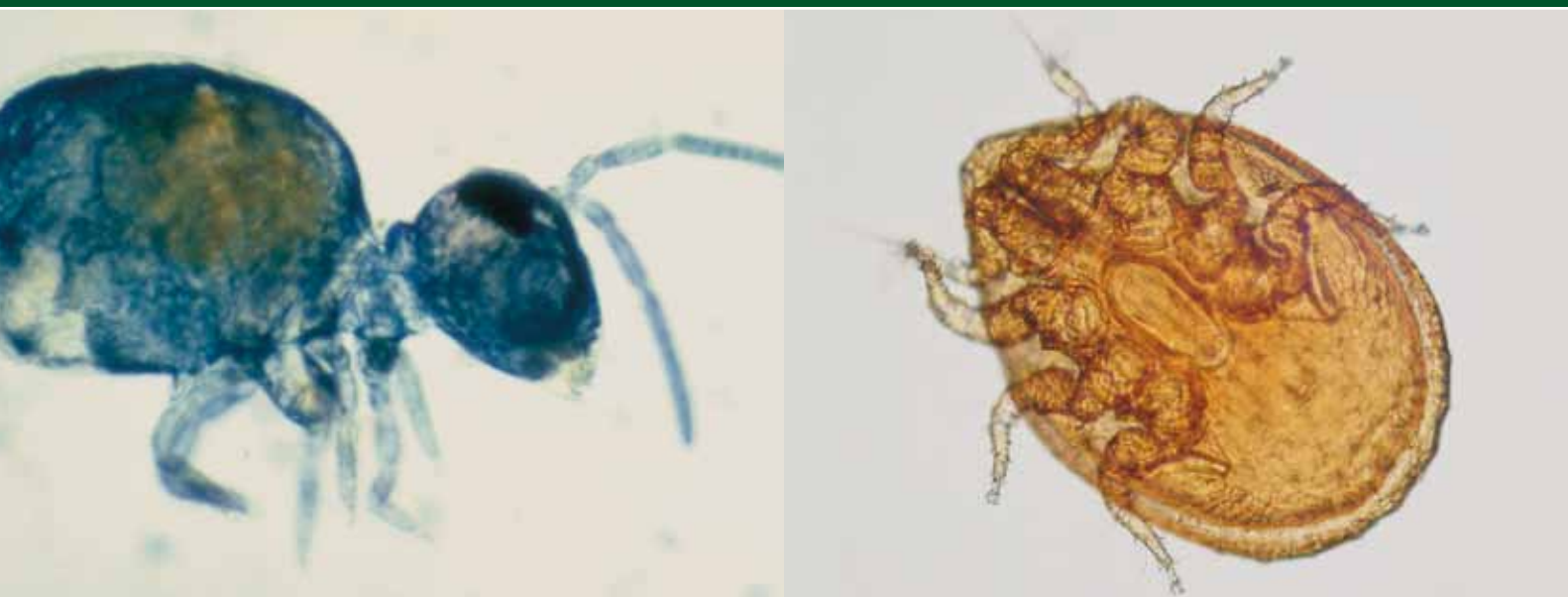




ALTErrA

WAGENINGEN UR



Microarthropoden als indicatoren van de kwaliteit van landbouwgronden

Invloed van mest en biologische bedrijfsvoering op de bodem

Alterra-rapport 1985
ISSN 1566-7197

G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, W. Dimmers, M. Maslak, N. van Eekeren en A.J. Schouten

Microarthropoden als indicatoren van de kwaliteit van landbouwgronden

Microarthropoden als indicatoren van de kwaliteit van landbouwgronden

Invloed van mest en biologische bedrijfsvoering op de bodem

G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis

W. Dimmers

M. Maslak

N. van Eekeren

A.J. Schouten

Alterra-rapport 1985

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., W. Dimmers, M. Maslak, N. van Eekeren, A.J. Schouten, 2009. *Microarthropoden als indicatoren van de kwaliteit van landbouwgronden; invloed van mest en biologische bedrijfsvoering op de bodem*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1985. 34 blz.; 4 fig.; 4 tab.; 11 ref.

De landbouw in Nederland streeft naar een hoge opbrengst, in combinatie met duurzaamheid, een beperkt effect op het milieu en een gezonde bodem. Eén van de langlopende onderzoeksprogramma's waarin wordt gewerkt om deze doelen naderbij te brengen is de BodemBiologische Indicator (BoBI). Binnen dit programma worden metingen gedaan aan belangrijke organismengroepen in de bodem, zoals nematoden, schimmels, bacteriën, wormen, springstaarten en mijten, etc. in combinatie met abiotische variabelen, zoals pH, organische stofgehalte, grondsoort, etc. De huidige rapportage doet verslag van onderzoek aan springstaarten en mijten (ook wel microarthropoden genoemd) in proeven met experimentele opzet. De resultaten laten zien dat deze diergroepen gevoelig reageren op het type mest, de hoeveelheid mest, de wijze van toediening en het verschil tussen biologische landbouw en gangbare landbouw. Bij vervolgonderzoek kan verder worden ingegaan op de functionele eigenschappen van de soorten waardoor meer inzicht kan worden verkregen in de processen die leiden tot duurzame productie en een gezonde bodem.

Trefwoorden: drijfmest, landbouw, mesttype, microarthropoden, mijten, springstaarten, stalmest

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

| | |
|--|----|
| Woord vooraf | 7 |
| Samenvatting | 9 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 1.1 Achtergrond | 11 |
| 1.2 Doel | 12 |
| 1.3 Focus van het onderzoek | 12 |
| 2 Werkwijze | 15 |
| 2.1 Selectie van onderzoekslocaties | 15 |
| 2.2 Multivariate analyse | 15 |
| 3 VelVanla (2002): toepassingen drijfmest | 17 |
| 3.1 Proefopzet | 17 |
| 3.2 Multivariate analyse | 17 |
| 3.3 Interpretatie | 18 |
| 4 Bakel (2005): mesttype en bemestingsniveau | 21 |
| 4.1 Proefopzet | 21 |
| 4.2 Multivariate analyse | 21 |
| 4.3 Interpretatie | 22 |
| 5 Aver Heino (2007): mesttype en hoeveelheid | 25 |
| 5.1 Proefopzet | 25 |
| 5.2 Multivariate analyse | 25 |
| 5.3 Interpretatie | 26 |
| 6 Biologisch en conventioneel | 29 |
| 6.1 Opzet van de analyse | 29 |
| 6.2 Multivariate analyse | 29 |
| 6.3 Interpretatie | 30 |
| 7 Conclusies en richtingen voor verder onderzoek | 31 |
| 7.1 Algemene conclusies | 31 |
| 7.2 Toekomstig onderzoek | 31 |
| Literatuur | 33 |

