



# Verslag van de workshop 'Bodemkwaliteit', Wageningen, 20 september 2002

A.A. Pronk, J.J. Schröder & R. Booij



Rapport 54





# Verslag van de workshop 'Bodemkwaliteit', Wageningen, 20 september 2002

A.A. Pronk, J.J. Schröder & R. Booij

Plant Research International B.V., Wageningen  
december 2002

Rapport 54

© 2002 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [post@plant.wag-ur.nl](mailto:post@plant.wag-ur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

# Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Programma van de Workshop	3
2.1 Introductie op bodemkwaliteit <i>Bert Janssen, Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit</i>	3
2.2 Bijdrage van de sectie biologische bedrijfssystemen Wageningen Universiteit <i>Aad Termorshuizen &amp; Wim blok, Sectie Biologische bedrijfssystemen, Wageningen Universiteit</i>	4
2.3 Ziektewering van plantenpathogenen als één facet van bodemkwaliteit <i>Joeke Postma, Plant Research International</i>	6
2.4 Bodemkwaliteit en het bedrijfssystemenonderzoek <i>Janjo de Haan, PPO-AGV</i>	10
2.5 Bodemkwaliteit: wat kunnen we ermee in de praktijk <i>Chris Koopmans, Louis Bolk Instituut</i>	16
2.6 Bodembioïologie en biologische bodemkwaliteit <i>Ron de Goede &amp; Wim Didden, Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit</i>	20
2.7 Bodemkwaliteit in relatie tot de gebruikte mestsoort <i>Jaap Schröder, Plant Research International</i>	23
2.8 Rekenregels voor duurzaam bodembeheer <i>Marjolein Hanegraaf, Nutriënten Management Instituut</i>	30
3. Conclusies en aanbevelingen	35
Bijlage I. Programma van de Workshop gehouden op 20 september 2002	1 p.
Bijlage II. Deelnemerslijst	1 p.
Bijlage III. Het achtergronddocument	2 pp.
Bijlage IV. Resultaten van de tabellen	2 pp.



# 1. Inleiding

Vanuit het programma Mest en Mineralen (DWK 398) en het koepelprogramma Biologische landbouw (DWK 401) is er grote belangstelling voor het thema Bodemkwaliteit.

Bodemkwaliteit heeft een normatief karakter en kan daarom alleen zinvol benoemd worden in combinatie met de functie(s) die aan deze bodemkwaliteit toegekend wordt(en). Binnen bovengenoemde beide landbouwkundig georiënteerde programma's ligt het accent bij bodemkwaliteit daarom op de functie ervan voor de landbouwproductie. De bodem is een duurzaam productiemiddel en de kwaliteit ervan levert een bijdrage aan een duurzame landbouw. Het begrip bodemkwaliteit krijgt een inhoudelijke betekenis in relatie tot een doel. Na de benoeming van het doel (of de doelen), zijn de eigenschappen van de bodemkwaliteit en de mate waarin deze eigenschappen ten goede beïnvloed kunnen worden met de desbetreffende handelingen, alsmede het kwantificeren van de effecten van de handelingen, belangrijke aandachtspunten bij het werken aan bodemkwaliteit. Hier is echter ook veel discussie over mogelijk, vooral vanuit verschillende werkgebieden binnen het onderzoek en vanuit de praktijk. Bij het werken aan het begrip bodemkwaliteit is het daarom noodzakelijk om vanuit deze verschillende invalshoeken naar het begrip te kijken en is er een workshop georganiseerd. Tijdens de workshop hebben verschillende deskundigen vanuit de verschillende onderzoeksdisciplines en vanuit de voorlichting het begrip bodemkwaliteit nader ingevuld. Om de discussie gestructureerd te laten verlopen is er gekozen voor de opzet van korte presentaties gevolgd door discussie (Bijlage I, Programma). De afbakening van het begrip bodemkwaliteit en de doelstelling van de workshop zijn van tevoren met de deelnemers doorgenomen (Bijlage II, Deelnemerslijst).

In het kader van deze workshop zijn de volgende bodemkwaliteitsdoelen geformuleerd:

1. Het vermijden van kwantitatieve en kwalitatieve productiebeperking als gevolg van water- en nutriëntengebrek.
2. Het vermijden van kwantitatief en kwalitatief productieverlies als gevolg van ziekten en plagen.
3. Het vermijden van emissies van nutriënten en pesticiden.
4. Het bevorderen van biodiversiteit als doel op zichzelf.

De sprekers zijn uitgedaagd om de intrinsieke eigenschappen van de bodem in relatie tot de bovengenoemde doelstellingen vanuit hun vakgebied te identificeren. Een aanvullende uitdaging was om de sturingsmechanismen en de effecten op de bodemkwaliteit te presenteren en zo mogelijk te kwantificeren.

De schriftelijke bijdragen van de sprekers zijn in volgorde van presentatie opgenomen in dit rapport. In de conclusies en aanbevelingen is ten slotte gezocht naar gemeenschappelijke intrinsieke eigenschappen en de wijze waarop deze beheerd zouden moeten worden om een bodemkwaliteit te creëren of te behouden, die bijdraagt aan de bovengenoemde doelstellingen.





## 2. Programma van de workshop

Na een voorstellingsronde begon volgde een presentatie van steeds tien minuten, gevolgd door een inhoudelijke discussie van vijftien minuten per presentatie (Bijlage I). De zeven sprekers is tevens gevraagd om een schriftelijke bijdrage aan te leveren. Ter voorbereiding van deze schriftelijke bijdrage is een achtergronddocument gemaakt (Bijlage III). Een onderdeel van dit achtergronddocument was een tweetal tabellen die de sprekers hebben ingevuld.

De resultaten van de tabellen zijn in de conclusies en aanbevelingen verwerkt.

### 2.1 Introductie op bodemkwaliteit

*Bert Janssen, Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit, Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen*

Als zodanig komt de definitie van bodemkwaliteit niet in het woordenboek voor, maar kwaliteit wel. De uitleg leidt na enige stappen tot een cirkelredenering, wat aangeeft dat het een moeilijk te definiëren begrip is. Het begrip kwaliteit wordt vaak gebruikt samen met, of in tegenstelling tot, kwantiteit. Vaak is kwantiteit meer gewenst, als vanuit de opbrengstgedachte naar landbouw gekeken wordt. In deze moderne tijd zijn er echter andere aspecten die een rol spelen bij de productie van landbouwgewassen. Het begrip bodemkwaliteit heeft daarom een verbreding ondergaan en kan in de ruimste zin gedefinieerd worden als: ‘the fitness of soil for use’ (Beare *et al.*, 1999). Voor landbouwkundig gebruik kan dit ingevuld worden als het vermogen van de bodem om gewassen ook op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor komen met een lage belasting van de omgeving. Concreet leidt dit tot de stelling dat in een bodem van een goede kwaliteit de nutriëntenbeschikbaarheid goed is, er voldoende water beschikbaar is, de luchthuishouding voldoende is, er een goede infiltratie van water en een goede structuur is, en een goede flora van bodemleven zonder schadelijke organismen. Kortom, in een ademteug is een goede bodemkwaliteit een veelomvattend en complex begrip.

Deze workshop heeft het begrip bodemkwaliteit afgebakend tot het landbouwkundig gebruik. ‘The fitness for use’ is beperkt tot alle aspecten van de landbouw. De doelstellingen en randvoorwaarden zijn benoemd in de inleiding. De presentaties beogen een evenwicht te vinden in het spanningsveld van het vermijden van productielimiterende omstandigheden en het vermijden van emissies naar de omgeving. De keuze van de sprekers van de workshop voegt nog een extra dimensie toe aan dit spanningsveld, doordat het begrip bodemkwaliteit vanuit de verschillende disciplines benaderd wordt. Sommige maatregelen om aan een gewenste bodemkwaliteit te voldoen kunnen een negatief effect hebben op een ander gewenst doel. Ook hieruit blijkt dat het een complex begrip is waarbij eenduidige en enkelvoudige maatregelen tot het bevorderen en behouden van een goede bodemkwaliteit een utopie zijn.

#### Literatuur

Beare, M.H., P.H. Williams & K.C. Cameron, 1999.

On-farm monitoring of soil quality for sustainable crop production. Proceedings of the 1999 Fertilizer and Lime Research Centre Conference - Best Management Practices for Production, Massey University, pp. 81-90.

## 2.2 Bijdrage van de sectie biologische bedrijfssystemen Wageningen Universiteit

*Aad Termorshuizen & Wim Blok, Sectie Biologische bedrijfssystemen, Wageningen Universiteit, Marijkeweg 22, 6709 PD Wageningen*

Een algemene gedachtegang wanneer gefilosofeerd wordt over het verbeteren van bodemkwaliteit is dat al dan niet hardop voorondersteld wordt dat één bepaalde handeling, al dan niet herhaald in de tijd, voldoende zou kunnen zijn om de bodemkwaliteit te verbeteren. Gezien de vele aspecten die gerelateerd zijn aan de bodem is dit volgens ons in het geheel niet haalbaar. Zelfs als slechts naar één functie gekeken wordt, bv. onderdrukking van pathogene bodemschimmels, dan is één bepaalde handeling in vele gevallen onvoldoende. Kort gezegd: een eenvoudige oplossing, een 'ei van Columbus' is er niet. Dit betekent dat het ons onwaarschijnlijk lijkt dat één bepaalde biologische bestrijder, of één bepaalde soort compost, of welke afzonderlijke factor dan ook, de bodemkwaliteit zodanig verbetert dat andere handelingen overbodig worden. Eerder moet gedacht worden aan een geïntegreerd beleid, analoog aan geïntegreerde bestrijding van gewasbelagers. Een dergelijk beleid leidt dus tot min of meer complexe oplossingen, omdat eenvoudige oplossingen niet bestaan.

Onderzocht worden:

1. de fytosanitaire kwaliteit van compost
2. effecten van compost op ziekteverendheid
3. biologische bestrijding van bodempathogenen
4. effecten van mengteelten (incl. cover crops) op bodemgezondheid

Ad 1. Het fytosanitaire onderzoek behelst de vraag of compost vrij is van pathogenen. In het algemeen kan gesteld worden dat compost vrij is van pathogenen mits de compostering correct verloopt. Gewerkt wordt aan de voorspelbaarheid van doding van pathogenen tijdens het composteringsproces en de invloed van het type composteringsproces op de doding van pathogenen. Verder wordt gewerkt aan risico-analyse voor bepaalde composten en bepaalde pathogenen in bepaalde toepassingen. Zeer in het algemeen kan gesteld worden dat het meeste groene afval fytosanitair veilig gecomposteerd kan worden.

Ad 2. Als relatief stabiele, moeilijk afbreekbare organische stof verhoogt compost over langere tijd de microbiële activiteit en daarmee verzwakt het de concurrentiepositie van de in de grond aanwezige pathogene bodemschimmels. Toepassing van verkeerde compost (te 'jong' of te 'oud') kan echter resp. ziektestimulering en geen effect te zien geven. In het laatste geval zijn echter dan nog wel positieve effecten te verwachten op bodemstructuur en watervasthoudend vermogen. Gewerkt wordt aan de voorspelbaarheid van het ziekteverende effect van een reeks composten tegen een reeks van pathogenen, vooral in de tuinbouw maar ook in de vollegrondsteelt. De door BOOM beperkte mogelijkheid tot toepassing van compost in de vollegrond wordt wel als probleem ervaren om significante positieve effecten van compost op de bodemgezondheid te krijgen. Zeker in de vollegrondsteelten is daarom een continue toepassing van compost door de jaren heen in combinatie met andere organische stof (zoals groenbemesters van het eigen bedrijf) van groot belang. Naast onderzoek aan bestaande composten werken we aan verhoging van effecten van compost op de microbiële activiteit door toepassing van innovatieve compostbehandelingen en verrijking met biologische bestrijders.

Over het werkingsmechanisme van ziekteverende compost bestaan twee 'scholen': die van een specifiek werkingsmechanisme, waarbij een bepaalde soort of een groep van nauw verwante soorten de belangrijkste bijdrage aan ziektevering levert en die van een aspecifiek werkingsmechanisme, waarbij vele soorten organismen bijdragen aan antagonisme of concurrentie. In werkelijkheid spelen beide mechanismen waarschijnlijk tegelijkertijd een rol.

Ad 3. Hoewel er voldoende kandidaat-antagonisten bestaan om bodempathogenen te bestrijden zijn er maar weinig succesvolle praktijktoepassingen. Probleem bij toe te passen antagonisten is dat deze in het

diverse en rijke bodemmilieu slecht aanslaan; met andere woorden, zij kunnen de concurrentie met aanwezige organismen niet aan. Wij werken aan drie benaderingen:

- verrijking van compost met antagonisten,
- gelijktijdige toepassingen van verscheidene antagonisten en
- partiële sterilisatie van de grond gevolgd door toepassing van antagonisten.

Ad 4. De meeste microbiële activiteit wordt direct (rhizosfeer) of indirect (via bv. inploegen van gewasresten) door het gewas veroorzaakt. Een diversiteit aan gewassen zou daarom verschillen in functies en diversiteit van de bodem tot gevolg kunnen hebben. Dit promotie-onderzoek is nu lopende, en het is nog te vroeg om hierover conclusies te trekken.

Antwoorden op de vragen (zie ook Bijlage III en IV):

### 1. Handelingen

- a. compostoediening (hoofdvariabelen: samenstelling te composteren materiaal; composteringsmethodiek, incl. composteringsduur)
- b. compostering (hoofdvariabelen: temperatuur, zuurstofconcentratie, composteringsduur)
- c. biologische bestrijding (hoofdvariabelen: in combinatie met compost; gelijktijdige toepassing van verscheidene antagonisten; in combinatie met cultuurmaatregelen (partiële sterilisatie)
- d. mengteelt en andere vormen van het laten groeien van meer dan één plant op een veld.

### 2. Effecten

- a. De mate van ziektevering en het effect op de plantengroei wordt bepaald in kasbioetsen voor een aantal bodempathogenen. Resultaten: in het algemeen vinden we duidelijke ziektevering, afhankelijk van de compostkwaliteit (die weer afhangt van type compostering en type uitgangsmateriaal). De belangstelling voor compost komt voort uit het gegeven dat compost een relatief persistente organische stof is, waardoor ook effecten op de langere termijn (verscheidene maanden) te verwachten zijn; dit in tegenstelling tot verse dierlijke mest, groenbemesters en gewasresten.
- b. Het effect van composteringscondities op de ziektevering wordt bepaald door de ziektevering van de verschillende compostmonsters vast te stellen in kasbioetsen. Het effect van composteringscondities op de overleving van pathogenen wordt bepaald door meegecomposteerde pathogeenmonsters te testen op de mate van overleving middels uitplaten of bioetsen. Resultaten: in sommige specifieke gevallen is gebruik van bepaalde organische restproducten om fyto-sanitaire redenen niet aan te bevelen. De fyto-sanitaire consequenties van gebruik van door de agrariër zelf geproduceerde compost zijn onvolledig in kaart gebracht.
- c. Het effect van biologische bestrijders wordt in de meeste gevallen bepaald in kasbioetsen, in enkele gevallen in veldproeven. Resultaten: de toepassing van antagonisten wordt op de eerste plaats gefrustreerd door het toelatingsbeleid van de overheid. Maar zelfs als dit een beperkt probleem zou zijn, is voor de meeste antagonisten de werkzaamheid op verschillende gronden te onbetrouwbaar. Wellicht kan de industrie een belangrijke rol spelen bij de formulering, maar dit kan alleen als het toelatingsbeleid er eenvoudiger uit gaat zien.
- d. Grondmonsters uit veld- en kasproeven beplant met verschillende gewassen en gewascombinaties worden getoetst op ziektevering in kasbioetsen. Resultaten: nog geen consistente effecten gevonden.

### 3. Bijdrage bodemkwaliteit

- a. Het effect van compost is potentieel groot in de tuinbouw (containerteelten) vanwege verhoogde ziektevering (veengrond heeft praktisch geen ziekteverende eigenschappen). Tevens is compostgebruik nuttig omdat het als veenvervanger dienst doet (veen is een onvervangbaar product en bij de winning van veen komt veel CO<sub>2</sub> vrij). Bij een langdurig gebruik van compost in de vollegrond valt verder een positief effect te verwachten op bodemeigenschappen als bodemstructuur,

vochtvasthoudend vermogen en CEC. Dit geldt uiteraard het meest voor die gronden die een slechte structuur en een laag vochtvasthoudend vermogen hebben.

