte productieperceel, aanwezigheid van infectiebronnen) en complexiteit van de omgeving (schaal, ruimtelijk mozaïek productiepercelen, mate van dooradering) sturende factoren zijn in de natuurlijke plaagbeheersing.
- De gevonden relaties tussen landschap en plaagbeheersing kunnen operationeel worden gemaakt in landelijke plaagbeheersingkaarten, waarin de verwachte mate van plaagbeheersing wordt afgebeeld. Op deze kaarten valt te zien welke percelen het meest kunnen profiteren van plaagbeheersing door natuurlijke vijanden.
- De beoordeling van risico's speelt een centrale rol bij individuele boeren maar ook bij de voorlichting, de sector als geheel en het beleid als het gaat om het gebruik van biodiversiteit in de gewasbescherming en het maken van de overstap naar niet-chemische maatregelen. Het leerproces neemt een belangrijke plaats in bij die overstap. Uitwisseling van praktijkervaringen tussen boeren vergroot het zelfvertrouwen en stimuleert het zoeken naar oplossingen. Zien is geloven.

Onderzoek gericht op ontwikkeling van strategische/fundamentele kennis

- In bodems met een hogere microbiële biomassa en een hoger schimmel/bacterie verhouding vonden we een effectieve immobilisatie (retentie) van stikstof. Het is nog onduidelijk hoe die precies werkt, en welke typen organismen hiervoor verantwoordelijk zijn. Hoe micro-organismen en bodemdieren kunnen zorgen voor minder uitspoeling moet verder worden onderzocht. Als we weten hoe het kan dat de stikstof beter wordt vastgehouden biedt dat kansen voor een efficiëntere benutting van nutriënten. Daarbij zou moeten worden gezocht naar optimaal functionerende soortencombinaties (sleutelsoorten), en hoe deze met gericht bodembeheer kunnen worden gestimuleerd.
- Om de aantallen natuurlijke vijanden van bijvoorbeeld tripsstadia in de bodem te stimuleren, zou grondbewerking in bepaalde periodes beperkt moeten worden. Voor concrete adviezen is meer onderzoek nodig.
- Waarschijnlijk hebben bodems met een hoge nutriëntenretentie een andere samenstelling van het bodemleven. De volgende hypothesen vragen om verder onderzoek. We *veronderstellen* in een duurzaam beheerde bodem onder meer:
 1. meer saprotrofe schimmels en mycorrhiza (minder uitspoeling);
 2. meer langzaam groeiende bacteriën met een hoge efficiëntie (oligotrofen) en minder opportunisten (copiotrofen) (minder verliezen van C en N);
 3. meer N fixeerdere (minder bemesting nodig);
 4. meer afbrekers van moeilijk afbreekbare organische stof (cellulose, lignine) (betere recycling);
 5. minder nitrificeerdere (minder uitspoeling);
 6. meer denitrificeerdere (N₂ naar de atmosfeer ipv NO₃ naar grondwater);
 7. minder methaanvormers en meer methaanoxideerdere (minder broeikasgas);
 8. meer antagonisten (betere ziektevering);
 9. meer functionele diversiteit in bodemdieren, bijv. van regenwormen (meer inbreng organische stof, meer beschikbare minerale N, betere bodemstructuur, betere waterhuishouding).
- Nieuwe moleculaire methoden (ecogenomics) maken het nu mogelijk om specifieke groepen te kwantificeren. Door bepaalde groepen te vergelijken in bodems met verschillend beheer kunnen bovenstaande hypothesen worden getest. De kennis die dat oplevert is van belang voor zowel duurzame landbouw als voor natuurontwikkeling. De verwachting is niet alleen dat een rijk bodemleven bijdraagt aan bodemvruchtbaarheid en N-retentie, maar ook andere diensten van het bodemecosysteem kan verbeteren. Elders in dit rapport wordt verslag gedaan van onderzoek aan natuurlijke ziekte- en plaagvering in de bodem. Diensten waarbij de rol van het bodemleven nog weinig werd bestudeerd zijn aanpassing en veerkracht van het bodemleven bij stress en veranderingen in landgebruik (relevant voor bijvoorbeeld vruchtwisseling, natuurontwikkeling, klimaatbestendigheid), buffer- en reactorfunctie (organische stof en waterhuishouding), en draagkracht van de bodem (verdichting).
- Strikt agrarische soorten gaan verloren als het niet lukt om binnen het agrarisch gebied de juiste condities voor instandhouding te creëren. Het is, op de beschreven steekproef na, echter niet bekend welke soorten dit

precies zijn. Ook hoeveel bedreigde soorten er binnen deze groep zijn en welke maatregelen hun overleving bevorderen valt op dit moment niet precies aan te geven. Om dit vast te stellen is een aanvullende bureaustudie nodig.