Woord vooraf

In het kader van de 'Bodem-Biologische Indicator (BoBI)' wordt al meer dan tien jaar onderzoek gedaan naar het functioneren van het bodemecosysteem en de manier waarop landbouwkundige maatregelen de duurzaamheid en productiviteit hiervan beïnvloeden. Het onderzoek omvat een groot aantal verschillende organismengroepen en wordt uitgevoerd op honderden locaties in heel Nederland. Naarmate er meer gegevens beschikbaar komen wordt de waarde van deze dataset groter, omdat betere mogelijkheden ontstaan voor het onderzoeken van effecten. Door haar opzet, is BoBI een project van lange adem. Onder leiding van het RIVM is dit project aanleiding tot een intensieve samenwerking van verschillende onderzoeksgroepen en instellingen in Nederland. De langjarige en consequente betrokkenheid van de opdrachtgever heeft hiervoor de noodzakelijke basis gevormd. Samen met al gepubliceerde studies laat de huidige studie zien, dat de BoBI-database een rijke basis vormt om antwoorden te geven op vragen over duurzaamheid en kwaliteit van de bodemecosystemen in Nederland.

Hoewel de huidige analyses in hoofdzaak gebaseerd zijn op vangsten van microarthropoden, is het voor een goed inzicht in het bodemecosysteem van belang dat tegelijkertijd metingen beschikbaar zijn van andere organismengroepen, zoals nematoden, schimmels, bacteriën, wormen, etc. Deze gegevens zijn als additionele variabelen geïntegreerd in de huidige analyses. De auteurs danken An Vos, Jaap Bloem, Harm Keidel, Tamas Salanki, Ron de Goede, Michiel Rutgers en Jaap Bogte voor het verzamelen van gegevens over andere organismengroepen dan microarthropoden en/of hun inbreng bij de leiding van het BoBI-project.

Samenvatting

Deze studie laat resultaten zien van het gebruik van springstaarten en mijten als indicatoren voor biologische bodemkwaliteit. Er werd gebruik gemaakt van gegevens uit de BoBI-dataset. De BoBI-dataset omvat landsdekkende inventarisaties van percelen bij willekeurig gekozen boerenbedrijven van verschillende typen en van percelen die onderdeel uitmaken van proeven met een experimentele opzet.

Oorspronkelijk lag de nadruk binnen deze studie op akkers. De variatie aan landbouwmaatregelen op akkerbouwbedrijven is echter erg groot. Voor een meer op praktische adviezen gericht resultaat moest er daarom voor worden gekozen om de data-analyse te richten op experimentele datasets. Bij gebrek aan zulke datasets binnen de data van akkerland, bleek het nodig de focus te verruimen, en ook graslanden te onderzoeken. Dit resulteerde in selectie van de data van Vel-Vanla (2002, Wageningen UR) en de volgende gegevens uit de BoBI-database: Bakel (2005), Aver Heino (2007) en een samengestelde set gegevens, die vergelijking mogelijk maakt van gangbare en biologische teelt (gebaseerd op gepaarde waarnemingen binnen jaren). De analyses hebben zich gericht op de volgende aspecten/maatregelen:

- bedrijfstype (biologisch of conventioneel),
- type mest (vaste mest, drijfmest of kunstmest),
- bemestingshoeveelheid en de
- toepassingsmethode van de mest (oppervlakkig of injecteren).

Er is voor gekozen om in eerste instantie de analyses te beperken tot veranderingen in de soortensamenstelling. Door deze werkwijze konden meer verschillende datasets worden onderzocht, zodat een beter beeld werd verkregen of microarthropoden aantoonbaar reageren op de landbouwkundige ingrepen en of ze een bruikbare en/of gevoelige graadmeter vormen.

Resultaten

De resultaten laten zien dat in alle onderzochte situaties significante effecten optreden. Dit toont aan dat microarthropoden gevoelig reageren op bedrijfsvoering, bemesting en bewerking van de bodem. De resultaten zijn aanleiding tot de volgende conclusies:

- Bij het injecteren van mest in grasland is het effect van snijden zonder injectie (ook bij gelijktijdige bovengrondse toepassing van drijfmest) sterk verschillend van injectie en van bovengrondse toepassing zonder snijden.
- De microarthropoden-samenstelling in grasland dat is bemest met vaste mest verschilt sterk van grasland dat is bemest met drijfmest. Dit verschil wordt groter naarmate de mestgift hoger wordt.
- In grasklaver zorgen drijfmest en vaste mest voor grote verschillen in microarthropoden. Mogelijk door de rol van klaver, vertoont de relatie met de hoeveelheid mest een optimum.

- Terwijl biologische bedrijfsvoering op graslanden een positief effect lijkt te hebben, duiden de analyses van biologische bedrijfsvoering op akkers op een tegengesteld effect.

Vervolgonderzoek

Deze studie heeft aangetoond dat er duidelijk waarneembare effecten zijn van landbouwkundige maatregelen op de microarthropoden in de bodem. Het is mogelijk om inzicht te krijgen in de oorzaken van deze veranderingen door gebruik te maken van de functionele eigenschappen van de soorten. Hiermee kunnen vragen worden beantwoord zoals: hoe is de bodem veranderd en wat is daarvan het agrarische belang in verband met de bodemkwaliteit, de bodemgezondheid en duurzaamheid. Een vervolgstudie waarin aandacht kan worden besteed aan deze functionele aspecten kan daarom leiden tot meer begrip van de effecten van landbouwkundige maatregelen en tot praktische handvatten voor de agrarische sector.

1 Inleiding

Sinds 1997 werken RIVM, Alterra, Wageningen University, Louis Bolk Instituut en BLGG samen aan de Bodembioologische Indicator (BoBI). Hierbij worden de belangrijkste groepen organismen en processen in de bodem bepaald. De meetcampagne leidt op termijn tot een landsdekkend beeld van de bodem-ecosystemen in Nederland. De betrokken groepen bodemorganismen en processen leveren essentiële 'ecosysteemdiensten' zoals nutriëntenlevering, bodemstructuur, waterregulatie en ziektevering. Deze diensten zijn belangrijk voor zowel landbouwproductie als natuurbeheer.

BoBI is verbonden met het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). In cycli van zes jaar worden tien verschillende combinaties van bodemtype en bodemgebruik bemonsterd, meestal agrarische bedrijven maar ook natuurgebieden. Het gaat in totaal om 360 vaste locaties plus een aantal praktijkproeven. Op deze locaties worden chemische, fysische en biologische eigenschappen van de bodem gemeten. De geselecteerde bodemparameters zijn bepalend voor de levering van ecosysteemdiensten. Het doel is inzicht te krijgen in:

- effecten van bodemtype en bodembeheer op diversiteit en functioneren van het bodemleven en de ecosysteemdiensten.
- toepasbare indicatoren voor bodemkwaliteit en duurzaamheid.