- b. Pathogeenvrij zijn is cruciaal voor verstandige toepassing van compost.
- c. Toepassing van specifieke biologische bestrijders heeft een beperkt effect op de bodemkwaliteit – sterker nog, in feite wordt gehoopt dat de biologische bestrijders slechts een specifiek effect hebben op bepaalde bodemgebonden plantenpathogenen.
- d. Nog niet bekend.

### Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: aan welke eisen moet compost voldoen om ziekteverend te zijn? Antwoord: de respiratie van de compost moet zo hoog mogelijk zijn. Compostsoorten die snel afbreken hebben het hoogste ziekteverende vermogen voor drie ziekten. Tot op heden zijn er echter geen biotische factoren achterhaald voor dit effect. Dit staat in contrast met de wens van agrariërs om het percentage organische stof naar een voldoende niveau te brengen; daar wordt juist gestreefd naar de toediening van stabiele organische stof.

Opmerkingen: deze ziekteverende werking is aangetoond in potproeven. Op veldniveau kom je hele andere zaken tegen, waardoor er andere problemen optreden en de effecten minder duidelijk zijn. Het ziekteverende effect van compost kan ook erg afhangen van de grondsoort en van het moment van toepassen. Het management op het bedrijf is daarmee van zeer groot belang. In de praktijk zal dit uiteindelijk neerkomen op een bedrijfsspecifiek advies voor het gebruik van compost voor de ziekteverendheid.

Met grote hoeveelheden compost wordt de a-specifieke weerbaarheid van de grond opgekrikt, op zandgronden is deze a-specifieke weerbaarheid vooral afhankelijk van de textuur van de grond. Het werken aan/met organische stof in het veld, (kwaliteit/ziekteverendheid/percentage etc.) is een zaak van een lange adem. Dit maakt het onderzoek aan organische stof op elk niveau moeilijk.

## 2.3 Ziektevering van plantenpathogenen als één facet van bodemkwaliteit

*Joeke Postma, Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen*

### Inleiding

Bodemkwaliteit is een complex begrip en heeft fysische, chemische en biologische componenten. In dit stuk wordt vooral aandacht besteed aan de biologische aspecten van bodemkwaliteit. In een duurzame landbouw, waar het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen vermeden wordt, is het van eminent belang dat de bodem een zekere weerbaarheid heeft tegen plantenpathogenen, zgn. ziektevering van de bodem. Van bodems met een verstoorde bodemflora (bv. na sterilisatie, stomen of inundatie) is bekend dat de bodem zeer gevoelig is geworden voor het optreden van plantenziekten. Benutting en stimulering van de natuurlijke bodemweerbaarheid is dan ook een belangrijk instrument om bodemziekten beheersbaar te maken.

Hoewel het belang van het fenomeen ziektevering van de bodem onomstotelijk vaststaat, zijn er nog zeer veel vragen ten aanzien van de omstandigheden waaronder ziektevering optreedt. Ook is het effect van ziektevering op de gewasgezondheid niet voor alle pathogenen hetzelfde.

Hieronder worden enkele onderwerpen beschreven, die door de cluster Microbiële Buffering van Plant Research International onderzocht worden, en die sterk aansluiten bij het thema bodemkwaliteit. Per onderwerp wordt achtereenvolgens aangegeven (1) welke handelingen onderzocht worden, (2) wat

voor soort metingen uitgevoerd wordt, en (3) welk effect deze handelingen hebben op de bodemkwaliteit, c.q. ziektevering.

### 1. Invloed van rotatie op microbiële biodiversiteit in de bodem

In het onderzoek naar agro-biodiversiteit wordt de invloed van rotatieschema's op de diversiteit van schimmel en bacteriepopulaties in de bodem onderzocht. Rotaties varieerden van continu gras, diverse akkerbouwgewassen in rotatie en behandelingen waarin continu gras omgezet werd in andere teelten.

Bepaald zijn de aantallen en diversiteit van micro-organismen van verschillende groepen die op voedingsmedia gekweekt kunnen worden, maar ook de diversiteit van de niet-cultiveerbare groepen met behulp van moleculaire fingerprints (PCR-DGGE-methode). Bovendien is naar aantallen antagonistische organismen en naar ziektevering in biotoetsen gekeken.

De resultaten waren zeer opmerkelijk: de diversiteit van de microbiële populaties in de bodem met continueel gras was significant hoger ten opzichte van een rotatie met akkerbouwgewassen. Bovendien bleek dat de bodem met continueel gras ziekteverender was ten aanzien van *Rhizoctonia solani* AG3 in aardappel dan de grond van de overige rotaties (Paolina Garbeva). Deze data zullen later worden gecombineerd met data betreffende stikstofomzettingen en hieraan gerelateerde bacteriepopulaties.

Belangrijke **conclusie** uit dit onderzoek is dat rotaties de microbiële populaties, inclusief hun diversiteit, beïnvloeden en dat dit tevens invloed heeft op ziektevering van bodempathogenen.

### 2. Invloed van toevoegingen van organische stof op ziektevering van de bodem

Ziekteverendheid van de bodem kan gestimuleerd worden door toevoeging van organische stof, zoals compost, mest of industriële restproducten zoals papiercellulose. Het meeste onderzoek richt zich momenteel op effecten van compost, waarvan bekend is dat het schade door verschillende bodempathogene schimmels, bacteriën en nematoden kan reduceren. Er worden echter vele soorten compost geproduceerd van diverse uitgangsmaterialen waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende compostingsprocedures. Met andere woorden: de ene compost is de andere niet. Ook moment en dosis van toediening variëren in de praktijk. Compost in zijn algemeenheid heeft dan ook geen consistente werking op bodempathogenen en kan zelfs plantenziekten stimuleren.

Bij onderzoek naar ziektevering wordt over het algemeen gebruik gemaakt van biotoetsen, waarbij het gekozen pathogeen en een geschikte waardplant onder gestandaardiseerde condities samengebracht worden. Een biotoets is dan ook een modelsysteem (lieft een kleine en snelle toets) van wat in de praktijk zou kunnen gebeuren. Ziektevering toetsen onder praktijkomstandigheden is lastig, omdat toevoeging van pathogenen meestal ongewenst is.

Naast het effect van een bepaalde maatregel op ziektevering, worden diverse andere bodemkundige en microbiologische parameters onderzocht, met als doel (1) meer inzicht in het werkingsmechanisme van ziektevering krijgen of (2) het ontwikkelen van indicatoren voor ziektevering.

Voorbeelden van microbiologische metingen die worden uitgevoerd zijn:

- Kwantificeren van verschillende groepen micro-organismen met behulp van plaattellingen (schimmels, bacteriën, specifieke groepen zoals actinomyceten en pseudomonaden waarvan verwacht wordt dat ze correleren met ziektevering).
- Diversiteitsbepalingen en moleculaire fingerprints van de microbiële samenstelling.
- Activiteitsbepalingen, bv. bodemademhaling.
- Vermogen van de microflora om diverse C-bronnen te benutten.

Resultaten van organische-stof toevoegingen op ziektevering zijn moeilijk in het kort samen te vatten, omdat er nog geen algemene stelregels zijn. Resultaten kunnen sterk variëren per keer, per type

organische stof, per organisme en ze zijn afhankelijk van toedieningstijdstip en grondsoort. Wel is het mogelijk een opsomming van diverse resultaten te geven waaruit een aantal trends blijkt:

Hoge compostdoses (nl. 20 % GFT of groencompost van verschillende leeftijden) toegevoegd aan potgrondmengsels of zandgrond gaven een significante ziektevering van *Fusarium oxysporum* in anjer en *Rhizoctonia solani* AG2 in suikerbiet.

**Conclusie:** bij hoge dosis compost (20 %) is een ziektevering van 30 tot 70 % minder aantasting een realistisch effect.

Met lage compostdoses (1 % groencompost of champost) toegevoegd aan een zandgrond is het veel moeilijker een effect te meten. Ziektevering t.a.v. *Pythium ultimum* treedt soms wel, soms niet op. Er werd geen effect op ziektevering t.a.v. *Rhizoctonia solani* gevonden. Beiden getoetste nematoden, *Meloidogyne hapla* en *Pratylenchus penetrans*, gaven een verminderde aantasting na toevoeging van deze doses compost.

**Conclusie:** na een eenmalige toediening van een lage dosis compost (1 %) is het effect op ziektevering van schimmelpathogenen nihil, maar er zijn wel interessante perspectieven voor nematoden te verwachten (in het geval van zandgrond).

In het project 'Mest als Kans', uitgevoerd door het LBI, is het effect van de toevoeging van diverse mest- en compostcombinaties aan een kleigrond onderzocht (toegestane en dus lage doses organische stof). Ziektevering van *Rhizoctonia* in een biotoets met bloemkool gaf variabele resultaten tussen de twee toetsjaren. Potstalmest gaf 4 en 27 weken na toediening respectievelijk een negatief en een positief effect op ziektevering. Ook drijfmest in combinatie met GFT of kippenmest met stro gaven positieve effecten 27 weken na toediening.

**Conclusie:** de trend is dat eventueel te verwachten positieve effecten van organische stof op ziektevering pas na langere tijd zichtbaar worden. Effect van lage doses organische stof op ziektevering is vooral realistisch op lange termijn met herhaalde toepassingen.

Organische stof (in dit geval papiercellulose), toegediend vlak voordat een gewas geplant werd in een veld waar reeds *Rhizoctonia* aanwezig was, gaf verhoogde aantasting, terwijl toediening in de herfst een lichte toename van de ziektevering liet zien.

**Conclusie:** schimmelpathogenen kunnen soms sneller op organische-stoftoediening reageren dan dat de ziektevering gestimuleerd wordt.

### 3. Invloed van teeltmaatregelen op ziektevering van de bodem

Ook diverse andere teeltmaatregelen beïnvloeden de ziektevering van een teeltsysteem. Onderzoeksmethodieken zijn in dit geval vergelijkbaar met die in bovengenoemd onderzoek.

Overzicht van enkele resultaten van teeltmaatregelen die de ziektevering bleken te beïnvloeden:

Ziektevering van *Rhizoctonia* in bloemkool was hoger na een herfstbewerking (spitten) dan na voorjaarsbewerking van de bodem.

**Conclusie:** bodembewerking en het moment hiervan hebben een gering effect op ziektevering.

Ziektevering van *Rhizoctonia* in bloemkool was zeer sterk na vele jaren bloemkoolteelt en heel zwak in een vergelijkbare grond met andere gewassen (peer, gras). Ziektevering in laatstgenoemde gronden nam toe na vijf keer bloemkool planten en *Rhizoctonia*-toevoeging. De ziektevering wordt waarschijnlijk veroorzaakt door micro-organismen.

**Conclusie:** hoewel in het algemeen een ruime rotatie noodzakelijk is om schade door bodempathogenen te voorkomen, kan in specifieke gevallen (bloemkool op kleigrond) ziektevering worden opgebouwd door continu hetzelfde gewas te telen. Dit is analoog aan het goed gedocumenteerde fenomeen 'Take-all decline' in tarwe.

Toevoeging van de mycoparasiet *Verticillium biguttatum* aan grond rond de stengelvoet van een gewas geeft soms een gering bestrijdend effect van *Rhizoctonia*.

**Conclusie:** toevoeging van biologische bestrijders aan een bodem kan ziektevering in lichte mate bevorderen. Het effect is echter overwegend van korte duur, omdat geïntroduceerde micro-organismen in de bodem de concurrentie met andere micro-organismen niet overleven.

Ook de grondsoort is bepalend voor de mate van ziektevering t.a.v. de verschillende pathogenen. Zo zijn diverse nematoden in zijn algemeenheid schadelijker op lichte zandgrond dan op kleigrond. (info Hans Kok en Frans Zoon). Hiernaar wordt echter niet direct onderzoek gedaan in onze projecten, omdat grondsoort veelal een gegeven is. In relatie tot ziektevering kan grondsoort echter een zeer belangrijk kwaliteitscriterium van de bodem zijn.

#### 4. De rol van endofyten

Dat planten van binnen overwegend steriel zouden zijn, is een achterhaald concept. Allerlei bacteriën en schimmels kunnen het inwendige van planten bevolken en worden ook wel endofyten genoemd. Soort(en), hoeveelheid en diversiteit zijn afhankelijk van plantensoort, cultivar, bodem, bemesting en andere teeltmaatregelen. Deze endofyten kunnen de weerbaarheid van de plant verhogen of groeibevordering veroorzaken. Een potentieel negatieve rol spelen endofyten als het humaan-pathogenen betreft die in de plant aanwezig zijn. Endofyten kunnen een aspect van bodemkwaliteit zijn, in het geval de endofytenpopulatie gezien wordt als een afspiegeling van de bodemmicroflora. Onderzoek aan endofyten staat in de kinderschoenen. Het betreft veelal onderzoek naar welke organismen aangetroffen worden, welke factoren van invloed zijn op de endofytenpopulaties en wat hun effecten kunnen zijn (Leo van Overbeek en Jim van Vuurde).

#### 5. Diversen

Andere zaken die de bodemkwaliteit beïnvloeden zijn allerlei ongewenste schadelijke factoren, zoals de aanwezigheid van quarantaine-organismen (bv. de bruinrotbacterie), hoge dosis pathogenen, zware metalen, etc.

Om bodemkwaliteit in de toekomst beter te kunnen karakteriseren, worden DNA-microarrays ontwikkeld die enerzijds een groot scala aan pathogenen kunnen detecteren en anderzijds vele eigenschappen van ziektevering kunnen aangeven. Laatstgenoemde technische ontwikkeling heeft de complicatie dat lang niet alle mechanismen van ziektevering goed gedocumenteerd zijn. (Dick van Elsas en Arjen Speksnijder).

#### Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: in de presentatie werd gesproken van cultiveerbare micro-organismen. Wat zijn dat? Antwoord: die micro-organismen die in het laboratorium op een plaat gekweekt kunnen worden.

Vraag: zijn er al methoden die het bodemleven kunnen karakteriseren en kan de mate van ziektevering daarmee bepaald worden?

Antwoord: het vermogen van het bodemleven om ziekten te weren is een zeer ingewikkeld proces en is vaak een specifieke relatie van micro-organisme/pathogeen. Een algemene methode is (nog) niet beschikbaar.

Vraag: in het hele verhaal wordt gepraat over de ziektevering van de bodem. Wordt er ook gekeken naar de ziektevering van de plant? Is het effect van teeltmaatregelen en gewaskeuze niet veel belangrijker van de ziektevering van de bodem?

Antwoord: als onderdeel van bodemkwaliteit is ziekteverendheid een belangrijk aspect. Dit wordt echter pas erg belangrijk als alle andere condities binnen het optimale traject liggen. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan de fysische aspecten van de bodem.

Vraag: hoe moet organische stof eruit zien wil het een goede ziekteverende werking hebben?

Antwoord: het materiaal mag niet vlak voor het planten toegediend worden. Ook hier wordt een tegenstrijdigheid geconstateerd, omdat vanuit nutriëntefficiëntie de periode tussen toediening van de organische component en zaaien/planten zo kort mogelijk dient te zijn.

Opmerking: er wordt nogal de nadruk gelegd op ziekteverend vermogen van de bodem. Het gaat ook om het herstelvermogen van de bodem nadat er een 'calamiteit' opgetreden is. Dit kan zijn in de vorm van een ziekte, bodempathogeen, maar ook door bijvoorbeeld een grondbewerking onder te natte omstandigheden. Het herstelvermogen van de grond is een belangrijk onderdeel van bodemkwaliteit.

## 2.4 Bodemkwaliteit en het bedrijfssystemenonderzoek

*Janjo de Haan, PPO-AGV, Postbus 430, 8200 AK, Lelystad*

### Het bedrijfssystemenonderzoek in een notendop

In het bedrijfssystemenonderzoek wordt gewerkt aan het ontwikkelen van duurzame bedrijfssystemen, zowel geïntegreerd als biologisch. Duurzaam zowel:

- ecologisch, met geen of beperkte schade aan de het milieu;
- sociaal-economisch, met goed financieel resultaat en een gezonde werkomgeving, als
- agronomisch met goede opbrengsten.

Het onderzoekstechnische doel van het bedrijfssystemenonderzoek is het combineren en integreren van kennis uit diverse vakgebieden tot een compleet systeem met betere prestaties. Manco van deze methode is dat het vaak moeilijk is om effecten te kwantificeren van afzonderlijke maatregelen.

Het bedrijfssystemenonderzoek is regionaal van opzet, voorbeelden worden per regio ontwikkeld die homogeen zijn voor grondsoort en bedrijfstype. Vergelijkingen over regio's heen worden daarom slechts beperkt gemaakt.