- Momenteel worden monitoringsmethodieken voor kwantitatieve detectie van *Lysobacter* en *Streptomyces* ontwikkeld die in vervolgonderzoek naar ziektevering worden ingezet. Hiermee kan gericht gezocht worden naar ziekteverende bodems en naar maatregelen die ziektevering verhogen. Deze kennis kan ook worden benut bij het ontwikkelen van een bodemgezondheids-chip .

8.4 Onderwijs

De resultaten uit het programma Agrobiodiversiteit zijn interessant voor gebruik in het agrarisch beroepsonderwijs. Er is in Nederland een groot aantal agrarische Onderwijscentra (AOC's) die lagere, middelbare en hogere agrarische opleidingen verzorgen. Veel studenten aan de AOC's worden zelf later weer (voortstrevende) agrarische ondernemers. Daarnaast bestaat er het wetenschappelijk agrarisch onderwijs, zijn er agrarische lerarenopleidingen, is er agrarisch onderwijs voor volwassenen en vindt vorming bij innovatie- en praktijkcentra plaats.

Een workshop over agrobiodiversiteit voor leraren uit het agrarisch onderwijs, vanuit het Programma georganiseerd, kon in 2006 niet doorgaan wegens te weinig aanmeldingen. Tijdens het FAB-symposium in de Hoeksche Waard in 2007 bleek echter dat er binnen het agrarisch onderwijs toch grote belangstelling is voor het FAB-concept. Er vond een discussie plaats in een kleine werkgroep met onderwijzers (HAS), studenten (HAS) beleidsmakers en onderzoekers. Doel was om na te gaan of kennisaanbod en kennisbehoefte voldoende op elkaar aansluiten. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen van dit overleg waren:

- FAB is als concept in verschillende lesprogramma's aanwezig in het agrarische onderwijs. Binnen de HAS-opleidingen lijkt weinig behoefte te zijn om FAB als afzonderlijk lesprogramma te onderwijzen;
- Er is echter wel sterke behoefte aan meer praktijkvoorbeelden en toegankelijke en overzichtelijke informatie voor studenten. Praktijkvoorbeelden, bij voorkeur door boeren gepresenteerd, kunnen een meerwaarde hebben voor het onderwijs en studenten enthousiast maken voor het concept;
- De leerkrachten constateerden dat het huidige onderzoek zich sterk richt op alleen akkerbouw. Er is voor het onderwijs ook behoefte aan informatie over FAB in veehouderij, tuinbouw en fruitteelt;
- Het moet voor studenten duidelijk worden wat de kosten en baten zijn voor een agrariër die wil werken met FAB. Maatschappelijke baten zijn interessant, maar niet voor een lerende ondernemer. Dit betekent echter niet dat hier geen aandacht aan hoeft te worden besteed.
- Er is te weinig communicatie over en weer tussen onderzoek en onderwijs. Er kan een platform worden gecreëerd waar onderzoek en onderwijs elkaar ontmoeten om een uitgebalanceerd lesprogramma samen te stellen. In een dergelijk platform dient ruimte te zijn voor innovatieve ondernemers of koplopers actief met agrobiodiversiteit.

Naast het evidente belang van agrobiodiversiteit voor het agrarisch beroepsonderwijs is het ook van belang de leerlingen van de middelbare scholen bewust te maken van het belang van agrobiodiversiteit. In dit kader is binnen het internationale GLOBE programma door RIVM en Wageningen UR een lespakket ontwikkeld voor het VWO onder de naam De Bodem Leeft! (www.rivm.nl/milieuportal/onderwerpen/bodem/bodemleven). Met behulp van simpele determinatietabellen uit het lespakket kunnen leerlingen en docenten proberen de dieren op naam brengen om een beeld te krijgen van de ondergrondse biodiversiteit (www.globenederland.nl). Dergelijke initiatieven zouden meer genomen moeten worden.