BoBI staat ook internationaal in de belangstelling. Het is een uniek programma met een langjarige meetinspanning en een set van gestandaardiseerde analysetechnieken. De inzichten worden momenteel toegepast om het internationale bodembeleid te ontwikkelen.

1.1 Achtergrond

Met BoBI wordt een landelijk beeld gemaakt van het bodemecosysteem in verschillende bodemtypen bij verschillende vormen van landgebruik. Naast een landelijk meetprogramma, worden gegevens verzameld van praktijkproeven om de relaties tussen landbouwmethoden, beheersmaatregelen en duurzaam bodemgebruik kwantitatief te onderbouwen. Deze kennis maakt een betere benutting van de ecosysteemdiensten van de bodem mogelijk en is belangrijk voor:

- Behoud en benutting van bodembiodiversiteit en agrobiodiversiteit
- Duurzaam bodemgebruik in de landbouw
- Natuurbeheer en natuurherstel

Binnen het BoBI-programma is aandacht voor bodembeheer en bedrijfsvoering en worden bodemleven en bodemprocessen op een uitgekende wijze gemeten. Het programma omvat de volgende organismen en processen:

- Koolstofkringloop en stikstofkringloop
- Bacteriën en schimmels

- Aaltjes (nematoden)
- Potwormen (enchytraeën)
- Regenwormen (lumbriciden)
- Mijten en springstaarten (microarthropoden)

In veel gevallen is kennis beschikbaar op basis waarvan de gevangen soorten kunnen worden ingedeeld in functionele groepen, zoals predatoren (natuurlijke vijanden), schimmeleeters (bestrijding van schimmelziekten), bacterie-etters (indicatoren van rotting in de bodem) en andere groepen.

1.2 Doel

Doel van dit project is om toepassingen te zoeken voor de praktijk op basis van gerichte analyses het omvangrijke BoBI-bestand.

Daarbij zullen de analyses zich in de eerste plaats richten op de vraag hoe de bodemkwaliteit verandert onder invloed van verschillende landbouwsystemen en teeltmaatregelen, zoals biologische landbouw, de hoeveelheid organische stof, het type bemesting en de hoeveelheid mest.

Centraal in het onderzoek staat de aanname dat een agrarisch ondernemer de bodemkwaliteit kan beïnvloeden door te kiezen voor maatregelen en gewassen die het bodemecosysteem ondersteunen. Daarbij gaan we ervan uit dat sprake is van een 'goede bodemkwaliteit', als het bodemecosysteem de productie duurzaam ondersteunt en belangrijke ecosysteemdiensten waarborgt (zie ook Brussaard et al. 2007, in *Agriculture Ecosystems & Environment*).

In de analyses zal zoveel mogelijk de relatie worden gelegd tussen bodemkwaliteit, gewasproductie en bemesting.

1.3 Focus van het onderzoek

Oorspronkelijk lag de focus van het onderzoek op akkerbouwbedrijven. De BoBI-database bevat een groot aantal akkermonsters. De maatregelen per bedrijf kunnen echter sterk variëren en waren niet altijd in detail bekend. Daarom is ervoor gekozen om het onderzoek te richten op proeven met experimentele vraagstelling, met een meer directe relatie tussen maatregel en bodemfauna. Hierdoor lag de nadruk minder sterk op akkerland. Binnen het huidige onderzoek is speciale aandacht besteed aan de volgende aspecten:

- invloed van het type bedrijfsvoering op de bodemkwaliteit (biologisch, gangbaar, intensief, etc.),
- invloed van bemesting op de bodemkwaliteit (kunstmest, stalmest, bemestingsniveau).

In deze studie is ervoor gekozen om meerdere datasets te analyseren en op deze te onderzoeken in welke mate significante effecten op microarthropoden optreden in de proeven uit de BoBI-database. In eerste instantie lag hierbij de nadruk op de soortensamenstelling van de microarthropoden (springstaarten en mijten). Door deze beperking konden meer datasets worden verwerkt. Hierdoor was het mogelijk om voor meerdere landbouwkundige maatregelen (type mest, mestinjectie, bemestingsniveau, biologische landbouw, grondsoort, etc.) de significantie van de effecten op microarthropoden te onderzoeken.

Omdat bovenstaande opzet geen ruimte bood voor verdieping van het onderzoek in de richting van functionele groepen, is de analyse van maatregelen die leiden tot een evenwichtig bodemecosysteem (bijvoorbeeld belang van het optreden van verstoringsoorten, predatoren etc.) onderdeel van vervolgonderzoek.

Nadat bij verschillende datasets is aangetoond dat significante effecten optreden in de soortensamenstelling kan in vervolgstudies worden ingegaan op de functionele eigenschappen van het bodemleven. Daarbij worden de verschillende soorten mijten en springstaarten ingedeeld in groepen die verschillen in hun menu (voedselgroepen) of die verschillen in hun levensloop (levens-strategie groepen). Voorbeelden van voedselgroepen zijn schimmeleeters of roofmijten. Voorbeelden van levensstrategie groepen zijn mobiele soorten of asexuele soorten. Deze indeling biedt ook handvaten voor een praktische interpretatie van functionaliteit, namelijk de manier waarop en het tempo waarin soorten bijdragen aan een gezonde bodem en duurzame productie. Schimmeleeters dragen bijvoorbeeld bij aan ziektevermindering, terwijl roofmijten plagen kunnen bestrijden, bijvoorbeeld van plantenparasitaire aaltjes of van trips.

2 Werkwijze

2.1 Selectie van onderzoekslocaties

Bij selectie van de onderzoekslocaties is uitgegaan van de belangrijkste vragen waarvoor in het huidige onderzoek antwoord werd gezocht:

- Wat is de invloed van het type bedrijfsvoering op de bodemkwaliteit (biologisch, gangbaar, intensief, etc.),
- Welke rol speelt organische stof (relatie soortensamenstelling en functionele groepenindeling met gehalte organische stof),
- Wat is de invloed van bemesting op de bodemkwaliteit (kunstmest, stalmest, bemestingsniveau),
- Wat is de invloed van mestinjectie.

In relatie tot bovenstaande vragen zijn uit de BoBI-database verschillende datasets geselecteerd die hieronder nader worden besproken.

2.2 Multivariate analyse

De multivariate berekeningen zijn gebaseerd op het aantal individuen van een soort (of hoger taxon) per vierkante meter. Deze aantallen hebben altijd betrekking op de bovenste centimeters van de bodem, gerekend vanaf de turflaag (indien aanwezig in grasland) of vanaf de bovenste bodemlaag (bijvoorbeeld in akkers). In monsters die dateren van de jaren 1999 tot en met 2003 zijn de aantallen tellingen van alle individuen per monster. Vanaf 2004 is gewerkt met een submonstermethode waarbij op basis van drie tot vijf submonsters per behandeling een mengmonster is gemaakt. Van dit mengmonster worden vervolgens een standaard aantal individuen op toevallige wijze geselecteerd en gedetermineerd. Dit standaard aantal varieert van 70 in akkers tot 200 in bos. De techniek van het submonteren is beschreven in Jagers op Akkerhuis et al., 2008.