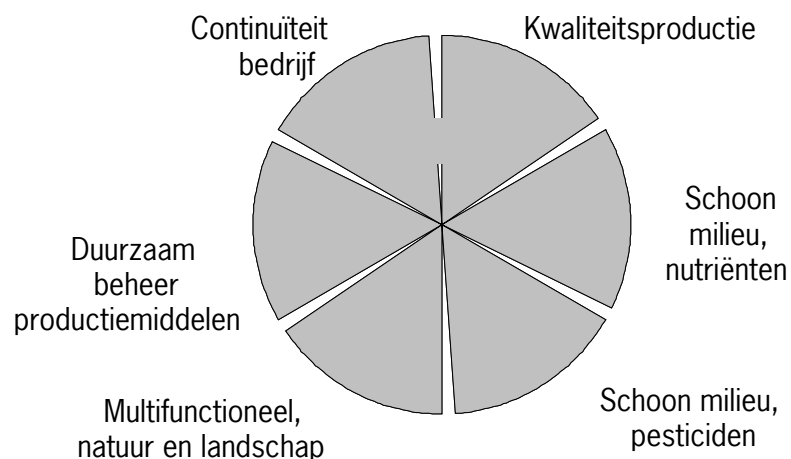
Het bedrijfssystemenonderzoek is een proces van analyse, ontwerp, testen en verbeteren en verspreiding.

- In de analysefase worden de sterke en zwakke punten en kansen en bedreigingen op een rij gezet
- De analyse vormt de basis voor het ontwerp waarin doelen worden geformuleerd, bedrijfsmethoden worden (her)ontworpen en geïntegreerd tot een theoretisch prototype. De belangrijkste bedrijfsmethoden zijn *vruchtwisseling*, *nutriëntenbeheer*, *gewasbescherming*, *grondbewerking* en *natuurbeheer*.
- Testen en verbeteren houdt in: een aantal jaren het ontwerp testen in de praktijk en meten in hoeverre de doelen gehaald worden. Waar doelen niet gehaald worden wordt het ontwerp bijgesteld.
- Verspreiding is het uitdragen van de resultaten naar buiten door middel van o.a. demonstraties.

Bedrijfssystemen worden beoordeeld op een zestal thema's die zijn onderverdeeld in maatstaven (zie Figuur 1). Aan de maatstaven worden zware eisen gesteld. Een beperkte set maatstaven moet een compleet beeld van het bedrijfssysteem geven. Een maatstaf moet beïnvloedbaar zijn door de bedrijfsmethoden en moet eenvoudig meetbaar zijn. Daarnaast moet er een onderbouwde streefwaarde aan de maatstaf gekoppeld worden.

In de metingen en waarnemingen kan ook onderscheid gemaakt worden tussen de operationele en de tactische/strategische metingen en waarnemingen. De eerste worden gedaan om te bepalen of een handeling of bewerking nodig is. De tweede worden gedaan ter beoordeling van het systeem.





Figuur 1. Thema's in het bedrijfssystemenonderzoek.

### Rol van de bodem in een bedrijfssysteem

De bodem is één van de productiefactoren in een bedrijfssysteem. Eén van de belangrijkste en één die over het algemeen moeilijk te beïnvloeden is. De kwaliteit van de bodem wordt in het bedrijfssystemenonderzoek beoordeeld in het thema *duurzaam beheer productiemiddelen*. Dit thema omvat naast de bodem ook de productiemiddelen water en energie. In Tabel 1 staat een overzicht van de maatstaven en streefwaarden die tot nu toe gehanteerd worden voor de kwantificering van het begrip bodemkwaliteit.

Tabel 1. Maatstaven en streefwaarde binnen het thema *duurzaam beheer productiemiddelen*.

Maatstaf	Dimensie	Streefwaarde
Pw	Pw	20-30
K-getal	K-getal	18-29
Organische-stofbalans	-	>1

Uit Tabel 1 blijkt dat vooral de bodemchemische kant wordt beoordeeld met Pw, K-getal. Niveaus van overige nutriënten worden waar nodig wel gemeten (zwavel, magnesium, calcium, etc) maar zijn in het algemeen van onvoldoende belang om op te nemen als maatstaf.

De bodembiologische en bodemfysische kant worden slechts voor een klein deel beoordeeld met de organische-stofbalans. Dit is dan ook nog een riskante maatstaf gezien het feit dat onduidelijk is wat een gewenst organische-stofgehalte is van een bodem en wat de precieze afbraaksnelheid is van organische stof. Normaal wordt dan ook als doel uitgegaan van handhaving van het huidige niveau. Er worden geen directe relaties gekwantificeerd of geschat tussen organische-stofbalans/gehalte en andere zaken (mineralisatie, vochtbergend vermogen, etc).

Wat betreft de bodembiologie worden plantparasitaire aaltjesniveaus wel bepaald (met name op zandgronden) maar door het ontbreken van harde schaderelaties konden objectieve maatstaven niet ontwikkeld worden. Daarnaast is per locatie het belang van plantparasitaire aaltjes erg verschillend.

Schade door aaltjes uit zich wel in de kwaliteitsproductie en in het (her)ontwerp van het systeem wordt met een kwalitatieve benadering wel rekening gehouden met aaltjesniveaus. Overige bodemgebonden ziekten en plagen of onkruiddruk worden niet systematisch bepaald (soms wel voor het bepalen van de noodzaak van een bestrijding).

Wat betreft de bodemfysische kant wordt er weinig bepaald door gebrek aan operationele kwantitatieve meetmethoden gekoppeld aan strategieën om de bodemfysische eigenschappen zo te verbeteren dat dit een duurzamere productie oplevert.

In andere thema's zijn maatstaven opgenomen die deels beïnvloed worden door de bodem of anderzijds de bodem kunnen beïnvloeden:

- kwaliteit en kwantiteit van de productie in het thema *kwaliteitsproductie*,
- overschotten en uitspoeling in het thema *schoon milieu, nutriënten*,
- emissie naar de bodem (BRI<sup>1</sup>-bodem) en schade aan het bodemleven (MBP<sup>2</sup>-bodemleven) door pesticiden in het thema *schoon milieu, pesticiden*
- uren handwieden in het thema *continuïteit van het bedrijf*

### **Beïnvloeding van de bodem door de bedrijfsmethoden**

Bodemkwaliteit wordt met name beïnvloed door de bedrijfsmethoden *vruchtwisseling, nutriëntenbeheer* en *grondbewerking*. Daarnaast hebben de methoden *gewasbescherming* en *natuurbeheer* een zwakke relatie met bodemkwaliteit. Zie hiervoor Figuur 2.

#### *Vruchtwisseling*

Vruchtwisseling is de centrale methode in het ontwerp van bedrijfssystemen. Enerzijds bepaalt de bodem welke gewassen verbouwd kunnen worden, anderzijds bepaalt de vruchtwisseling met de keuze van gewassen, frequentie en plaats in de rotatie grotendeels de prestaties van een systeem en de ontwikkeling van de bodem. Voorbeelden zijn:

- Een afwisseling van rooivruchten en maaivruchten zorgt ervoor dat jaren met een grote aanslag op de bodemstructuur gevolgd worden door een rustjaar, een jaar waarin de structuur zich kan herstellen.
- Ook door diep wortelende gewassen en groenbemesters te telen wordt een goede bodemstructuur zoveel mogelijk gegarandeerd en worden nutriëntenverliezen beperkt.
- Door grenzen te stellen aan de frequentie waarin gewassen (ook groenbemesters) of verwante gewassen (families) geteeld worden, worden met name problemen met bodemgebonden ziekten en plagen te voorkomen.
- Onkruid kan onderdrukt worden door slecht concurrerende gewassen af te wisselen met snelle en goede bodembedekkers.

#### *Nutriëntenbeheer*

Een optimaal nutriëntenbeheer garandeert een goede chemische bodemvruchtbaarheid en beperkt nutriëntenverliezen. In eerste instantie wordt gekeken naar niet-bemestingsbronnen als depositie, fixatie en mineralisatie uit gewasresten/groenbemesters/bodem. Wanneer dit de nutriëntenbehoefte niet dekt, wordt het verschil aangevoerd met meststoffen. Oogstresten- en groenbemesterbeheer en mestkeuze hebben grote invloed op de organische-stofhuishouding. De bemesting (kunstmest en organische mest) dient de chemische bodemvruchtbaarheid op peil te houden.

---

<sup>1</sup> BRI = Blootstellings Risico Index

<sup>2</sup> MPB = Milieu Belastings Punten

*Grondbewerking*

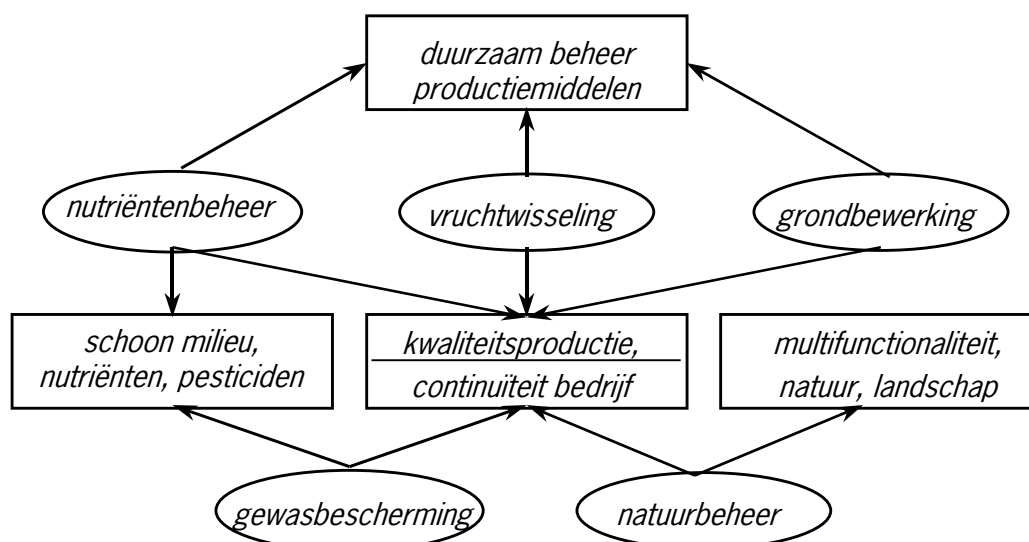
Door een goed afgewogen keuze van type en timing van de (hoofd)grondbewerking wordt met name een goede bodemstructuur gegarandeerd.

*Gewasbescherming*

De gewasbeschermingsstrategie bestaat uit preventie, vaststellen van de noodzaak van bestrijding en bestrijding. Preventie wordt met name ingevuld door de vruchtwisseling, vaststellen van de bestrijdingsnoodzaak houdt meten in (bijv. van aaltjes). In de bestrijding wordt de voorkeur gegeven aan niet chemische methodes zoals een jaar braak bij te hoge aaltjesniveaus. Wanneer chemisch ingegrepen moet worden speelt de emissie (naar de bodem; BRI-bodem) en schade (aan bodemleven; MBP-bodemleven) van de middelen een belangrijke rol. De middelen met de laagste emissie en schade worden gekozen.

*Natuurbeheer*

Door gericht te werken aan natuurbeheer wordt de biodiversiteit op het bedrijf verhoogd. De invloed van deze biodiversiteit aan de beheersing van (bodembebonden) ziekten en plagen is nog relatief onbekend.



Figuur 2. Thema's en hun relatie met de bedrijfsmethoden.

### Voorbeelden van systeemeffecten op bodemkwaliteit

*Biologische bemesting*

Afstemmen van aanvoer van nutriënten op de nutriëntenbehoeften van biologische systemen is moeilijk: het reguleren van de N-behoefte met groenbemesters, fixatie, gewasrestenbeheer zijn tot op zekere hoogte afhankelijk van de locatie, de P-, K-behoefte moet grotendeels uit mest komen. Meestal zijn de verhoudingen van de behoefte niet afgestemd op de verhoudingen in de mest. Dit kan tot onevenwichtigheid in de bodemvruchtbaarheid leiden. Omdat de P-behoefte leidend is bij het opstellen van het bemestingsplan zal met name de kalivoorraad toenemen (Tabel 2).

Tabel 2. K-overschotten en K-getal.

	Grondsoort	K-overschot kg/ha	K-getal		
			begin	eind	aantal jaar
OBS BIO	Klei	63	15	25	9
Vredepeel BIO	Zand	146	8	13	7
Kooijenburg BIO	Zand	171	15	19	4
Streefwaarde	Klei	40	20	30	
	Zand	40	11	19	

*Nutriëntenbeheer versus aaltjesbeheersing*

Toch is het P-overschot op de zandlocaties ook boven de streefwaarde. Dit komt doordat via andere bronnen dan mest te weinig stikstof in het systeem gebracht kan worden. Groenbemesters, met name vlinderbloemigen, leiden in veel gevallen tot onaanvaardbare risico's voor aaltjesvermeerdering. Daarnaast blijken veel groenbemesters niet goed te slagen (onkruiddruk, vochttekort, ...).

Twee voorbeelden van afweging nutriëntenbeheer of aaltjesbeheersing van Vredepeel:

- BIO 2000-2001: Klaveronderzaai in triticale deels mislukt door onkruiddruk en ondergewerkt. Eén strook blijven staan. Volgende jaar duidelijk hogere aantallen *Pratylenchus penetrans* in strook met klaver, zoals te verwachten. In volggewas aardappel (kans op schade matig) geen schade door aaltjes zichtbaar, duidelijk hogere niveaus in bladsteeltjesopbrengst 3 ton hoger (48 ton/ha) maar met 12 punten lager onderwatergewicht (311).
- GI 2001-2002: Conservenerwt-tagetes i.p.v. Conservenerwt-stamslaboon ter verlaging van uitspoeling en ter bestrijding van *Pratylenchus Penetrans*. N-min november een stuk lager: 12 kg/ha tegenover 73 kg/ha, ook uitspoeling lager (geen cijfers beschikbaar). Dit jaar bleek een hoge aantasting met trichodoriden, welke zichtbare schade gaven in het volggewas aardappel, terwijl in de bemonstering van vorig jaar vrijwel niets aanwezig was. De aardappelen zijn nog niet geoogst.

*Opname gras-klaver in biologische rotatie OBS<sup>3</sup> in plaats van graan*

Op kleigronden is de opname van vlinderbloemigen in de rotatie geen probleem omdat aaltjes een beperkte rol spelen. In 1998 is besloten gras-klaver te gaan telen in het biologische systeem voor een geitenhouder in ruil voor mest. Opname van gras-klaver bleek een gouden greep op een aantal punten:

- Onkruidonderdrukkende werking met name voor wortelonkruiden. Levert een schone uitgangssituatie voor het moeilijke gewas zaaiuien: handwiedwerk in zaaiuien is gedaald sinds opname van gras-klaver van 250 uur/ha naar 80 uur/ha.
- Stijging van de uienopbrengst van ongeveer 41 ton/ha naar ongeveer 54 ton/ha door betere stikstoflevering, minder beschadigingen door onkruidbestrijding en vroegere zaaidatum
- Daling van het stikstof- en kalioverschot door vermindering van de mestbehoefte, stikstofoverschot gedaald van 98 naar 79 kg/ha, kalioverschot gedaald van 80 naar 63 kg/ha.

Een klein deel van de veranderde prestaties is toe te schrijven aan andere wijzigingen in de strategieën dan de opname van gras-klaver in de rotatie.

*Vergelijking van de OBS biologisch (BIO) en geïntegreerd (GI)*

Verskil in bodemkwaliteit tussen systemen door verschil in management betekent een verschil in prestaties. De vraag is: wat is beter en slechter.

- OBS BIO: alleen vaste mest, lage aanvoer van N uit mest, veel vlinderbloemigen en groenbemesters, relatief hoog organische-stofgehalte geeft relatief hoog overschot door lage N-

<sup>3</sup> Proefbedrijf Ontwikkeling Bedrijfs-Systemen (Nagelen)

werkzaamheid en relatief veel mineralisatie (schatting) en relatief hoge uitspoeling (minder beheersbare N-bemesting).

- OBS GI: drijfmest en kunstmest, hoge aanvoer van N uit mest, weinig groenbemesters, relatief laag organische-stofgehalte geeft relatief laag overschot door hoge afvoer en hoge werkzaamheid en relatief lage uitspoeling.

Cijfers verschillen van beeld in praktijk door optimaal management OBS in beide systemen.

Tabel 3. *Vergelijking van de stikstofbalans van de OBS biologisch (BIO) en geïntegreerd (GI).*

	Eenheid	BIO	GI
Aanvoer totaal	kg/ha	206	185
waarvan kunstmest	kg/ha	0	61
waarvan dierlijke mest	kg/ha	98	81
waarvan fixatie	kg/ha	66	0
Afvoer	kg/ha	127	143
Overschot	kg/ha	79	42
N-drainwater	ppm	42	28
Organische-stofgehalte	%	2,6	2,3

### Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: hoe wordt de chemische bodemvruchtbaarheid afgestemd op de wensen van het gewas?