In de BoBI-database is een groot aantal abiotische en biotische variabelen beschikbaar. De abiotische variabelen omvatten onder andere de pH, en de gehalten van fosfaat, stikstof, lutum, organische stof, en gehalten van een groot aantal metalen. De metingen van deze parameters vertonen vaak een vergelijkbaar patroon als het gaat om verschillen tussen locaties. Multivariate analyse is gevoelig voor variabelen die dezelfde trends vertonen. Als oplossing kan worden gekozen voor het selecteren van minder variabelen die dan ook minder gelijke trends vertonen of voor het toevoegen van alle variabelen, maar dan als zogenaamde 'supplementaire variabelen'. In dit laatste geval hebben de variabelen geen effect op de ordening van de monsters en soorten. Gelijke trends blijken dan vanzelf wanneer de pijlen twee of meer variabelen in dezelfde richting wijzen. In deze studie is consequent gebruik gemaakt van de laatste mogelijkheid.

De analyses van de gegevens zijn gebaseerd op 'redundancy analyse' (RDA) op basis van de logaritmen van de aantallen individuen per soort, waarbij om nulwaarden te voorkomen steeds de waarde 1 bij alle aantallen is opgeteld.

3 VelVanla (2002): toepassingen drijfmest

3.1 Proefopzet

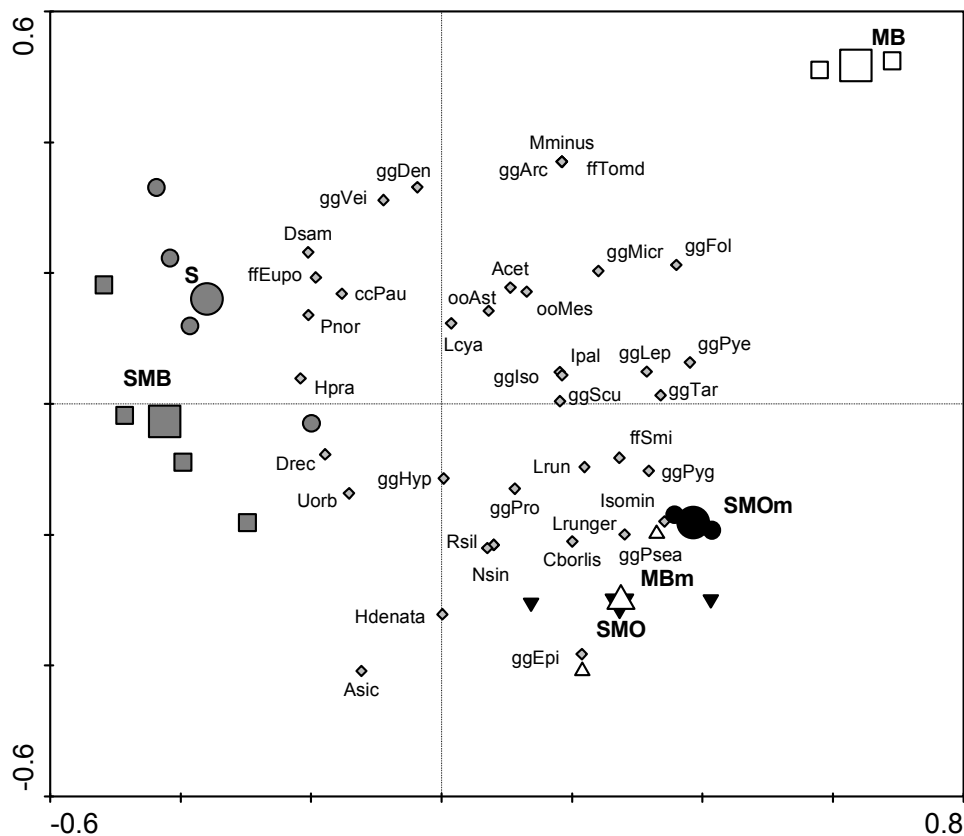
Dit is een experiment dat is uitgevoerd in 2002 in Drogeham (Friesland) op lemige zandgrond. Het betrof een experiment in een weiland, waarbij van iedere behandeling twee of vier herhalingen waren aangelegd (tabel 3.1). Het doel van dit experiment was inzicht te verwerven in effecten van drijfmest op het bodemleven. Daarbij werd onderscheid gemaakt naar alleen snijden, het injecteren van drijfmest (met snijden) en het bovengronds toepassen van drijfmest (al of niet met kunstmatig snijden). Bij twee behandelingen werd bovendien onderzocht of drijfmest een andere kwaliteit had als deze met zogenaamde 'effectieve microben' (EM) was behandeld. De mest met EM werd toegediend in de bovengrondse drijfmesttoepassing zonder snijden, en in de drijfmestinjectie. De bemonstering vond plaats in mei.

Tabel 3.1 Proefopzet van VelVanla (EM=effectieve microben)

| Mest | Snijden | Toepassing | EM | Herhalingen |
|------|---------|-------------|----|-------------|
| | snijden | | | 4 |
| mest | snijden | bovengronds | | 4 |
| mest | snijden | injecteren | ja | 2 |
| mest | snijden | injecteren | | 2 |
| mest | | bovengronds | ja | 2 |
| mest | | bovengronds | | 2 |

3.2 Multivariate analyse

De significantie van de eerste as was $P=0.002$ en van alle assen $P=0.004$. Daarbij verklaarden alle behandelingen samen 41.4% van de totale variantie, waarvan 39.9% op de eerste as en 21.1% op de tweede as.



Figuur 3.1 Ordinatatie van de zes behandelingen van VelVanla (1^e en 3^e as). Witte arceringen = bovengronds opbrengen van drijfmest zonder snijden. Grijs arcering = dominant effect van snijden van de grond. Zwarte arcering = dominant effect van injecteren. Grote markeringen geven het gemiddelde weer van de monsters met een bepaalde behandeling. Alle soorten zijn opgenomen in de analyse, maar alleen soorten die belangrijk zijn voor de eerste drie assen zijn weergegeven in de figuur..

Afkortingen: S = snijden met injectieapparatuur, M = toepassing van mest (drijfmest), B = mest bovengronds, O = mest ondergronds, m = effectieve micro-organismen. Grijs arceringen: snijden is het dominante effect. Zwarte arceringen: injectie van drijfmest. Soorten met een lage significantie op de assen zijn weggelaten

3.3 Interpretatie

Na een inspectie van de ordinatatie van de 1e en 2e as, bleek de tweede as vrijwel geheel samen te hangen met het effect van de effectieve micro-organismen in de bovengronds toegepaste drijfmest. De ordinatatie van de 1e en 2e as leverde verder geen informatie. De combinatie van de 1e en de 3e as laat echter wel een interessant beeld zien. Met behulp van arcering is in figuur 3.1 aangegeven dat de monsters in de volgende groepen uiteenvallen:

- de velden waar alleen gesneden is (eventueel met bovengrondse toepassing van mest)(links in figuur 3.1).
- de velden waarbij de drijfmest bovengronds is opgebracht zonder snijden. Hierbij hoort ook de behandeling bovengronds toedienen met EM (MBm, die op de 2^e as ver afstaat van alle overige behandelingen).

- de monsters van de velden waarbij de drijfmest is geïnjecteerd door middel van injectie in gesneden gleuven (al of niet met toepassing van EM)(rechtsonder in figuur 3.1).

Het effect van effectieve micro-organismen komt vooral tot uiting bij bovengrondse toepassing van drijfmest. Bij ondergrondse toepassing is het verschil van mest met en zonder EM veel kleiner. Dit kan mogelijk samenhangen met ammoniakemissie uit de mest als gevolg van bovengronds uitrijden. Omdat het hier maar twee onafhankelijke metingen betreft, kan dit effect op toeval berusten. Het gegeven dat beide MB-veldjes zeer dicht bij elkaar liggen (kleine witte driehoekjes in figuur 3.1), laat echter zien dat er relatief weinig spreiding in de soortensamenstelling van de veldjes zit.

Van deze proef was slechts een beperkte set van omgevingsvariabelen beschikbaar die niet zijn opgenomen in de analyse.

4 Bakel (2005): mesttype en bemestingsniveau

4.1 Proefopzet

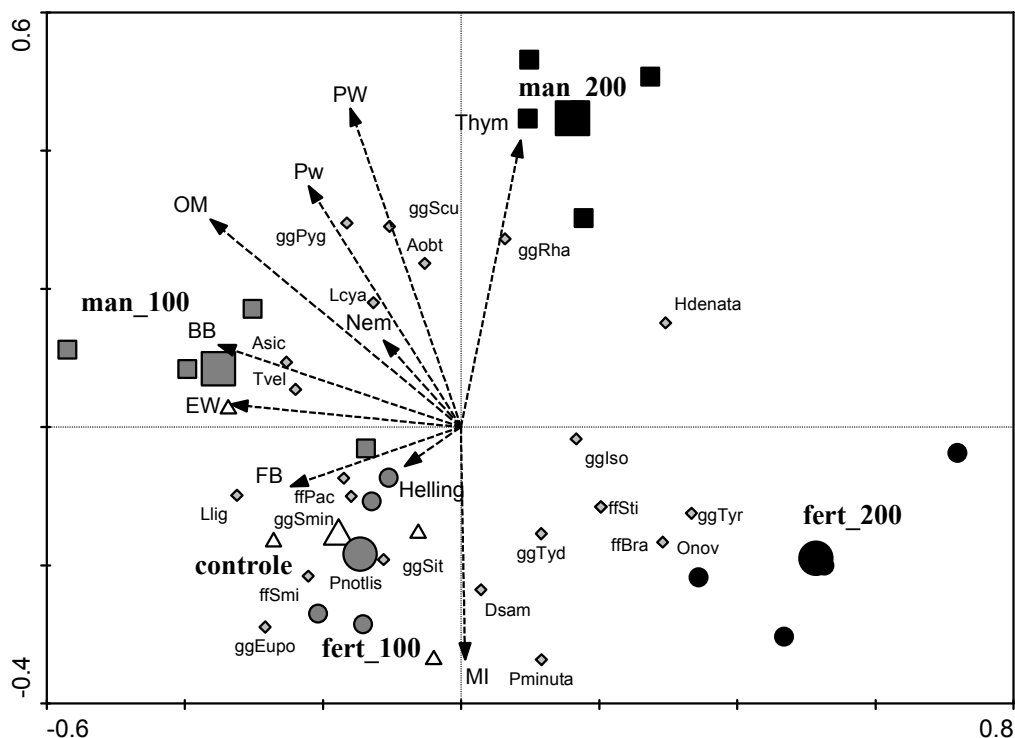
In een bemestingsproef in Bakel zijn vanaf 2001 verschillende mestsoorten met elkaar vergeleken bij verschillende bemestingsniveaus. In 2004 zijn vijf verschillende mestsoorten vergeleken bij één bemestingsniveau (Van Eekeren et al., 2009). In 2005 zijn de meest extreme mestsoorten (kunstmest en vaste mest) met elkaar vergeleken onder twee bemestingsniveaus in vergelijking met een controle zonder extra bemesting. Het experiment is uitgevoerd op een proefveld, waarbij alle behandelingen in vier blokken zijn herhaald. De uitgangssituatie was 10 jaar oud grasland. Bemonstering in 2005 vond plaats op 10 oktober.

Tabel 4.1 Bakel 2005

| Mest type | Hoeveelheid | Herhalingen |
|-----------|------------------------|-------------|
| controle | controle | 4 |
| kunstmest | 100/150 kg N-totaal/ha | 4 |
| kunstmest | 200/300 kg N-totaal/ha | 4 |
| stalmest | 100/150 kg N-totaal/ha | 4 |
| stalmest | 200/300 kg N-totaal/ha | 4 |

4.2 Multivariate analyse

De significantie van de eerste as was $P=0.14$ en van alle assen $P=0.18$. Deze waarden zijn hoger dan $P=0.05$ (een kans van één op twintig dat de uitspraak fout is), maar geven nog steeds een goede indicatie van een effect. Daarbij verklaarden alle behandelingen samen 22% van de totale variantie, waarvan 41.1% op de eerste as en 26.6% op de tweede as.



Figuur 4.1 Ordinatie van de vijf behandelingen van Bakel (2005). Donkerder arcering staat voor hogere dosis stikstof. Grote symbolen geven het gemiddelde weer van de monsters met een bepaalde behandeling. Alle soorten zijn opgenomen in de analyse, maar alleen soorten die belangrijk zijn voor de eerste drie assen zijn weergegeven in de figuur.

Controle, MAN = stalmest, Fert = kunstmest, 100 = 100 kg N/ha/j, 200 = 200kg N/ha/j Informatie over omgevingsvariabelen is weergegeven als gestippelde pijlen BB = bacteriële biomassa ($\mu\text{g C/g}$ droge stof); FB = schimmelbiomassa; EW = biomassa regenwormen (g/m^2); Helling = de helling van de 'biolog' metingen; MI = maturity index (hoge waarden duiden op stabiele situaties); Nem = aantallen nematoden (aaltjes)($n/100\text{g}$); OM = organische stof (% droge stof); Pw = wateroplosbaar fosfaat($\text{mgP}2\text{O}5/1\text{dm}^3$), PW = aantallen van potwormen (n/m^2); Thym = thymidine inbouw in bacteriële biomassa (pmol/g/h). Soorten met een lage significantie op de eerste twee assen zijn weggelaten.