Antwoord: de behoefte van het gewas aan stikstof en fosfaat is sturend voor de bemesting met dierlijke mest. Hierdoor hoopt zich kali op in de bodem en dit kan een negatief effect hebben op de emissies.

Vraag: is het systeem onlangs nog gemoderniseerd?

Antwoord: het systeem wordt zo veel mogelijk afgestemd op de omgeving. Voor de beheersing van onkruiden en het verhogen van de bodemvruchtbaarheid is recentelijk gras-klaver als kunstweide opgenomen.

Vraag: is er een inventarisatie uitgevoerd bij de bedrijven in de regio om deze te evalueren aan de hierboven genoemde aspecten van duurzaamheid? Zijn de bedrijven duurzaam?

Antwoord: ja, sommige bedrijven zijn duurzaam.

Vraag: moet een regio duurzaam zijn of gelden de streefwaarden voor ieder individueel bedrijf?

Antwoord: ieder bedrijf moet aan de streefwaarden voor duurzaamheid voldoen.

Vraag: is er een prioriteitlijst aan te geven die gehanteerd wordt als het gaat om de hier genoemde aspecten van bodemkwaliteit? Hoe ziet de 'top drie' eruit?

Antwoord: voor zandgrond is de top drie als volgt: 1. plantparasitaire aaltjes en bodemziekten: de vruchtwisseling wordt hieraan aangepast; 2. nutriëntenbehoefte en beperking van ongewenste emissies: hier wordt in de bemesting alswel in de rotatie en de inzet van groenbemesters een optimum gezocht; 3. onkruidbeheersing is een zeer belangrijk aspect van bodemkwaliteit, ook hier wordt zo mogelijk met de vruchtwisseling op geanticipeerd. Het streven is naar een win-win situatie omdat in bedrijfsystemenonderzoek er vaak conflicterende belangen liggen.

## 2.5 Bodemkwaliteit: wat kunnen we ermee in de praktijk

*Chris Koopmans, Louis Bolk Instituut, Hoofdstraat 24, 3972 LA Driebergen*

### Inleiding

Bodemkwaliteit is een complex geheel, maar essentieel in de praktijk van de biologische landbouw. Bodemkwaliteit heeft een fysische, een chemische en een biologische component. In de praktijk moeten deze in samenhang worden gezien. Daar waar de fysische bodemvruchtbaarheid groot is heeft het gewas goede mogelijkheden om de nutriënten te bereiken. Dat betekent dat met een lagere chemische bodemvruchtbaarheid mogelijk toch nutriëntenaanbod is gewaarborgd. Omgekeerd heeft een hoge chemische bodemvruchtbaarheid geen zin wanneer de fysische bodemvruchtbaarheid het bereiken ervan onmogelijk maakt. Hier wordt ingegaan op enkele componenten van de bodemkwaliteit waar binnen het Louis Bolk Instituut onderzoek naar loopt.

De grondslag voor een goede bodemkwaliteit zit in een duurzaam bodembeheer dat gericht is op een bodem die in staat is de gewassen van voldoende nutriënten te voorzien en een goed product te leveren in kwantiteit en kwaliteit. Een goed opgezette vruchtopvolging die aanluit bij de mogelijkheden, wensen en uitgangspunten van de boer is hiervoor een eerste vereiste. Welke gewassen worden geteeld is niet alleen van belang voor het rendement, maar op termijn ook voor het behoud van de bodemkwaliteit, het tegengaan van ziekte- en plagendruk en het algehele functioneren van het landbouwsysteem.

Meer dan in de gangbare landbouw, die de nadruk legt op de aan- en afvoer van mineralen, is in de biologische landbouw de bodemkwaliteit een belangrijk doel vanwege de stabiliteit van de opbrengsten die ermee samenhangen en de vermindering van de risico's van ziekten.

De bodemkwaliteit is uit te drukken in streefwaarden voor N, P, K en organische stof, kwaliteit en kwantiteit van het bodemleven en door middel van bodemfysische eigenschappen. Aan- en afvoer van mineralen is hiervan een integraal onderdeel. De keuze van de bemesting, zoals de soort mest, samenstelling en tijdstip van toediening speelt naast de vruchtwisseling een belangrijke rol. Duidelijk is dat er behoefte is aan indicatoren die aangeven wat de streefwaarden voor uiteenlopende bodems en bedrijfstypes zijn. Welke indicatoren hiervoor gebruikt zouden moeten worden is vooralsnog onduidelijk. De indicatoren, alsook de streefwaarden die momenteel worden gebruikt zijn niet gestandaardiseerd. Hieraan is wel behoefte.

Naast de algemene indicatoren liggen er bijvoorbeeld specifieke vragen zoals:

- hoe groot is het N-leverend vermogen van de grond?
- hoe kan de bodemkwaliteit op de langere termijn d.m.v. bemesting met organische mest op peil worden gebracht en gehouden?
- hoe valt de ziekteverendheid van de bodem te optimaliseren?

### Bodemkwaliteit en mest- en compost-kwaliteit

Binnen het project Mest als Kans is gedurende vier jaar de invloed van 13 mest- en compostsoorten op de bodem en het gewas gevolgd. De plant en de kwaliteit van het product zijn hierbij als indicator voor de effecten van de verschillende kwaliteiten gebruikt. Bij de bodemkwaliteit lag de focus op het nutriëntenleverend vermogen van de grond, de diversiteit van het bodemleven en het ziekteverend vermogen dat door middel van bemesting is te bereiken.

### Bodemkwaliteit en mineralenmanagement in vruchtwisseling

Doordat in de gangbare landbouw niet of nauwelijks rekening wordt gehouden met bodemspecifieke mineralisatie is er over de relatie tussen bodem en mineralisatie te weinig bekend en blijkt het in de

praktijk moeilijk hier op een specifieke wijze rekening mee te houden. Dit geldt met name voor de biologische landbouw, waar de bijsturing met mest immers beperkt is maar de bodemmineralisatie waarschijnlijk op veel bedrijven hoger ligt dan op gangbare door de jarenlange nawerking van de inzet van organische meststoffen. Zou een eenvoudige voor de praktijk bruikbare methode voorhanden zijn dan kan hier in de toekomst per bodemtype en gebruikstype rekening mee worden gehouden. De vorderingen die binnen de gangbare landbouw op dit gebied in de afgelopen vijf jaar zijn gemaakt geven wel een indicatie maar nog te weinig praktische toepassingsmogelijkheden.

### **Bodemkwaliteit en bodemstructuur**

In de praktijk is gebleken dat de bodemstructuur van groot belang is voor de gezondheid en ontwikkeling van het gewas. De bodemstructuur is van grote invloed op een efficiënte mineralenbenutting. De wortels van het gewas zijn verantwoordelijk voor de opname van voedingsstoffen; de doorwortelbaarheid van de grond bepaalt vaak of de opname van voedingsstoffen zal en kan plaatsvinden. In het veld kunnen zelfs bij een optimale bemesting groei en ontwikkeling van het gewas achter blijven. Een slechte of beperkte bodemstructuur is vaak de oorzaak.

Dat de bodemstructuur in de praktijk een grote rol speelt is duidelijk, maar deze rol specificeren en kwantificeren is een lastige taak. Waarom is de bodemstructuur nu zo belangrijk? Hoe bepaal je of de grond goed doorwortelbaar is? Welke factoren spelen een rol en in welke mate hebben zij invloed op de bodemstructuur? Wat is de rol van de bodemstructuur voor de plantgezondheid? Dit zijn vragen die telkens weer worden gesteld. Hoe de bodemstructuur te meten blijft echter een lastige klus.

Een objectieve reproduceerbare analytische methode die hier duidelijkheid over geeft bestaat nog niet. Het verkrijgen van een objectieve bodemstructuurbeoordelingsmethode is essentieel. Met behulp van deze methode kan er meer duidelijkheid verkregen worden over de invloed van de bodemstructuur op zaken als ziekteverendheid, N-dynamiek, nutriëntenleverend vermogen, etc. En hierdoor op de gezondheid en ontwikkeling van het gewas.

De bodemstructuur is sterk gerelateerd aan de biologische activiteit van bodemorganismen (Kooistra & Noordwijk, 1996; Marinissen, 1995). De dynamiek van de waterhuishouding in de bodem en de activiteit van het bodemleven zijn sterk verbonden met de status van de bodemstructuur. Een bodemstructuurbeoordelingsmethode moet dit complexe ecosysteem meten; de methode zal een goede indruk moeten kunnen geven van de vitaliteit van de bodem maar moet ook de vraag naar exacte bodemparameters kunnen voortbrengen.

Op het Louis Bolk Instituut is een cursusprogramma ontwikkeld waarbij met de agrarische ondernemer op perceelniveau de bodemstructuur wordt beoordeeld en de consequenties voor bouwplan en bemesting worden nagegaan. In deze methode wordt gekeken naar drie verschillende structuurvormen: scherpe, ronde en kruimelstructuren. Deze onderverdeling is beschreven door Steur & Heijink, 1983. De methode is beperkt getest wat betreft de reproduceerbaarheid. Dit aspect van de methode vraagt zeker aandacht om verder ontwikkeld te worden.

### **Bodemkwaliteit en biodiversiteit**

Binnen de biologische landbouw wordt ervan uitgegaan dat het bodemleven en de diversiteit ervan een belangrijke rol zouden kunnen spelen bij het bereiken van bodemkwaliteit en daarom waar mogelijk gestimuleerd zouden moeten worden. Daarbij speelt een aantal overwegingen:

Het bodemleven zou een weerspiegeling kunnen zijn van de toestand van de bodem en het bedrijf. De samenstelling van het bodemleven zou immers een indicator kunnen zijn van de bodemvruchtbaarheid die uiteindelijk zou moeten leiden tot stabiele opbrengsten en tot een kwalitatief hoogstaand product.

Een bodem met veel bodemleven en een divers bodemleven kan duiden op een stabiel systeem, waar ziekten minder kans krijgen doordat ook ziekteonderdrukkers actief zullen zijn en processen optimaler zullen verlopen doordat benodigde organismen in de bodem te vinden zijn.

Voor de afbraak van de organische meststoffen en het vrijmaken van voedingsstoffen in de bodem is het bodemleven essentieel voor de opbouw van bodemvruchtbaarheid; bij de omvorming van organische verbindingen in stabielere humusvormen speelt het bodemleven een actieve rol, bijvoorbeeld bij de productie van slijmstoffen

Om de toestand van het bodemleven te beoordelen wordt door het LBI wel het aantal regenwormen als een indicator gebruikt. Daarbij wordt uitgegaan van het gegeven dat veel wormen duiden op een structuurrijke en voedingsrijke bodem, en dat wormen bijdragen aan de verspreiding van schimmels en bacteriën en zodoende belangrijk bijdragen aan het totale bodemleven. De soort samenstelling blijkt echter uiterst belangrijk in de vraag in hoeverre de wormen ook effectieve bodemverbeteraars zijn. Met name de vraag of de wormen de ondergrond openhouden voor wortels en de afvoer van water lijkt een relevante vraag op veel praktijkpercelen.

Ten aanzien van de samenstelling van het bodemleven lijken eerste resultaten uit Bioveem I (RIVM) te duiden op een opvallende overeenkomst tussen de samenstelling van het bodemleven en de bedrijfstypes die eraan ten grondslag liggen. Hiermee lijkt het bodemleven een afspiegeling van het bedrijf geworden en wordt in de toekomst mogelijk duidelijk welke soort samenstellingen onder bepaalde condities te prefereren zijn.

### **Bodemkwaliteit en organische stof**

Binnen de biologische landbouw is in het verleden veel aandacht gegeven aan de opbouw van de bodemvruchtbaarheid en de organische stof. In de praktijk wordt hierbij vaak gesproken van de opbouw van humuskwaliteit zonder dat duidelijk is gedefinieerd wat hieronder precies wordt verstaan. Waarschijnlijk wordt hierbij verwezen naar de complexe interactie van fysische, chemische en biologische eigenschappen van humus die het resultaat is van een geaccumuleerde bodemvruchtbaarheid of 'oude kracht'. Voor een boer is dit meestal ervaarbaar, doordat het de betrouwbaarheid van de opbrengsten ten goed komt, evenals de bodemstructuur en stabiliteit, de bewerkbaarheid maar ook de groei en gezondheid van de gewassen (Koopmans & Bokhorst, 2000).

In het verleden is de kwaliteit van de organische stof veelal benaderd door te kijken naar de C/N-verhouding van bijvoorbeeld gewasresten en mest (Janssen, 1996). Veel van de huidige modelconcepten zijn hier dan ook op gebaseerd. Door Hassink (1994) is veel gewerkt aan de zogenaamde fractionering van organische stof om verschillende functies van de organische stof te onderscheiden. Momenteel ligt de verdere kennisontwikkeling op dit gebied in Nederland nagenoeg stil. Veelbelovend zijn echter de ontwikkelingen in die richting in het buitenland, met name in de VS. Hier wordt in het kader van de ontwikkeling van 'Sustainable Farming Systems' en biologische landbouw gezocht naar functie en betekenis van de kwalitatief onderscheidbare fracties binnen de organische stof. Gebleken is dat in biologische systemen sprake kan zijn van extra ophoping van een relatief jonge fractie die relatief actief is en die relatief sterk bijdraagt aan de mineralisatie in de bodem (Wander, 1994; Willson, 1999), en daarmee mogelijk positieve effecten op de bodemstructuur en de structuurstabiliteit heeft. Waarschijnlijk spelen bij de vorming van deze stabiele structuren naast micro-organismen, de wortels van met name groenbemesters een cruciale rol (Cambardella, pers. comm).

Onderzoek binnen het project 'Analyse van de stikstofdynamiek' richt zich met name op de relatie tussen de Particulate Organic Matter fractie van de organische stof en de mineralisatiesnelheid van de grond. Ook wordt gekeken in hoeverre de POM-fractie geschikt is als snelle indicator van veranderingen in het organische-stofgehalte in de bodem.



LBI onderzoek binnen het programma Biokas richt zich daarnaast op de samenstelling van de organische stof (POM) en de ziekteverendigheid van de grond die het gevolg is van de inzet van diverse mest- en compostsoorten in de praktijk van de biologische glastuinbouw.

Uit het voorgaande blijkt dat voor de praktijk rekening moet worden gehouden met de fysische, chemische en biologische componenten van de bodemkwaliteit. Deze moeten dan ook liefst in hun samenhang worden onderzocht. In de LBI-cursus 'Bodem in zicht' worden de verschillende aspecten van bodemkwaliteit in hun samenhang verder uitgewerkt en geschikt gemaakt voor de praktijk. Het bewustzijn van de boer voor wat zich in de bodem afspeelt is daarbij van het grootste belang.

Voor een meer kwantitatieve benadering is de ontwikkeling van een testkit bodemkwaliteit ingezet. Hierin worden de relevante fysische, chemische en biologische parameters van de bodemkwaliteit bij elkaar gebracht en ingezet op bedrijfsniveau. De keuze van de parameterset die bepaald zou moeten worden in een specifieke situatie is daarbij een belangrijke vraag.

Samenvattend kan worden gezegd dat de bodemkwaliteit voor de boer van belang is voor de stabiliteit van de opbrengsten en de vermindering van ziekterisico's in zijn gewas. Een goede bodemkwaliteit is daarnaast vooral van belang voor het herstelvermogen van de grond. Dit vergemakkelijkt de keuzes bij de werkzaamheden en komt de stabiliteit ten goede. Eén op één relaties lijken onwaarschijnlijk bij de bodemkwaliteit, waardoor steeds interacties in ogenschouw genomen dienen te worden. Bij de link tussen bodemkwaliteit en ongewenste emissies is de inzet van computermodellen nuttig gebleken om de complexe interacties te verhelderen. Ook daar is echter de link tussen bodemstructuur, organische stof en voedingsstoffendynamiek nog onvoldoende uitgewerkt.

## Literatuur

Hassink, J., 1994.

Active organic matter fractions and microbial biomass as predictors of N mineralization. *European Journal of Agronomy* 3: 257-265.

Janssen, B.H., 1996.

Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181: 39-45.

Kooistra, M.J. & M. Noordwijk, 1996.

Soil architecture and distribution of organic matter. In: M.R. Carter & B.A. Steward (ed.), *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils. Advances in Soil Science*. CRC Press, Inc, USA, pp. 15-56.

Koopmans, C.J. & J. Bokhorst, 2000.