4.3 Interpretatie

De resultaten laten heel duidelijk zien dat de hoeveelheid mest en het mesttype allebei een groot effect hebben op het bodemleven.

Van linksonder naar rechtsboven bepaalt de hoeveelheid bemesting de ordening van de soorten en monsters. De controle staat links, de 100 kg N staat in het midden en de 200 kg N staat op ruime afstand aan de rechterkant. De relatief grote afstand tussen 100 kg en 200 kg N, ten opzichte van de afstand tussen de controle en 100 kg N, geeft aan dat het effect van bemesting toeneemt met de hoeveelheid mest.

Van onder naar boven geeft de figuur de verschillen weer tussen stalmest en kunstmest. Het blijkt dat de laagste doses nog vrij dicht bij elkaar liggen en dat de afstand tussen stalmest en kunstmest steeds groter wordt bij hogere dosis. Dit geeft aan dat het verschil in bodemfauna groter wordt bij de toepassing van meer mest.

De figuur geeft ook aan dat slechts een gering aantal soorten mijten en springstaarten in staat is om zich aan te passen aan de omstandigheden in de velden met hogere bemestingsniveaus. Dit blijkt uit de concentratie van soorten in de buurt van de controle en bemesting met 100 kg N/ha/j.

Abiotische en biotische variabelen

De meeste abiotische variabelen wijzen in de richting van stalmest en controle. Hierbij is duidelijk dat de combinatie van stalmest en een laag bemestingsniveau een gunstige invloed heeft op de biomassa van regenwormen en de bacteriële biomassa. Het gehalte organische stof, de beschikbaarheid van fosfaat en de aantallen potwormen worden selectief bevorderd door organische bemesting. De thymidine-inbouw, die een maat is voor de groei van de bacteriën, wijst in de richting van hoge bemesting met stalmest (en niet in de richting van kunstmest). Dit hangt mogelijk samen met de langzame afbraak van de organische stof en het hogere organische stofgehalte van de grond, waardoor ook in het najaar - het moment van bemonsteren - nog mineralisatie plaatsvindt in de organisch bemeste velden. De tegengestelde richtingen van de pijlen van de nematoden aantallen en de maturity index voor nematoden wijzen erop dat organische bemesting het aantal nematoden bevordert en dat dit in hoofdzaak snel groeiende pioniersoorten betreft.

5 Aver Heino (2007): mesttype en hoeveelheid

5.1 Proefopzet

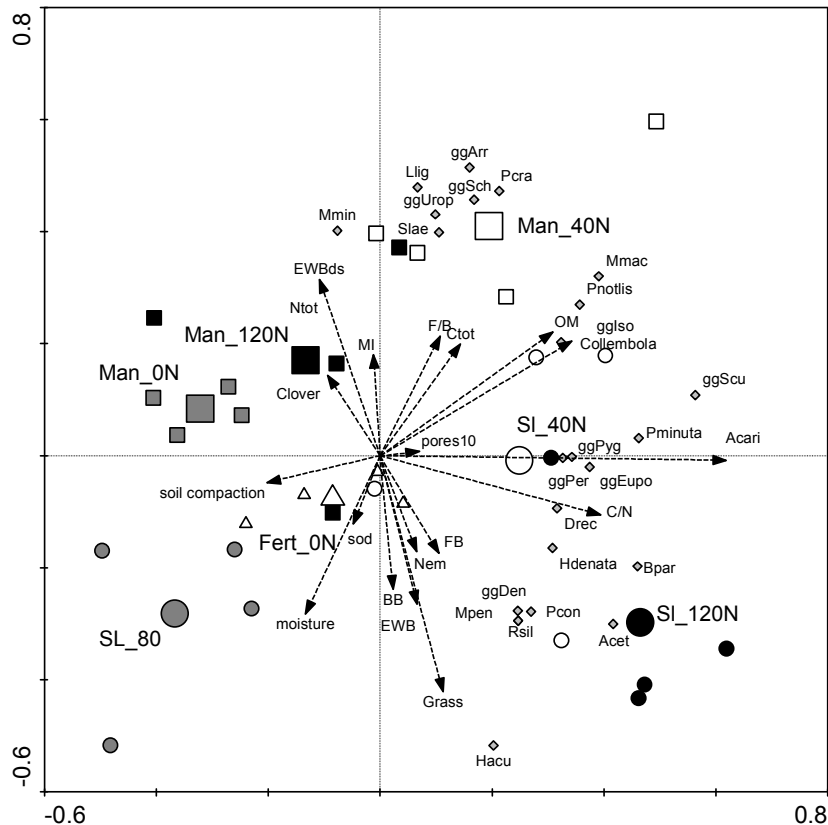
Het experiment in Aver Heino gaat uit van tien jaar oud grasland met klaver. De proef bestond uit een controle (geen mest), drie dosis drijfmest en drie doses stalmest. De drie doses mest waren: 40, 80 en 120 kg N totaal per ha per jaar. De 40 en 80 kg N-behandelingen werden toegepast voor de eerste snede (die plaatsvond omstreeks half mei). De 120 kg N-behandeling was verdeeld in twee porties, een portie van 80 kg N voor de eerste snede en een portie van 40 kg voor de tweede snede (eind juni). De bemonstering vond plaats in oktober.

Tabel 5.1 Aver Heino 2007

| Grasklaver | Mesttype | Stikstof | Herhalingen | Blok |
|------------|-----------|-----------------|-------------|------|
| grasklaver | Geen mest | 0 kg N totaal | 4 | 3 |
| grasklaver | drijfmest | 40 kg N totaal | 4 | 7 |
| grasklaver | drijfmest | 80 kg N totaal | 4 | 6 |
| grasklaver | drijfmest | 120 kg N totaal | 4 | 2 |
| grasklaver | stalmest | 40 kg N totaal | 4 | 4 |
| grasklaver | stalmest | 80 kg N totaal | 4 | 1 |
| grasklaver | stalmest | 120 kg N totaal | 4 | 5 |

5.2 Multivariate analyse

De significantie van de eerste as was $P=0.006$ en van alle assen $P=0.006$. Daarbij verklaarden alle behandelingen samen 79% van de variantie (na aftrek van de variantie die op rekening komt van de covariabelen voor x en y-posities in het veld). Hiervan was 11.9% gerelateerd met de eerste as en 9.3% met de tweede as.



Figuur 5.1 Aver Heino 2007. Ordening van de zeven bemestingsbehandelingen op basis van de soortensamenstelling van springstaarten en mijten. Hoe donkerder de arcering van de symbolen, hoe hoger de dosis stikstof. Total Grote symbolen geven het gemiddelde weer van de monsters met een bepaalde behandeling. Alle soorten zijn opgenomen in de analyses maar alleen de soorten met relatief goede correlaties met de assen zijn weergegeven in de figuur.