Optimising organic farming systems: nitrogen dynamics and long-term soil fertility in arable and vegetable production systems in the Netherlands. In: T. Alföldi, W. Lockeretz & U. Nigli (eds.). *Proceedings of the 13th International IFOAM Scientific Conference*. 28 to 31 August 2000, Basel, Switzerland, pp. 69-72.

Marinissen, J.C.Y., 1995.

Earthworms, soil-aggregates and organic matter decomposition in agro-ecosystems in The Netherlands. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Steur, G.G.L. & W. Heijink, 1983.

Bodemkaart van Nederland schaal 1:50.000. Algemene begrippen en indelingen, 2<sup>e</sup> uitgebreide uitgave. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 64 pp.

Wander, M.M., S.J. Traina, B.R. Stinner & S.E. Peters, 1994.

Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools. *Soil Science Society of America Journal* 58:1130-1139.

Willson, T.C., 1999.

Managing nitrogen mineralization and biologically active organic matter fractions in agricultural soil. PhD thesis, Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University.

## Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: hier wordt een testkit voor bedrijven gepresenteerd. Worden de resultaten van al deze testen gewogen om tot een beoordeling van de bodemkwaliteit te komen?

Antwoord: nee, er wordt gekeken welke parameter niet voldoet of slecht scoort.. Bij de testkit worden klassen verstrekt of een parameter goed, voldoende of slecht is. Is een parameter slecht, dan wordt hier een actieplan voor gemaakt. Dat beoogt deze parameter van bodemkwaliteit te verbeteren.

Vraag: voor de calibratie van modellen wordt het N-leverend vermogen van de bodem geschat. Hoe gebeurt dit?

Antwoord: er worden braakveldjes aangelegd.

Opmerking: De testkit bevat over het algemeen makkelijk meetbare parameters. In het onderzoek dat je liet zien werd ook de actieve schimmelmassa bepaald in relatie tot het gebruik van mest en compost. Dit is een moeilijk te bepalen parameter en het is zeer belangrijk om dit 'goed' te doen en bij 'onkundige bepalingen' kunnen er gemakkelijk verkeerde conclusies getrokken worden.

Vraag: Waar ligt het accent van de testkit bij de akker- en tuinbouw?

Antwoord: op de mineralenhuishouding.

Opmerking: er is in de praktijk (voornamelijk biologische landbouw) erg veel belangstelling om via cursussen ervaring op te doen over bodemkwaliteit. Dit gaat in de vorm van kijken naar bodems en praten over de verschillen die men ziet onder leiding van een deskundige. De ervaringskennis over de eigen bodem bij de agrariërs is (nog) onvoldoende ontwikkeld en deze cursussen kunnen hier een bijdrage aan leveren.

## 2.6 Bodembioologie en biologische bodemkwaliteit

*Ron de Goede & Wim Didden, Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit, Dreijenplein 10, 6703 HB Wageningen*

### Inleiding

Bodemkwaliteit kan gezien worden als het vermogen van een bodem om duurzaam te functioneren binnen de grenzen die worden gesteld door klimaat, landschap, ecosysteem en bodemgebruik. Bij functioneren ligt de nadruk vooral op het realiseren en beschermen van een duurzame biologische productiviteit en een goede milieukwaliteit die samen moeten bijdragen aan een gezonde levensgemeenschap waarvan zowel planten, dieren als de mens deel uitmaken (De Goede *et al.*, 2002).

Bodemorganismen spelen een essentiële rol in diverse sleutelprocessen in de bodem die van grote invloed zijn op het functioneren van ecosystemen en op de kwaliteit ervan. Het ligt voor de hand dat zij daarom ook een rol kunnen spelen bij het vaststellen van bodemkwaliteit. Belangrijke processen in de bodem, waarbij bodemorganismen (microben, bodemdieren) direct betrokken zijn, zijn de afbraak van dood organisch materiaal (decompositie) en het vrijmaken van nutriënten daaruit (mineralisatie), bodemvorming, waterdynamiek, ziekten en plagen en de onderdrukking daarvan, etc. Om bruikbaar te zijn als indicator moeten bodemorganismen voldoen aan een aantal eisen:

- Ze moeten in een vroeg stadium reageren op lange-termijn veranderingen in organische stof en bodemstructuur die niet gemakkelijk direct (via andersoortige metingen) kunnen worden waargenomen.
- Ze moeten in een vroeg stadium reageren op veranderingen in het aanbod, de beschikbaarheid en de dynamiek van essentiële plantennutriënten.
- Er moet een verband zijn met plantaardige productiviteit.

- Ze moeten bruikbaar zijn voor de beoordeling van de stabiliteit/veerkracht van het ecosysteem t.a.v. stress en verstoring (incl. beheersmaatregelen).

### **Conclusies uit een recent literatuuronderzoek**

In een literatuur-review komen Brussaard et al. (in prep.) tot de volgende conclusies:

- De microbiële biomassa is een indicator voor de potentieel beschikbare stikstof, terwijl veranderingen in microbiële biomassa gewoonlijk indicatief blijken te zijn voor veranderingen in bodem-organische stof.
- De microbiële activiteit correleert goed met de biomassa-productie van planten.
- De microbiële respiratie is gewoonlijk indicatief voor de N-mineralisatie.
- De bodemrespiratie is indicatief voor de C-opslagcapaciteit van de bodem.
- De ratio tussen de schimmel- en bacteriebiomassa is een indicator voor het niveau van verstoring van de bodem en zou in landbouwgrond vooral indicatief zijn voor bemesting en grondbewerking.
- Populaties van bepaalde microbiële soorten (c.q. groepen) zijn goede indicatoren voor bepaalde, essentiële biologische transformaties zoals N-fixatie en lignine-afbraak.
- De regenwormbiomassa is gecorreleerd met bodem- en milieu-factoren en (vaak) met productiviteit.
- Community-structuur van regenwormen is o.a. indicatief voor management-stress zoals grondbewerking, pesticiden en mesttoepassingsmethode.
- De structuur van de micro- and mesofaunagemeenschappen is indicatief voor nutriëntenstatus, voor bodemmanagement en voor verstoringen/verontreiniging. Met name levensgemeenschapsanalyses aan de nematodenfauna zijn in de opzicht reeds bruikbaar.
- De structuur van de microbiële gemeenschap biedt mogelijkheden inzicht te verkrijgen in de fysiologische status van delen van deze gemeenschap die indicatief zijn voor bijvoorbeeld de fosfaatbeschikbaarheid in de bodem.

Ten aanzien van het biodiversiteitsonderzoek in de bodem kan worden geconcludeerd dat we momenteel in staat zijn veel te meten aan bodembiodiversiteit, maar dat slechts van een deel van de bodemorganismen een directe relatie met het functioneren van het bodemecosysteem bekend is. Het geven van concrete aanbevelingen ten aanzien van maatregelen die kunnen bijdragen aan een goed beheer van de bodembiodiversiteit moet nog goed van de grond komen.

### **De nematodengemeenschap als voorbeeld**

In de presentatie wordt een voorbeeld gegeven van toepassing van kennis over de samenstelling van de nematodengemeenschap in de bodem. Met name voor de nematodengemeenschap zijn diverse indicatoren ontwikkeld die bewezen hebben bruikbaar te zijn bij de bepaling van diverse aspecten van bodemkwaliteit, o.a. vermessing, verontreiniging met toxische stoffen (zwarte metalen, pesticiden) en andere vormen van stress. De indicatoren en hun toepassing staan beschreven in Bongers (1990), Ferris et al. (2001), De Goede et al. (1993) en Yeates et al. (1993).

### **Onderzoek bij de sectie Bodemkwaliteit**

Binnen de sectie Bodemkwaliteit wordt in verschillende projecten gewerkt aan onderzoek naar bodemkwaliteit binnen landbouwsystemen en de mogelijkheden om bodemgebruik en bedrijfssysteem zodanig aan te passen dat dit bijdraagt aan een (ver)beterde bodemkwaliteit. Deze projecten omvatten o.a.:

- Onderzoek naar de rol/bijdrage van bodembiodiversiteit bij/aan de beperking van nutriëntenverliezen in akkers.
- Onderzocht wordt of en zo ja in welke mate een hogere diversiteit aan bodemorganismen bijdraagt aan de beperking van nutriëntenverliezen, met name stikstof, in akkers. Er is getracht in het veld verschillende niveaus van biodiversiteit aan te brengen door onderzoek te verrichten op percelen met een verschillende voorgeschiedenis (grasland, akker) en door verschillen aan te

brengen in bodemgebruik en bemesting (diep versus ondiep ploegen, chemische versus mechanische onkruidbeheersing, organische mest versus kunstmest, wèl of géén nagewassen). De effecten worden afgemeten aan metingen aan nutriëntenuitspoeling (grondanalyses, resins) en modelstudies aan het bodemvoedselweb waarin veldwaarnemingen aan het bodemvoedselweb in de diverse behandelingen dienen als input-parameters. Er worden metingen verricht aan de bacterie-, schimmel-, protozoa-, nematoden-, springstaart-, milt-, potworm- en regenworm-gemeenschap. De veldwaarnemingen en -experimenten worden ondersteund door laboratorium-experimenten. De resultaten van dit onderzoek moeten inzicht verschaffen in de functionele relatie tussen bodembiodiversiteit en belangrijke bodemfuncties.

- Onderzoek naar mest- en bodemkwaliteit in de melkveehouderij.
- In het kader van het VEL- en VANLA-mineralenproject wordt onderzoek verricht naar effecten van aanpassingen in de keten dieet-koe-mest-bodem-gras op de nutriëntendynamiek in drijfmest en in de bodem van melkveehouderijbedrijven in Friesland. Onderzocht wordt of aanpassingen in het dieet van de koe resulteren in de productie van een andere 'kwaliteit' mest die aanleiding geeft tot verlaagde emissies van stikstof naar het milieu. Vervolgens wordt onderzocht of toepassing van deze andere 'kwaliteit' mest leidt tot veranderingen in de samenstelling en activiteit van de bodemlevensgemeenschap. Bovendien wordt onderzocht wat de invloed van diverse vormen van mesttoediening is op de bodemfauna en welke gevolgen dit heeft voor de nutriëntendynamiek in de bodem. Er wordt chemisch en microbiologisch onderzoek verricht aan de mest. Er wordt onderzoek verricht aan het mechanisme van N-binding in mest. Hierbij wordt naast de rol van de van nature in de mest voorkomende verbindingen tevens het effect van zogenaamde toevoegmiddelen (kleimineraal- en/of microbenpreparaten) onderzocht. In de bodem richt het onderzoek zich op een aantal sleutel-bodemdiergroepen, te weten nematoden (aantal/soorten), potwormen (aantallen), regenwormen (aantal/biomassa/soorten), mijten (predatoren). Daarnaast wordt bodemchemisch onderzoek verricht en wordt er kwalitatief onderzoek verricht aan bodem-organische stof. De resultaten van het onderzoek moeten duidelijkheid verschaffen over:
  - de rol (kwantiteit) van bodemorganismen bij de mineralisatie van nutriënten uit organische mest (in relatie tot de kwalitatieve samenstelling van de mest) en de benutting door de plant,
  - het effect van mesttoedieningsmethode op de bodemfaunagemeenschap en de gevolgen hiervan voor het eerstgenoemde punt,
  - de vraag of door beïnvloeding van de kwalitatieve samenstelling van drijfmest de N-emissie kan worden beperkt.

### **Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB): agrarische gronden**

Door de sectie Bodemkwaliteit wordt een bijdrage geleverd aan het LMB-project zoals dat wordt gecoördineerd door het RIVM. Dit project heeft tot doel meerjarige veranderingen in de samenstelling van de bodemlevensgemeenschap en belangrijke bodemprocessen te volgen/monitoren en te relateren aan het door de overheid gevoerde milieubeleid. Er worden bodemchemische en -biologische bepalingen verricht. De belangrijkste diergroepen uit het bodemvoedselweb worden op elke locatie één keer in de vijf jaren onderzocht. Voor meer informatie wordt verwezen naar de reeks RIVM-rapporten die in dit kader is verschenen (zie Schouten et al.).

### **Literatuur**

Bongers, T., 1990.

The Maturity Index, an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.

Brussaard, L. et al. (in prep).

Biological soil quality from biomass to biodiversity – importance and resilience to management stress and disturbance. In: Schjonning, P. et al. (eds), *Managing soil quality*.

- De Goede, R.G.M., T. Bongers & C.H. Ettema, 1993.  
Graphical presentation and interpretation of nematode community structure, cp triangles. Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen. Universiteit. Gent 58: 743-750.
- De Goede, R.G.M., F.P.M. Verhoeven & T. Hoeksma, 2002.  
Een veranderde visie op bodemkwaliteit binnen de melkveehouderij; het VEL en VANLA-mineralenproject. Bodem 4: 136-138.
- Ferris, H., T. Bongers & R.G.M. de Goede, 2001.  
A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. Applied Soil Ecology 18: 13-29.
- Yeates, G.W., T. Bongers, R.G.M. de Goede, D.W. Freckman & S.S. Georgieva, 1993.  
Feeding habits in soil nematode families and genera – an outline for soil ecologists. Journal of Nematology 25: 315-331.

### **Discussie naar aanleiding van de presentatie**

Vraag: Chris Koopmans vond geen relatie tussen bodemkwaliteit en totale microbiële biomassa. Wat is de relatie tussen deze presentatie en de gevonden resultaten van hem?

Antwoord: dit onderzoek beperkt zich tot nematoden alleen. Door het bepalen van een algemene parameter voor het voedselweb ben je veel te algemeen bezig. Als je alleen naar nematoden kijkt is er wel degelijk een verband tussen populatiedichtheid en soorten en de eutrofiëring aan te tonen.

Vraag: wat kun je hierop dit moment mee naar boeren/tuinders?

Antwoord: op dit moment nog niet zo veel. Het onderzoek is nog zeer beschrijvend van aard. Goed voor de inzichten in de ontwikkeling van nematoden en goed voor de ontwikkeling van het onderzoek, maar er moet een waarde aan gehangen worden voordat je er in de praktijk iets mee kan. Zo ver is het nog niet.

## **2.7 Bodemkwaliteit in relatie tot de gebruikte mestsoort**

*Jaap Schröder, Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen*

### **Inleiding**

Bodemkwaliteit kan gedefinieerd worden als het vermogen van de bodem om gewassen ook op langere termijn van voldoende water en nutriënten te voorzien zodat de gewassen tot een hoge productie per eenheid productiefactor komen met een lage belasting van de omgeving (naar Beare *et al.*, 1999). Productiefactoren hebben daarbij betrekking op aangevoerde nutriënten, water, energie en arbeid. Het begrip omgeving heeft betrekking op directe omgeving van de akker of weide maar ook op die van het grond- en oppervlaktewater en de lucht rond het bedrijf, in de regio of zelfs in de wereld als geheel. Impliciet omvat deze definitie dat gewaakt moet worden voor afwentelingen in ruimte en tijd, dat bodemkwaliteit ook tot uiting komt in de beheersbaarheid van ziekten en plagen, en dat productiefactoren efficiënt benut moeten worden.

Vele factoren zijn van invloed op bodemkwaliteit. Een deel hiervan is beheersbaar. Daarbij valt te denken aan irrigatie en drainage, aan grondbewerking, aan de gewaskeuze en de compositie van rotaties, en aan bemestingsstrategieën (Postma *et al.* 2001; Aarts *et al.*, 2002; Schröder & Van Leeuwen-Haagsma 2002; Van Leeuwen-Haagsma & Schröder, 2002; De Willigen *et al.*, 2002). Deze bijdrage beperkt zich tot bemesting en in het bijzonder de keuze van de soort dierlijke mest.

### Organische stikstof en ammoniumstikstof

In de meeste dierlijke mestsoorten komt stikstof (N) in twee vormen voor: als organisch gebonden N (Norg) en als in water oplosbare ammonium-N (Nm). De verhouding tussen beide hangt af van de diersoort, van de rantsoensamenstelling, van toevoegingen zoals strooisel en van bewerkingen zoals mestscheiding. Als gevolg hiervan verschillen mestsoorten onder meer in de Nm/Norg-verhouding. De verhouding varieert van circa 9:1 in gier en dunne fracties na mechanische scheiding, 6:4 in (vergiste) gangbare drijfmest, 3:7 in drijfmest bij een eiwitarme voeding en 1:9 in vaste mest en dikke fracties na mechanische scheiding. Omdat Norg geassocieerd is met koolstof (C) -verbindingen worden mesten ook wel gekarakteriseerd met hun C/N-ratio (Tabel 1). Er bestaat nog relatief weinig aandacht voor de stikstof-fosfaat (N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ratio, terwijl ook die factor van toenemend belang is als men verdere fosfaatverzadiging (ook een aspect van bodemkwaliteit) wil voorkomen (Schröder & Van Leeuwen-Haagsma, 2002).

Tabel 1. *Indicatie van aan N gerelateerde eigenschappen van enkele (rundvee) mestsoorten.*

Soort	Ds (%)	Os (%)	C (%)	N <sub>tot</sub> (%)	N <sub>m</sub> (%)	Norg (%)	N <sub>m</sub> /N <sub>t</sub> C/N <sub>tot</sub> C/Norg	N <sub>tot</sub> /P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Gier	2,5	1,0	0,45	0,40	0,38	0,02	0,95	1	23	20,0
'Dunne'drijfmest	9,0	6,6	2,97	0,49	0,26	0,23	0,53	6	13	2,7
'Dikke drijfmest'	11,0	8,1	3,65	0,40	0,14	0,26	0,35	9	14	2,7
Vaste stalmest	23,5	15,3	6,89	0,69	0,16	0,53	0,23	10	13	1,8

### Werkzaamheid in hoofdlijnen

De werkzaamheid van N in mest hangt af van het succes waarmee zowel Norg als Nm voor planten beschikbaar zijn.

De organisch gebonden N (Norg) moet door het bodemleven worden afgebroken alvorens een plant deze N kan opnemen. Omdat deze afbraak niet binnen één jaar klaar is, kan organische mest een lange nawerking hebben (Figuur 1). De huidige adviezen over de werkzaamheid van mest richten zich vooral op de werking gedurende alleen het eerste jaar na toediening (Schröder, 2002). Als gevolg daarvan zijn de geadviseerde aanvullingen met kunstmest-N in Nederland hoger dan in landen die wel rekening houden met die nawerking.

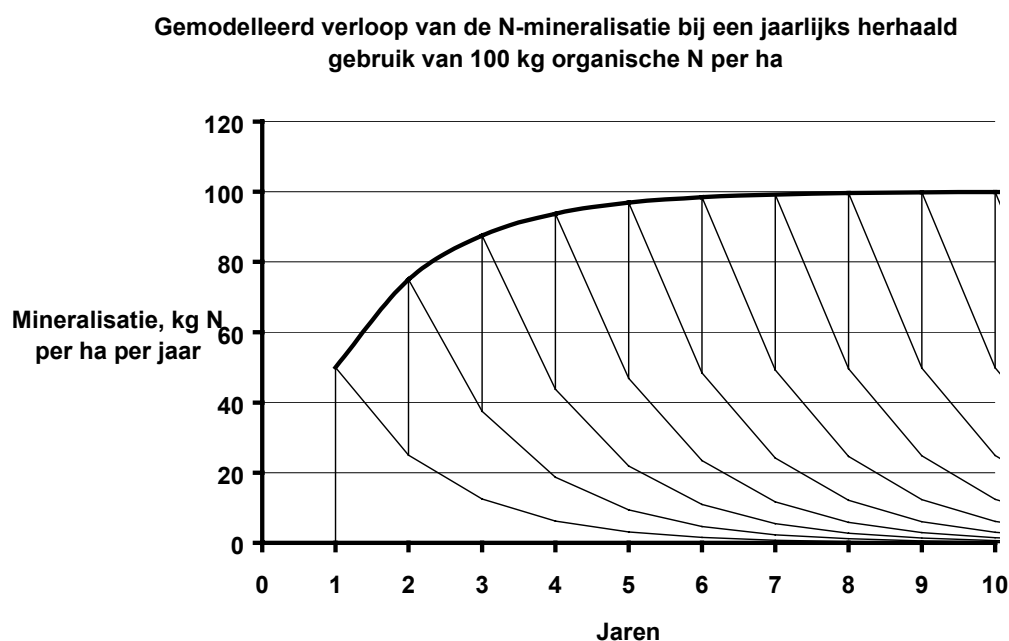
De ammonium-N (Nm) in mest kan gemakkelijk als ammoniak verloren gaan. Eenmaal in de bodem wordt ammonium-N snel omgezet in nitraat-N die evenals ammonium-N door planten kan worden opgenomen. Buiten het groeiseizoen kan nitraat-N gemakkelijk uitspoelen. Mest die ammonium-N-arm (gemaakt) is, kan dan ook met een geringer uitspoelingsrisico in het najaar op bouwland worden uitgereden.

### Dunne mest, dikke mest, vaste mest?

#### *Timing en plaatsing*

Sommige telers en onderzoekers stellen dat bodemkwaliteit gediend is bij het gebruik van vaste mest of zijn minst 'dikkere' drijfmest. Daarbij spelen diverse overwegingen een rol. Eén daarvan is dat vastere mest relatief veel organisch materiaal bevat dat vertering behoeft. Daarmee ontstaat een buffer van waaruit nutriënten geleidelijk vrijkomen terwijl bij een 'minerale' bemesting, zelfs als deze gedeeld wordt, bij een ongelukkige samenloop van omstandigheden veel N verloren kan gaan. Hier staat tegenover dat organische buffers ook leveren op tijdstippen en plaatsen waar er geen behoefte aan minerale N bestaat. In beginsel, immers, zou N alleen in het groeiseizoen in water oplosbaar moeten

zijn, terwijl N in het winterhalfjaar bij voorkeur gebonden moet zijn om verliezen tegen te gaan. Vanuit dit gezichtspunt zouden noties over de ideale mestsoort mede bepaald moeten worden door het (al dan niet opgelegde) toedieningstijdstip. Bij najaarstoediening kan de keuze dan op vastere mestsoorten vallen, bij voorjaarstoediening, echter, kan de N bij gebruik van vastere mesten, vanuit de gewasbehoefte bezien, onvoldoende tijdig beschikbaar komen. In dat geval verdienen drijfmest of zelfs gier de voorkeur (Van Delden *et al.*, 2002). Dunnere mestsoorten laten zich bovendien nauwkeurig verdelen en plaatsen, in tegenstelling tot vaste mesten. De benutting van mest kan gebaat zijn bij een juiste plaatsing (De Willigen *et al.*, 2002). Overigens kunnen ook dunne drijfmesten redelijk verliesarm in het najaar worden uitgereden zolang maar voldoende aandacht gegeven wordt aan hun 'organisatie' met behulp van groenbemesters en/of koolstofrijke gewasresten.



Figuur 1. Cumulatieve N-mineralisatie van jaarlijks gebruik van organische mest (naar Schröder *et al.*, 2001).

#### *Weersafhankelijkheid*

Ontegengesteld is de werking van mest met veel ammonium-N weersafhankelijk. Dat komt door de weersgevoeligheid van vervluchtigingsverliezen bij bovengronds uitrijden, en de weersgevoeligheid van de schade aan gewas en bodem bij de verplichte emissie-arme toedieningstechnieken. Verlegging van het accent naar organisch gebonden N maakt de werking echter niet minder weersafhankelijk. Niet altijd lopen mineralisatie en gewasbehoefte namelijk met elkaar in de pas. Een andere groep telers voelt dan ook meer voor vergiste mest of de natte fractie na scheiding die beide relatief rijk zijn aan ammonium-N. Zij willen daarmee voorkomen dat de toegediende N niet pas beschikbaar komt in een periode waarin, bijvoorbeeld, droogte de groeikansen van gras beperkt. Veel bouwlandgewassen hebben evenmin behoefte aan een late N-levering. Het vermogen van deze gewassen om de N te benutten is na begin augustus nihil is en de teelt van een vanggewas na het hoofdgewas is niet altijd mogelijk (Van Leeuwen-Haagsma & Schröder, 2002).

#### *Bodemleven*

Naar hun aard stimuleren vastere mesten het bodemleven. Sommigen telers en onderzoekers kennen een grote betekenis toe aan het bodemleven. Bemesting is in hun visie niet primair gericht op de

voeding van het gewas maar op de voeding van het bodemleven. Dunne mesten met relatief veel ammonium-N en weinig C per kg toegediende N zijn vanuit die optiek discutabel. Daarnaast schrijft de wet voor dat ammonium-rijke dunne mesten in het voorjaar op grasland emissie-arm moeten worden uitgereden. Bovengrondse toediening is niet toegestaan, toediening via injectie, zodebemesting en sleufkouter wel. Voor deze emissie-arme technieken wordt doorgaans relatief zware loonwerk-apparatuur gebruikt. Daarbij kan schade aan zode en structuur optreden. Dergelijke schade kan de benutbaarheid van mest verlagen via ongunstige effecten op bijvoorbeeld aëratie en beworteling. In hoge concentraties is ammonium bovendien dodelijk voor het bodemleven. Hoewel het de vraag is in hoeverre een tijdelijke plaatselijke doding van het bodemleven een relevante betekenis heeft voor het nutriënten-overschot van het bedrijfssysteem als geheel, opteert een aantal telers en onderzoekers om de geschetste redenen voor de productie en het gebruik van vastere, ammonium-arme 'dikke' drijfmest die volgens hen geen emissiearme toediening behoeven (Van Bruchem *et al.*, 1999; Boer, 2000; Eshuis *et al.*, 2001). De uitstoot van ammoniak die gepaard gaat met de door hen geprefereerde bovengrondse toediening, achten zij door een aangepaste diervoeding voldoende te kunnen verlagen. Inderdaad verlaagt de door hen voorgestane eiwitarme, structuurrijke voeding het ammoniumgehalte in de mest. Daardoor neemt het aandeel van organisch gebonden N toe. Overigens is het de vraag of het ammoniumgehalte van mest, zonder noemenswaardige effecten op de melkproductie, via alleen voedingsmaatregelen voldoende verlaagd kan worden om van emissie-arme toedieningstechnieken af te mogen zien (Schils & Kok, 2002).

Verder zijn er geen duidelijke aanwijzingen dat een gewijzigd bodemleven als gevolg van een hogere Norg-input, een betekenisvol effect heeft op de N-benutting. Uit Zwitsers onderzoek (de zgn. DOK-Versuche) bleek bijvoorbeeld dat langdurig biologisch beheerde akkers (20 jaar) weliswaar een hoger organische-stofgehalte hadden, meer bodemleven bevatten en meer N mineraliseerden dan langdurig gangbaar beheerde akkers, maar dat dit voor de omzetting van dierlijke mest en de benutting van dierlijke mest door het gewas, geen betekenisvol gevolg had (Langmeijer *et al.*, 2001). Deze ervaring sluit aan bij de nuanceringen die Giller *et al.* (1997) in hun review maken ten aanzien van de functionele betekenis van biodiversiteit.

#### *Organische-stofvoorziening*

Vastere mesten hebben als voordeel dat per kg gegeven N veel organische stof wordt toegediend. Dat kan wenselijk zijn om de fysische bodemvruchtbaarheid op peil te houden en daarmee de kans op een hoge nutriëntenbenutting te verhogen (Aarts *et al.*, 2002). Daar staat tegenover dat met vaste mest per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> beduidend minder N wordt toegediend (Tabel 1). Op de bezwaren hiervan wordt in het vervolg nader ingegaan. Het is dan ook de vraag in hoeverre het altijd terecht is om vooral aan mest de taak toe te dichten om de organische-stofbalans in orde te krijgen. Ook de bouwplansamenstelling speelt daarin immers een belangrijke rol. Kiezen voor vaste mest in een graanarm bouwplan impliceert feitelijk dat de weinig lucratieve graanteelt die benodigd is voor de productie van het stro, respectievelijk de organische stof, aan een ander wordt overgelaten. Bij een strooiselbehoefte van bijvoorbeeld 1000 kg per dier per jaar, is voor iedere 25 ton vaste mest ongeveer 1 ha graanstro nodig.

#### *Kunstmestbesparing?*

De pleitbezorgers voor 'dikkere' drijfmest (Van Bruchem *et al.*, 1999; Eshuis *et al.*, 2001) wijzen er op dat het gebruik van deze vastere mest het bodemleven en de mineralisatie kan doen toenemen. Op zichzelf is dat zo, maar deze verschijnselen vormen geen bewijs dat de N-benutting door gewassen verbetert bij gebruik van vastere mest, zelfs niet bij een perfecte synchronisatie tussen mineralisatie en gewasopname. Immers, kiezen voor vaste mest brengt weliswaar met zich mee dat per kg aangevoerde N meer N uit mineralisatie beschikbaar zal komen, maar hier staat tegenover dat per kg aangevoerde N een geringer deel direct werkzaam is omdat vaste mest relatief weinig ammonium bevat ten opzicht van dunne mestsoorten. Ook in de 'dikkere' drijfmest zit nog steeds ammonium. Deze ammonium kan nog steeds door vervluchtigingsverlies verloren gaan als geen emissie-arme toedieningstechniek wordt

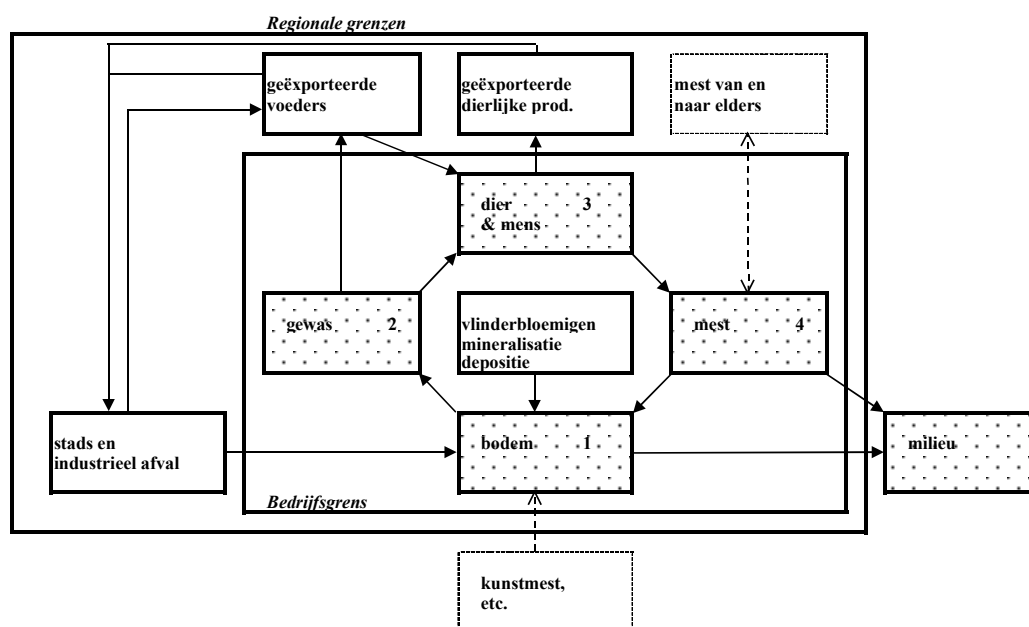


gebruikt (Schils & Kok, 2002). Hiermee resteert de vraag of het efficiënt is om de directe werkzaamheid van mest (via ammonium-N) uit te wisselen tegen een grotere indirecte werkzaamheid (via organisch gebonden N). Meer aanvoer van organisch gebonden N leidt op termijn weliswaar tot een groter N-leverend vermogen en dus kunstmestbesparing, maar minder aanvoer van ammonium-N kan leiden tot juist een hogere kunstmestbehoefte.

Het valt dan ook niet uit te sluiten dat de gerealiseerde besparing op kunstmest-N binnen het Vel Vanla project (Eshuis *et al.*, 2001) meer zegt over de onnodig hoge N-giften in het verleden dan over de verondersteld betere werkzaamheid van de dierlijke mest.

#### Trade-offs

Zelfs al zou de benutting in de schakel bodem-gewas toenemen bij gebruik van vastere mesten, dan nog kan niet uitgesloten worden dat daarvoor een prijs betaald wordt elders in de keten 'gewas-voerdier-mest-mestbewaring-bodem-gewas' (Figuur 2).



Figuur 2. Mineralenstromen in een gemengd bedrijfsstelsel (Schröder *et al.*, 2002).

Een evaluatie die zich beperkt tot slechts één schakel past niet bij de moderne aanpak om zaken integraal in een groter verband te willen beoordelen (Neeteson *et al.*, 2002; Schröder *et al.*, 2002). Gewezen is al op het feit dat een *betekenismatige* verlaging van het ammonium-aandeel in mest via diervoeding, repercussies kan hebben voor de voederconversie resp. dierlijke productie. Als om die reden besloten wordt om de 'organisatie' van N niet zozeer in het dier maar op zijn minst deels in de stal of op de vaalt te laten plaatsvinden, zijn eveneens trade-offs denkbaar. Zo kan de productie, bewerking (compostering) en bewaring van vaste mest met veel N-verlies gepaard gaan zoals ook blijkt uit de lagere N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhoudingen van deze mestsoorten. Bokhorst & Ter Berg (2001) rapporteren dat tijdens compostering in de praktijk gemiddeld 40% van de aanvankelijk aanwezige N verloren gaat door gasvormige verliezen (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O). Stal- en bewaringssystemen waarbij de mest sterk aan de lucht wordt blootgesteld verdienen daarom wellicht een kritische beoordeling. Op graasveehouderijbedrijven kan hier tegenin gebracht worden dat de eventuele N-verliezen relatief gemakkelijk en goedkoop gecompenseerd kunnen worden met N-binding door de witte klaver in het grasland. Voor akker- en tuinbouwbedrijven echter heeft een lage N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding in de mest als gevolg dat zij

meer kunstmest-N moeten aankopen of meer vlinderbloemigen in hun rotatie moeten opnemen. Laatstgenoemde gewassen hebben helaas een relatief laag saldo. Het is daarom de moeite waard om de N in de mest te houden en daarmee de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding hoog te houden (Schröder & Van Leeuwen-Haagsma, 2002).

#### *Andere overwegingen*

Ten slotte zullen ook de ziekteverende eigenschappen van meststoffen in de afweging betrokken moeten worden. Overigens is de kennis hierover incompleet en kan niet worden uitgesloten dat eisen aan ziektevering zich minder goed verdragen met eisen aan N-leverend vermogen (Postma *et al.*, 2001). Al deze kanttekeningen bij het nut en de noodzaak van 'vastere' mest vanuit een bodemkwaliteits-oogpunt, kunnen uit het oog doen verliezen dat ook overwegingen van dierenwelzijn een rol spelen. Mogelijk trekt de productie van dunne mest een te grote wissel op de gezondheid en het welzijn van landbouwhuisdieren. Dit komt doordat de productie van dunne mest gepaard gaat met hoge producties per dier, dienovereenkomstige rantsoeneisen, een doorgaans korte levensduur en een armoedig stalklimaat door de afwezigheid van strooisel.

#### **Lopend onderzoek**

De vragen die in het voorgaande de revue passeerden krijgen aandacht in lopend onderzoek. Een deel hiervan wordt binnen het programma DWK 398 'Mest en Mineralen' uitgevoerd. ID Lelystad verricht bijvoorbeeld onderzoek naar de relaties tussen rantsoensamenstelling, melkproductie en de uitscheiding van N in faeces (Norg) en urine (Nm). Dit gebeurt zowel met behulp van resultaten van proeven als van de praktijk van gangbare (Koeien en Kansen) en biologische (Bioveem) melkveehouders. IMAG doet onderzoek naar de gasvormige emissies van mestsoorten die verschillen in hun Nm/Norg-verhouding. Bij Plant Research International loopt meerjarig onderzoek naar de invloed van dezelfde mestsoorten op de korte- en lange-termijn werking op grasland en bouwland. Alterra onderzoekt het bodemleven en ontwikkelt schattingsmethoden voor de N-levering vanuit mest en bodems. PPO vergelijkt diverse mestsoorten in afhankelijkheid van het toedieningstijdstip en de toedieningsmethode. Dit onderzoek vindt plaats in verschillende gewassen. Bij dit alles wordt samengewerkt en afgestemd met vergelijkbaar onderzoek in andere programma's van het PV en Wageningen Universiteit, waaronder het Vel Vanla project.

#### **Conclusies**

- vastere mest is niet noodzakelijk voor de bodemkwaliteit als de rotatie voorziet in handhaving van het organische-stofgehalte in de bodem,
- de huidige voorlichtingsboodschap kan de N-werking van de organische-N-fractie in mest onderschatten,
- de benutting van dunnere mest is gemakkelijker te sturen dan die van vastere mest,
- bodemleven en bodemstructuur zijn middelen die aandacht verdienen om (het begrip van) de benutting van inputs te verhogen, maar zijn op zichzelf geen einddoelen,
- bemestingsregiems gericht op een zo groot mogelijke bodemvruchtbaarheid, veel bodemleven, een hoog organische-stofgehalte en een zo goed mogelijke structuur, leiden niet zonder meer tot de grootste benutting of de geringste verliezen,
- de productie van dunne mest trekt een wissel op de gezondheid en het welzijn van landbouwhuisdieren,
- vooralsnog staat niet vast dat eiwitarme voeding emissie-arme toediening van mest overbodig maakt,
- de grote aandacht voor de invloed van voeding en toedieningstechniek op de ammoniak-emissie, zou bijna doen vergeten dat de ammoniak-emissie ook bepaald wordt door de hoogte van het melkquotum per ha (aantal dieren x productie per dier).

## Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, F. Nevens & J.J. Schröder, 2002.  
De betekenis van wisselbouw voor het melkveebedrijf op lichte zandgrond. Rapport De Marke 36 (in druk).
- Beare, M.H., P.H. Williams & K.C. Cameron, 1999.  
On-farm monitoring of soil quality for sustainable crop production. Proceedings of the 1999 Fertilizer and Lime Research Centre Conference-Best Management Practices for Production, Massey University, pp. 81-90.
- Boer, M., 2000.  
Biologische landbouw en mestwetgeving. Rapport 169, Wetenschapswinkel, Wageningen Universiteit, 87 pp.
- Bokhorst, J. & C. ter Berg, 2001.  
Handboek Mest en Compost, Louis Bolk Instituut, Driebergen, 292 pp.
- De Willigen, P., W. van Dijk, J.A. de Vos & M. Heinen, 2002.  
Timing en plaatsing van organische meststoffen in de akkerbouw. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (eds.), Biologisch bedrijf onder de loep: biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief. Themaboek 303, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, pp. 165-174.
- Eshuis, J., M. Stuiver, F. Verhoeven & J.D. van de Ploeg, 2001.  
Goede mest stinkt niet. Wageningen Universiteit, 138 pp.
- Giller, K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.-M.N. Izac & M.J. Swift, 1997.  
Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6: 3-16.
- Langmeijer, M., A. Oberson, M. Kreuzer, P. Mäder, D. Dubois & E. Frossard, 2001.  
Does the farming system affect the nitrogen fertiliser value of animal manure?. INRA 11<sup>th</sup> Nitrogen Workshop, Book of Abstracts, Reims, pp. 257-258.
- Neeteson, J.J., J.J. Schröder & H.F.M. ten Berge, 2002.  
A system approach at different scales in nutrient management research in The Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* (submitted)
- Postma, J., K.B. Zwart, J.A. de Vos & J.J. Schröder, 2001.  
Bodemleven: doel op zich of inzetbaar middel?. Rapport 42, Plant Research International, Wageningen, 26 pp.
- Schils, R. & I. Kok, 2002.  
Toevoegmiddelen: geen effect op stikstofwerking van mest (in prep.)
- Schröder, J.J., 2002.  
Restoring farmer's confidence in manure benefits the environment. Proceedings 10<sup>th</sup> Conference Ramiran FAO Network, 14-18 May 2002, Kosice (in press).
- Schröder, J.J. & W. van Leeuwen-Haagsma, 2002.  
Mineralenstromen binnen en tussen biologische bedrijven. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (eds.), Biologisch bedrijf onder de loep: biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief. Themaboek 303, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, pp. 141-153.
- Schröder, J.J., A.G. Jansen & G.J. Hilhorst, 2001.  
Lange-termijn effect van een krappe bemesting bij snijmaïs; veldonderzoek De Marke en modelonderzoek. Rapport 37, Plant Research International, Wageningen, 40 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, H.F.M. ten Berge, H. van Keulen & J.J. Neeteson, 2002.  
An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* (accepted).
- Van Bruchem, J., H. Schiere & H. van Keulen, 1999.  
Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient nutrient use. *Livestock Production Science* 61: 145-153.

Van Delden, A., J.J. Schröder, M.J. Kropff, C. Grashoff & R. Booij, 2001.

Simulation of attainable potato yield under different organic nitrogen management strategies: model development and explorations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (accepted).

Van Leeuwen-Haagsma, W. & J.J. Schröder, 2002.

Groenbemesters en rustgewassen: noodzakelijke bouwstenen voor een optimale vruchtwisseling. In: F.G. Wijnands, J.J. Schröder, W. Sukkel & R. Booij (eds.), *Biologisch bedrijf onder de loep: biologische akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt in perspectief*. Themaboek 303, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad, pp. 175-190.

### Discussie naar aanleiding van de presentatie

Vraag: hoe wegen we de verschillende belangen tegen elkaar af: emissies, ziekten, opbrengsten, en hoe gaan we daarmee om?

Deze zeer belangrijke en concrete vraag wordt verwezen naar de plenaire discussie.

## 2.8 Rekenregels voor duurzaam bodembeheer

*Marjolein Hanegraaf, Nutriënten Management Instituut NMI, Postbus 250, 6700 AG Wageningen*

### Inleiding

Activiteiten van NMI op het vlak van bodemkwaliteit zijn gericht op het behalen van kwaliteitsproductie en het verminderen van ongewenste emissies naar en ophopingen in het milieu. Naast de ontwikkeling van instrumenten voor de agrarische praktijk wordt onderzoek uitgevoerd naar relaties tussen bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer. Deze bijdrage gaat in op de relaties tussen bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer zoals die in de ontwikkeling van praktijktoepassingen en in het onderzoek aan de orde komen.

### Bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer

In het koepelproject Duurzaam Bodembeheer werkt NMI samen met LBI en CLM aan de ontwikkeling van instrumenten die de agrariër ondersteunen bij het realiseren van de verliesnormen van Minas. Het project wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV. Een vijftal deelprojecten is gericht op de ontwikkeling van de volgende instrumenten:

- cursus 'De bodem komt in zicht';
- CD-Rom 'Mineralen op perceelsniveau';
- CD-Rom 'Geïntegreerd management van organische stof en stikstof';
- testkit bodemkwaliteit;
- hulpmiddelen voor de bemesting.

NMI is trekker van de projecten waarin het computerprogramma voor geïntegreerd management van organische stof en stikstof en de hulpmiddelen voor de bemesting worden ontwikkeld. Alleen deze twee deelprojecten worden in deze bijdrage besproken. Wat het onderzoek betreft werkt NMI samen met het Praktijkonderzoek Veehouderij aan het project 'Compostering op melkveebedrijven'.

In de Tabellen 1 en 2 is aangegeven welke relaties tussen bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer aan de orde komen in de ontwikkeling van instrumenten en/of het onderzoek. Deze relaties hebben betrekking op de mineralisatie van organische stof en stikstof en op de kwaliteit van meststoffen. Onderstaand worden ze kort besproken, waarbij wordt ingegaan op de meet- en beïnvloedbaarheid van de parameters en de mate waarin hun effect op doelen van bodemkwaliteit gekwantificeerd wordt.

### **Mineralisatie van organische stof en stikstof**

Een regelmatig terugkerend thema in het werk van NMI is de afbraak van organische stof en de mineralisatie van stikstof in de bodem. Om deze te berekenen wordt gebruik gemaakt van de rekenregels van Minip (Mineralisation of Nitrogen and Phosphorous), dat is ontwikkeld door Bert Janssen van WUR (Janssen, 1984). Minip vormt de basis van het computerprogramma Optisoil, dat wordt ontwikkeld in samenwerking met de firma Opticrop.

Met de rekenregels is het mogelijk om de opbouw van organische stof in de bodem en de stikstofleverantie te berekenen uit de aanvoer van vers organisch materiaal en enkele bodemparameters. De afbraak van organische stof wordt berekend uitgaande van de a-waarde van het organisch materiaal. De initiële a-waarde is een materiaaleigenschap en neemt toe bij veroudering; temperatuur en vocht zijn mede van invloed op de snelheid van veroudering. Uitkomst van de berekening is in termen van netto organische-stofopbouw en netto stikstofmineralisatie. Voor de a-waarden van vers organisch materiaal zijn uit diverse onderzoeken data beschikbaar. Voor de a-waarde van grond en andere parameters wordt uitgegaan van standaardwaarden. Hiervoor is nog geen eenvoudige analysemethode beschikbaar en dit beperkt de meetbaarheid van deze parameter. Om rekening te kunnen houden met verschillen in afbraaksnelheid tussen gronden, mede in relatie tot de bemestingshistorie, zijn NMI en Plant Research International van plan om hiernaar onderzoek te doen.

De uitkomsten van Minip, of het nu gaat om opbouw van organische stof of stikstofmineralisatie, kunnen worden beïnvloed door de aanvoer en de kwaliteit van de aangevoerde organische stof te variëren, dus de soort, de hoeveelheid en het toedieningstijdstip van organische mest, groenbemesters en gewasresten.

De agrariër heeft hiermee een bruikbaar instrument voor een geïntegreerd management van organische stof en stikstof. Het effect van een verandering in organische-stofgehalte op andere bodemeigenschappen of op de doelen van bodemkwaliteit wordt niet gekwantificeerd.

In de toekomst wordt mogelijk de door Yang (1996) aangebrachte verbetering in de rekenregels ingevoerd. Dit is afhankelijk van een verdere uitwerking hiervan voor Nederlandse omstandigheden, zoals bijvoorbeeld is voorzien in het praktijkproject 'Telen met Toekomst'.

In het lopende onderzoeksproject 'Compostering op melkveebedrijven', een samenwerking tussen PV en NMI, wordt onderzoek gedaan naar mogelijkheden om het organische-stofgehalte van zandgrond te verhogen. Achterliggend idee is dat de winst van een hoger organische-stofgehalte op zandgrond vooral gelegen is in een hoger stikstofleverend vermogen (NLV) en een hoger vochtvasthoudend vermogen (VVV), waardoor de gewasproductie toeneemt. De relatie tussen organische-stofgehalte, stikstofleverantie en gewasproductie wordt onderzocht in veldproeven met enkele stikstoftrappen. Centraal hierin staat het gebruik van dunne rundermest, al dan niet met FIR, en compost die gemaakt is van de dunne rundermest en beheersgras. De effecten van jarenlange aanvoer van mest en compost worden met Minip berekend. Hiervoor wordt de initiële afbraaksnelheid van de organische stof uit dunne rundermest en compost in incubatieproeven bepaald. In deze proeven wordt ook de microbiële activiteit tijdens de decompositie vastgesteld. De uitkomsten van de modelberekeningen worden getoetst aan de meetresultaten van de stikstofmineralisatie in de aanpalende veldproeven. In een volgende fase van het project zal onderzoek plaatsvinden naar de relaties tussen organische-stofgehalte, vochtvasthoudend vermogen en gewasproductie en die tussen het bodemleven en de stikstofmineralisatie.

### **Kwaliteit meststoffen: relatie veevoeding en mestkwaliteit**

Als onderdeel van het project 'Hulpmiddelen voor de bemesting' wordt een ureumwaaier ontwikkeld. Doel van de ureumwaaier is om agrariërs inzicht te verschaffen in de sturingsmogelijkheden van het ureumgetal in de melk. Dit getal is een indirecte maat voor de ammoniakemissie en wordt aan agrariërs

verstrekt op de uitdraai van de melkcontrole. In de ureumwaaier wordt onder andere een vuistregel gegeven om het stikstofgehalte in de mest te schatten uit het ureumgetal. De vuistregel is gebaseerd op een analyse van rantsoenen, ureumgetallen en gegevens over de mestkwaliteit (Van Dongen, 1999). De relatie waarop de vuistregel voor de mestkwaliteit is gebaseerd luidt als volgt:

$$\text{N-gehalte mest (g/kg)} = 0,0923 * \text{ureumgetal} + 2,4509$$

Het ureumgetal in melk is, op groepsniveau, goed meetbaar. De ureumproductie die in de melk wordt uitgescheiden is afhankelijk van vooral het OEB- en DVE-gehalte in de rantsoenen. Hiervoor bestaan wel richtlijnen, maar een kwantitatieve relatie ontbreekt. De mate waarin het ureumgetal beïnvloed kan worden is dus beperkt. De relatie tussen mestkwaliteit en stikstofleverantie van de mest is geen onderdeel van dit werk. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van bestaande gegevens.

### **Kwaliteit meststoffen: stikstofleverantie groenbemesters**

Eveneens als onderdeel van het project 'Hulpmiddelen voor de bemesting' wordt een groenbemesterwaaier ontwikkeld. Doel van deze waaier is om agrariërs inzicht te verschaffen in de stikstofleverantie van een perceel groenbemesters in relatie tot de ontwikkeling van het gewas. In de groenbemesterwaaier wordt een uitwerking gegeven van de relatie tussen de stikstofinhoud en de lengte van een groenbemester. Achterliggend idee is dat een agrariër hiermee tot een betere schatting komt van de stikstofinhoud dan wanneer hij uitgaat van literatuurwaarden. De gegevens voor de groenbemesterwaaier zijn afkomstig uit ongepubliceerd materiaal van PPO. De stikstofinhoud voor bijvoorbeeld gele mosterd is bepaald op 1,50982 N kg/cm. De stikstofinhoud kan op grond van een visuele beoordeling van het gewas naar boven of beneden worden bijgesteld. Uit de hoeveelheid stikstof en het seizoen (voorjaar, najaar) van onderwerken van de groenbemester wordt, met Minip, de stikstofleverantie geschat.

### **Conclusies**

Conclusies uit de besproken projecten over relaties tussen bodemeigenschappen en bodemkwaliteitsdoelen zijn:

- Kennis over de relatie tussen aanvoer en kwaliteit van organische stof en het stikstofleverend vermogen van de bodem is rijp voor toepassing in de landbouwpraktijk.
- De relatie tussen de effecten van organische stof op bodemeigenschappen, zoals het vochtleverend vermogen en biodiversiteit en –activiteit, en op bodemkwaliteitsdoelen, zoals de gewasproductie, zijn nog onvoldoende kwantificeerbaar.
- Met behulp van eenvoudige vuistregels kan de kwaliteit van dierlijke mest en van groenbemesters op bedrijfsniveau worden beïnvloed en/of gekwantificeerd.
- Voor de in deze bijlage besproken relaties schort het aan de algemene geldigheid en de betrouwbaarheid van de benodigde gegevens, met name wat betreft de kwaliteit van organische stof in bodems, gewassen en organische meststoffen.

### **Literatuur**

Janssen, B.H., 1984.

A simple method for calculating decomposition and accumulation of young soil organic matter. *Plant and Soil* 76: 297-304.

Van Dongen, C.F.J., 1999.

Melkveevoeding en ammoniakemissie op praktijkbedrijven. *Meststoffen 1999*: 21-27.

Yang, H.S., 1996.

Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arable farming in Northern China. Proefschrift Landbouwuniversiteit, Wageningen, 159 pp.

**Discussie naar aanleiding an de presentatie**

Vraag: de a-waarde van de grond is een belangrijke parameter in het model. Grondbewerking heeft een effect op deze a-waarde. Hoe ga je daarmee om?

Antwoord: de a-waarde wordt toegelicht en is in principe niet afhankelijk van grondbewerking. Het bepalen van de a-waarde voor zowel de bodem als het organische materiaal dat toegevoegd wordt, is een langdurige zaak. Er wordt gewerkt aan een korte methode. De aanwezige organische stof wordt opgedeeld in stabielere en instabieler fracties.

Opmerking: de vuistregel geeft aan dat er per procent organische stof en per procent afbraak ongeveer 15 kg N/ha vrij komt en 1,5 kg P en S/ha.





### 3. Conclusies en aanbevelingen

De inleidingen, alsmede de daarop volgende discussies, maakten duidelijk dat 'bodemkwaliteit' een weinig operationeel begrip is dat, al discussierend, wel valt te benaderen, maar niet altijd eenduidig te definiëren, te meten of te sturen. Engelse collega's liepen recent tegen vergelijkbare worstelingen aan (Stockdale *et al.*, 2002). 'Bodemkwaliteit' heeft in elk geval te maken met 'the fitness of a soil for use' nu en in de toekomst, maar is tegelijkertijd toch ook meer dan dat. 'Bodemkwaliteit' heeft tot doel:

- productiebeperking als gevolg water- en nutriëntengebrek te vermijden,
- productieverlies als gevolg van ziekten en plagen te vermijden,
- emissies van nutriënten en pesticiden naar de wijdere omgeving te minimaliseren, en
- biodiversiteit te faciliteren.

Tijdens de workshop werd duidelijk dat handelingen die gericht zijn op het verwezenlijken van het ene doel strijdig kunnen zijn met handelingen gericht op het verwezenlijken van een ander doel. Dit betekent dat zich bij het herstellen of handhaven van bodemkwaliteit dilemma's voor zullen doen. Dat brengt met zich mee dat aan het uiteindelijke handelen een integrale afweging vooraf zal moeten gaan. Als voorbeelden van dergelijke dilemma's kunnen genoemd worden dat:

- de omvang, aard, timing en plaatsing van organische producten ten behoeve van een effectieve onderdrukking van ziekten en plagen kunnen verschillen van hetgeen nodig is vanuit de nutriëntenbehoefte van gewassen,
- de omvang, aard, timing en plaatsing van organische producten als gewenst vanuit de nutriëntenbehoefte van het gewas, kunnen verschillen van hetgeen nodig is vanuit nutriëntenverlies-oogpunt (bv. na-ijlen van mineralisatie buiten het groeiseizoen),
- handelingen gericht op het beperken van nutriëntenverliezen (vastleggen, inwerken) een wissel kunnen trekken op een tijdige beschikbaarheid voor gewasgroei (onvolmaakte synchronisatie), structuur en doorwortelbaarheid (bodembelasting door machines), ziekteonderdrukking (groenbemester als waardplant), of biodiversiteit (doding bodemleven bij grondbewerking),
- handelingen gericht op maximale biodiversiteit (binnen het bedrijf) niet noodzakelijkerwijs dienstig zijn aan het produceren van de gewassen en biodiversiteit (buiten het bedrijf) in de maatschappelijk gewenste omvang (bouwplaneisen, vraag naar landbouwgrond).

Uit de presentaties tijdens de workshop bleek verder dat proefresultaten dikwijls sterk bepaald worden door de omstandigheden waaronder experimenten hebben plaatsgevonden. Die omstandigheden hebben betrekking op biotische aspecten (wat is de samenstelling van het reeds aanwezige bodemleven?, om welke waard-ziekte combinatie gaat het?), op abiotische aspecten (temperatuur, vocht, pH, nutriëntenvoorziening), maar ook op de dosering en timing van ingezette agentia. Die klaarblijkelijke afhankelijkheid van omstandigheden noopt tot de grootst mogelijke voorzichtigheid bij het vertalen van de resultaten uit (lab)experimenten naar de praktijk in zijn algemeenheid en bedrijf- en perceelspecifieke situaties: wat werkt in de ene situatie is onwerkzaam of werkt zelfs negatief in de andere situatie.

Tijdens de workshop bleek voorts dat het soms lastig is om oorzaak en gevolg duidelijk te onderscheiden of om beide niet te verwarren. Zo behoeft het ontegenzeggelijk positieve verband tussen organische stof in de bodem, de omvang van het bodemleven, de mineralisatie en opbrengst van een (onbemest) gewas, er niet noodzakelijkerwijs op te duiden dat bodemleven 'dus' zoveel mogelijk gespaard of zelfs bevorderd dient te worden via de aanvoer van organisch materiaal omwille van opbrengstvorming. Handelingen die zich namelijk alleen daarop zouden richten (hoe levendiger, des te beter) miskennen dat dergelijke handelingen een prijs kunnen hebben in termen van andere doelen dan de productie. Daarbij valt te denken aan emissies vanuit percelen en erf of aan de aanspraak op grond die benodigd is voor de productie van organische inputs (groenbemesters, veevoeders, strooisel). Een

omvangrijk bodemleven is dan ook niet noodzakelijkerwijs de oorzaak van een hoge productie maar kan evenzeer het gevolg zijn van de aard van de aangeboden inputs.

In het voorafgaande werden vier doelen toegekend aan het begrip 'bodemkwaliteit'. Aan elk van de vier doelen lijken specifieke onderzoek(sgroep)en te kunnen worden verbonden. Elk van hen heeft er behoefte aan te beoordelen of een bodem vanuit die doelgerichte invalshoek de 'juiste' kwaliteit heeft. Daarvoor zijn per onderzoek(sgroep) veelal aparte meetlatten (indicatoren, parameters) en bijbehorende drempelwaarden ontwikkeld. Tijdens de workshop ontstond evenwel de indruk dat organische stof voor elk van de afzonderlijke groepen een kwaliteitsmaat vormt, al verschillen de eisen die vanuit elk van de doelen gesteld worden aan de omvang, de samenstelling of de omzettingsactiviteit van de organische stof. Toch lijkt organische stof een geschikt voertuig om elkaar te verstaan en tot overeenstemming te komen hoe met de diverse genoemde dilemma's om te gaan. Daarmee lijkt de conclusie gerechtvaardigd toekomstige onderzoeksinspanningen binnen zowel aspectenonderzoek en bedrijfs-systeemonderzoek alsook 'praktijklab Nederland' (BIOM, BIOVEEM, Koeien en Kansen, Telen met Toekomst, VelVanla e.d.) in eerste instantie vooral op organische stof te richten.

### **Literatuur**

Stockdale, E.A., M.A. Shepherd, S. Fortune & S.P. Cuttle, 2002.  
Soil Use and Management 18: 301-308.

## **Bijlage I.**

### **Programma van de Workshop gehouden op 20 september 2002**

9.00 uur	ontvangst met koffie
9.15 uur	inleiding dagvoorzitter Bert Janssen (WU-Bodemkwaliteit)
9.30 uur	presentatie Aad Termorshuizen (WU-Biologische Bedrijfssystemen)
9.55 uur	presentatie Joeke Postma (Plant Research International-Gewas)
10.20 uur	koffie
10.30 uur	presentatie Janjo de Haan (PPO-AGV)
10.55 uur	presentatie Chris Koopmans (LBI)
11.20 uur	plenaire discussie onder leiding van de voorzitter
12.00 uur	lunch
13.00 uur	presentatie Ron de Goede (WU-Bodemkwaliteit)
13.25 uur	presentatie Jaap Schröder (Plant Research International-Agrosysteemkunde)
13.50 uur	presentatie Marjolein Hanegraaf (NMI)
14.15 uur	koffie/thee
14.30 uur	plenaire discussie onder leiding van de voorzitter
15.30 uur	einde



## Bijlage II.

### Deelnemerslijst

Persoon	Organisatie	Presentatie
Jaap Schröder	Plant Research International	ja
Joeke Postma	Plant Research International	ja
Chris Koopmans/Nick van Eekeren	Louis Bolk Instituut	ja
Aad Termorshuizen/Wim Blok	WU-Biologische bedrijfssystemen	ja
Marjolein Hanegraaf	NMI	ja
Ron de Goede	WU-Bodemkwaliteit	ja
Janjo de Haan	PPO-AGV	ja
Coen ter Berg	Coen ter Berg Advies	
Mattheo de Visser	PV	
Kees Westerdijk	PPO-AGV	
Ruud Hendriks	Groenhorst college/Adviesbureau Terrestris	
Gera van Os	PPO-Bollen	
Hein ten Berge	Plant Research International	
Remmy Booij	Plant Research International	
Annette Pronk	Plant Research International (not.)	

Dagvoorzitter:

Bert Janssen

WU-Bodemkwaliteit



## Bijlage III.

# Het achtergronddocument

Achtergronddocument ter voorbereiding van de workshop bodemkwaliteit.

### Inleiding

In de landbouw vervult de bodem een belangrijke rol bij de productie van gewassen. Een goede bodemkwaliteit kan op verschillende manieren een positieve bijdrage leveren en is daarom een belangrijk productiemiddel. Om nader in te gaan op het begrip bodemkwaliteit is het nodig onderscheid te maken tussen:

- het doel van een goede bodemkwaliteit,
- de eigenschappen van de bodemkwaliteit,
- de mate van mogelijke beïnvloeding van deze eigenschappen,
- de handelingen die deze eigenschappen kunnen beïnvloeden en
- de metingen die het effect van de handelingen kwantificeren.

Met een goede bodemkwaliteit kunnen verschillende doelen worden gediend. Tezamen leveren zij een bijdrage aan het al omvattende begrip bodemkwaliteit. De volgende doelen kunnen worden onderscheiden:

1. Het behalen van kwaliteitsproductie (zowel kwantiteit als kwaliteit).
2. Het verminderen van ongewenste emissies naar milieu (nutriënten/gewasbeschermingsmiddelen)
3. Het verminderen van de druk van ziekten en plagen in de gewassen.
4. Biodiversiteit van de bodem als doel voor diversiteit op zichzelf

De bodem heeft bepaalde intrinsieke eigenschappen die samen de bodemkwaliteit bepalen. Zo is b.v. het 'nutriënten leverend vermogen' een eigenschap van de bodem die een (positieve of negatieve) bijdrage levert aan de kwaliteitsproductie, de ongewenste emissies, op ziekten en plagen enz., en daarmee op de bodemkwaliteit als zodanig.

Daarnaast zijn er beïnvloedbare parameters die deze eigenschap beïnvloeden, zoals b.v. de kwaliteit van de organische stof. Met de kwaliteit van organische stof is het mogelijk het nutriënten leverend vermogen van de bodem te beïnvloeden en daarmee wellicht de bodemkwaliteit te veranderen.

Tabel 1 geeft een overzicht van verschillende intrinsieke eigenschappen van de bodem en mogelijke beïnvloedbare parameters met een verwacht effect op een eigenschap van de bodem.

Kunt u aangeven of en zo ja, hoe uw werk aan bodemkwaliteit past in deze tabel?

Een plus betekent dat u de relatie tussen de eigenschap en de beïnvloedbare parameter beoogt te kwantificeren, een min dat de relatie niet bekeken wordt.

Daarnaast zijn er handelingen die een meetbaar effect kunnen hebben op de beïnvloedbare parameters. In Tabel 2 zijn een aantal voorbeelden genoemd van mogelijke handelingen.

Kunt u voor uw onderzoek aangeven welke handelingen er uitgevoerd en bekeken worden? Daarnaast is van belang hoe het effect, resultaat van de handeling wordt vastgesteld of gemeten in relatie tot de intrinsieke eigenschap van de bodem.

Als laatste stap wordt u gevraagd om het effect van de handeling via de intrinsieke eigenschap van de bodem te herleiden tot een, liefst kwantificeerbare bijdrage aan één of meerdere van de doelstellingen van een goede bodemkwaliteit, zoals hierboven genoemd.

De achtergrond van de voorgaande vragen is ingegeven vanuit het besef dat aan bodems bijzonder veel waar te nemen en te meten is, maar dat het soms lastig is om aan deze waarnemingen en metingen een

### III - 2

1) kwantitatieve betekenis te geven in de zin van nutriëntenhuishouding, ziektenwering, vochthuishouding, etc., en 2) suggesties te doen op welke wijze de bodemkwaliteitsparameter op een praktische wijze in de gewenste richting kan worden beïnvloed.

Kort samengevat zien wij uw bijdrage graag als volgt tegemoet zien:

1. Ingevulde tabellen (Bijlage IV).
2. Een schriftelijke bijdrage van 3 á 5 pagina's waarin de volgende onderwerpen aan bod komen:
  - Welke handelingen worden bekeken en uitgevoerd?
  - Hoe wordt het effect, resultaat van de handeling gemeten?
  - Welke bijdrage aan de doelstelling (bodemkwaliteit) kan toegeschreven worden aan de handeling(en)?
3. Een presentatie van ongeveer 10 minuten over uw schriftelijke bijdrage.



# **Bijlage IV.**

## **Resultaten van de tabellen**

*Eigenschap bodemkwaliteit.*

Beïnvloedbare parameter	Nutriënten leverend vermogen	Ziekteverendheid	Bewortelbaarheid	Vochtvasthoudend vermogen	Nutriënten vasthoudend vermogen	Biodiversiteit: doel op zich
Biodiversiteit	3 <sup>1</sup>	1	0	0	1	5
Mestkwaliteit	7	3	0	1	2	3
Organische-stofkwaliteit	5	3	1	3	4	3
Vruchtwisseling	6	2	2	0	2	3
Systeem van het bedrijf	6	3	3	2	4	4
Bodemstructuur	2	1	3	1	0	1

<sup>1</sup> Het cijfer geeft aan hoe vaak het item genoemd is door de sprekers als onderwerp van onderzoek.

*Mogelijke handelingen met een effect op de beïnvloedbare parameters:*

Beïnvloedbare parameter:	Mechanische ingrepen i.d. bodem	Kunstmest	Groenbemesters	Grondontsmetting	Gebruik organische materialen	Veevoeding	Beregenen
Biodiversiteit	3 <sup>1</sup>	2	3	2	6	3	2
Mestkwaliteit	2	1	0	0	1	3	0
Organische-stofkwaliteit	2	2	6	2	7	3	2
Vruchtwisseling	1	0	5	0	3	0	0
Systeem van het bedrijf	3	4	4	2	5	3	3
Bodemstructuur	4	2	4	1	4	1	2

<sup>1</sup> Het cijfer geeft aan hoe vaak het item genoemd is door de sprekers als onderwerp van onderzoek.