De omgevingsvariabelen zijn weergegeven als gestippelde pijlen en zijn opgenomen als 'supplementary variables' (en hebben hierdoor geen invloed op de positie van de monsters). Acari = aantal mijten per m², BB = bacteriële biomassa (µg C/g droge grond), Clover = grasklaver productiviteit (DM t/ha/j); Collembola=aantal springstaarten per m², Ctot = total gehalte koolstof (g per 1000 g grond), C/N = verhouding koolstof/stikstof; res = weerstand van de grond in de bovenste 10cm (mPa); FB = schimmel biomassa (µg C/g droge grond); F/B = verhouding schimmelbiomassa tegen bacteriële biomassa; EWB = biomassa van regenwormen (g/m²); EWBds = biomassa van dieplevende wormen, bijvoorbeeld *Lumbricus terrestris* (g/m²); Grass = gras drogestof productie (t/ha/j); MI = maturity index, een op aaltjes gebaseerde maat voor stabiele grond; Nem = nematoden biomassa (g/m²); Ntot = totale hoeveelheid stikstof (g per 1000 g grond); OM = organische stof (% drooggewicht); Pw = water-extrabeerbaar fosfaat (mgP₂O₅/1dm³), sod = dikte van de graszode (cm)

5.3 Interpretatie

De ordening van de zeven behandelingen laat een aantal verschillende patronen zien.

De monsters en soorten vertonen een duidelijke gradiënt van drijfmest via de controle naar de monsters behandeld met vaste mest. Het verschil tussen drijfmest en vaste mest neemt toe met de bemestingshoeveelheid.

De monsters en soorten laten ook een duidelijk effect zien van de dosis. Dit effect treedt zowel op bij vaste mest als bij drijfmest. Dit verband is echter niet rechtlijnig. Gerekend vanaf de behandeling met 40 kg N/ha/j treedt een groot verschil op in soortensamenstelling met de behandeling met 80 kg N/ha/j, waarna dit verschil weer afneemt en de bodemfauna van de behandeling met 120 kg N/ha/j juist weer meer gaat lijken op die van 40 kg N/ha/j.

Abiotische en biotische variabelen

Het grootste verschil in abiotische variabelen bestaat tussen de toepassing van stalmest of drijfmest. Stalmest vertoont een positieve relatie met hoge waarden van klaver, totaal stikstof, de biomassa van wormen en de dichtheid van springstaarten. De velden van de drijfmestbehandeling vertonen positieve relaties met de opbrengst van gras, het aantal nematoden, de C/N-ratio (meer koolstof in de grond) en de dichtheid van mijten.

6 Biologisch en conventioneel

6.1 Opzet van de analyse

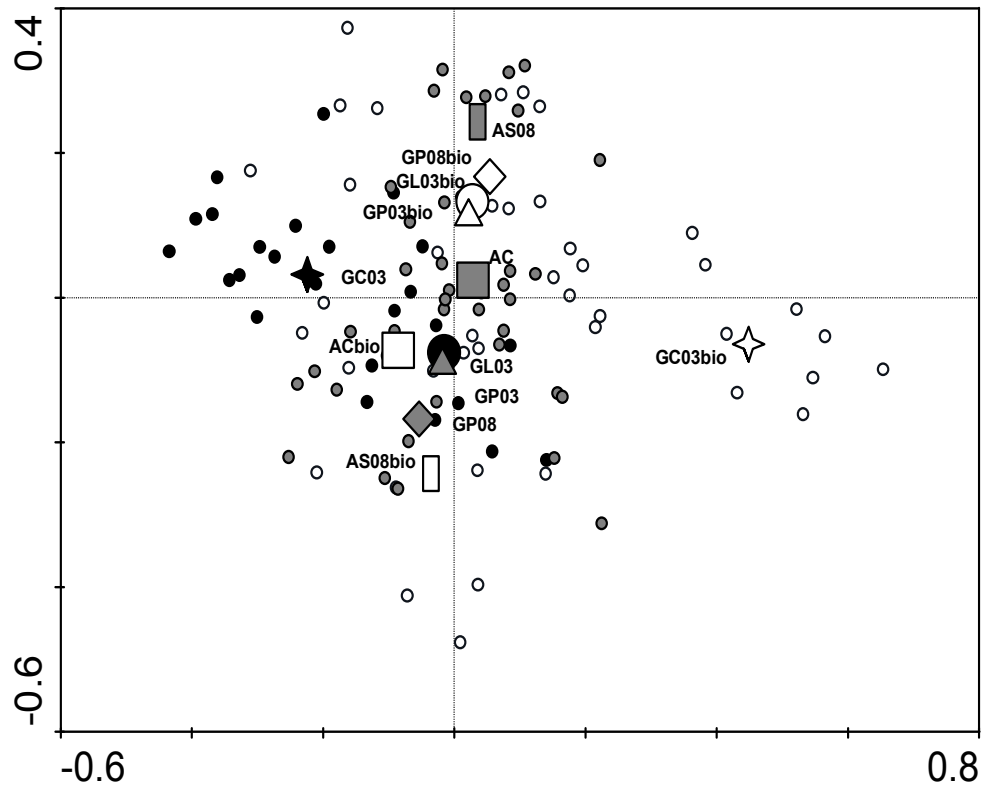
De selectie van de gegevens is erop gericht geweest dat de te vergelijken categorieën steeds binnen een jaar zijn gemonsterd. Op deze wijze wordt verstrengeling van behandelingseffecten met jaareffecten uitgesloten. Daarnaast is zoveel mogelijk gezocht naar verschillen in alle overige parameters, zoals grondsoort, jaar en akkerbouw/veeteelt.

Tabel 6.1 Overzicht van de locaties en monsters die zijn gebruikt voor de analyse van effecten van biologische bedrijfsvoering

| Effect biologische landbouw | Herhalingen |
|------------------------------|-------------|
| BoBI_2003_grasopveen_bio | 5 |
| BoBI_2003_grasopveen | 6 |
| BoBI_2003_grasoplöss_bio | 4 |
| BoBI_2003_grasoplöss | 7 |
| BoBI_2003_grasopzeeklei_bio | 10 |
| BoBI_2003_grasopzeeklei | 20 |
| BoBI_2006_akkeropzeeklei_bio | 4 |
| BoBI_2006_akkeropzeeklei | 12 |
| BoBI_2008_akkeropzand_bio | 10 |
| BoBI_2008_akkeropzand | 10 |
| BoBI_2008_grasopveen_bio | 10 |
| BoBI_2008_grasopveen | 10 |

6.2 Multivariate analyse

Om de verschillen tussen biologische en conventionele landbouw zo zuiver mogelijk te onderzoeken, is bij de analyses voor iedere paarsgewijze dataset biologisch-conventioneel een covariabele opgenomen. Hierdoor zijn de analyses relatief onafhankelijk van grondsoort, jaar en het verschil akkerbouw/veeteelt en sterk gericht op de paarsgewijze verschillen. De significantie van de eerste as was $P=0.002$ en van alle assen $P=0.002$. Daarbij verklaarden alle behandelingen samen 7.8% van de totale variantie, waarvan 37.3% op de eerste as en 24.4% op de tweede as.



Figuur 6.1 GL03 = gras op löss, GP03 en GP08 = gras op veen (grass on peat), GC03 = gras op zeeklei (grass on clay), AS08 = akker op zand (arable on sand), AC = akker op zeeklei (arable on marine clay). Getallen geven het jaar van monsters weer (bv 08 is 2008). Arcering monsters en behandelingen: zwart = intensief, grijs = extensief, wit = biologisch

6.3 Interpretatie

Figuur 6.1 laat drie trends zien.

Ten eerste is er een verschil tussen de soorten in zeeklei en alle overige monsters. Dit verschil vertaalt zich in een ordening van de monsters van zeeklei langs de horizontale as en van de overige monsters langs de verticale as. Dit verschil komt het sterkst tot uitdrukking in gras op klei.

Ten tweede bestaan er verschillen in de soortensamenstelling tussen de bedrijven met een biologische of gangbare bedrijfsvoering. Dit blijkt uit de afstand tussen de onderzochte paren van bedrijfstypen. Het verschil tussen biologisch en conventioneel is het grootst bij akker op zand en bij gras op zeeklei.

Ten derde blijkt uit de figuur dat bij meting langs de verticale as, dat er een tendens is dat het verschil tussen biologische en gangbare akkerbouwbedrijven tegengesteld is aan het verschil tussen biologische en gangbare melkveehouderijbedrijven. Dit geldt zowel voor akkerbouw op zand als voor akkerbouw op klei. Waar organische veeveelt dus relatief extensief is vergeleken met gangbare landbouw, is het effect van organische akkerbouw te kenmerken als relatief intensief.

7 Conclusies en richtingen voor verder onderzoek

7.1 Algemene conclusies

De resultaten van deze studie laten zien dat springstaarten en mijten gevoelig reageren op landbouwkundige maatregelen en teeltsystemen. Bijna alle behandelingen die onderdeel waren van de experimenten die in deze studie zijn geanalyseerd leidden tot significante patronen in de multivariate analyses. Microarthropoden zijn dus uitstekende indicatoren.

De resultaten in deze studie lieten zien dat vaste organische mest leidt tot een heel andere microarthropodensamenstelling dan drijfmest of kunstmest. Daarbij was niet alleen het mesttype van belang maar ook het bemestingsniveau. Ook bleek dat biologische landbouw gepaard gaat met een andere bodemfauna dan gangbare landbouw. Nu is vastgesteld dat de soortensamenstelling van microarthropoden gevoelig reageert op deze factoren, wordt het interessant om te onderzoeken wat hiervan de oorzaak is. Pas als dit bekend is kunnen de effecten worden vertaald in praktische adviezen voor bodembeheer.

7.2 Toekomstig onderzoek

De huidige resultaten zijn aanleiding tot twee belangrijke suggesties voor vervolgonderzoek.

Het onderzoek moet worden uitgebreid. De huidige studie omvat slechts een beperkt deel van de datasets in de BoBI-database. Dit betekent dat er nog een breed scala aan mogelijkheden is voor onderzoek naar overige aspecten die een rol spelen in de landbouw, natuurbehoud en natuurbouw.

Er is aandacht nodig voor functionele analyse. De huidige studie beperkt zich tot effecten op de soortensamenstelling. Voor de praktijk zijn functionele uitspraken echter veel belangrijker, omdat die meer inzicht geven in het achterliggende karakter en de oorzaken van de veranderingen. Als deze oorzaken bekend zijn, kunnen de resultaten beter worden vertaald naar praktische maatregelen. Omdat van alle soorten in dit onderzoek de voedselstrategie en de levenscyclusstrategie bekend zijn, kunnen vervolganalyses zich op deze aspecten richten en op die manier de resultaten dichter bij de praktijk brengen.

Literatuur

Bloem J. en A.M. Breure, 2003. Microbial indicators. *Bioindicators/Biomonitoring - Principles, Assessment, Concepts*. (B.A. Markert, A.M. Breure and H.G. Zechmeister, eds.), pp. 259-282. Elsevier, Amsterdam.

Bloem J., T. Schouten, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, M. Rutgers en T. Breure, 2004. Measuring soil biodiversity: experiences, impediments and research needs. 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://webdomino1oecd.org/comnet/agr/soil_ero_bionsf)

Bloem J., A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. van der Werf en A.M. Breure, 2006. Monitoring and evaluating soil quality. *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality* (J. Bloem, D.W. Hopkins and A. Benedetti, editors), pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK. http://www.cabi.org/bk_BookDisplay.asp?PID=1880

De Vries F.T., E Hoffland, N. Van Eekeren, L. Brussaard en J. Bloem, 2006. Fungal/bacterial ratios in grasslands with contrasting nitrogen management. *Soil Biol. Biochem.* 28, 2092-2103.

Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., W.J. Dimmers, P.C.J. van Vliet, P.W. Goedhart, G.F.P. Martakis en R.G.M. de Goede, 2008. Evaluating the use of gel-based subsampling for assessing responses of terrestrial microarthropods (Collembola and Acari) to different slurry applications and organic matter contents. *Applied Soil Ecology* 38: 239-248.

Koopmans C.J., F.W. Smeding, M. Rutgers, J. Bloem en N. van Eekeren, 2006. *Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw*. Rapport Louis Bolk Instituut, RIVM, Alterra <http://www.louisbolk.org/downloads/1871.pdf>

Rutgers M., A.M.P. Kuiten en L. Brussaard (eds.), 2007. *Prestaties van de bodem in de Hoeksche Waard Nulmeting en toepassing van een referentie voor biologische bodemkwaliteit (RBB)*. Rapport RIVM, LTO Noord Projecten BV en sectie Bodemkwaliteit Wageningen UR.

Rutgers M., C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G.W. Korthals, F.W. Smeding, C. ten Berg en N. van Eekeren, 2007. *Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit*. RIVM rapport 607604008, 96 pp.

Van Eekeren, N., H. de Boer, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede en ., en L. Brussaard, 2009. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biology and Fertility of Soils*, 45(6), 595-608.

Vosman B., H. Baveco, E. den Belder, J. Bloem, K. Booij, G. Jagers op Akkerhuis, J. Lahr, J. Postma, K. Verloop en J. Faber, 2007. *Agrobiodiversiteit; kansen voor een duurzame landbouw*. Rapport 165, Plant Research International en Alterra.



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl