



**Figuur 1.** Amoebe-figuur met de prestaties van tien ecosysteemdiensten van de bodem in de Hoeksche Waard. Het RIVM, WUR en LTO hebben gezamenlijk onderzoek gedaan op vier FAB-bedrijven. Diverse biologische, chemische en fysische parameters werden geanalyseerd. Het gemiddelde resultaat van een subset van parameters werd gebruikt als indicator voor de ecologische diensten. De prestaties zijn uitgedrukt ten opzichte van de landelijke Referentie voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB; de cirkel op 100%).

De toepassing van een referentie werd in de praktijk uitgetest bij vier akkerbouwbedrijven in de Hoeksche Waard (Zuid Holland; Rutgers *et al.*, 2007a). De prestaties van de ecosysteemdiensten van de bodem onder de bedrijven werden gemeten en in verband gebracht met het landelijke beeld en specifieke aspecten van de bedrijfsvoering. De prestaties van twee ecosysteemdiensten lagen hoger dan het landelijke gemiddelde (het zelfreinigende vermogen en de klimaatfuncties van de bodem; Figuur 1). De andere ecosysteemdiensten presteerden minder (o.a. bodemstructuur en nutriëntenhuishouding; Figuur 1). Verschillen in prestaties van ecosysteemdiensten tussen de vier bedrijven waren plausibel te herleiden tot de specifieke bedrijfsvoering: gangbaar, grootschalig of biologisch.

De Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit kunnen gebruikt worden om de bodemkwaliteit en de duurzaamheid van het bodemgebruik te meten. Het bedrijfssysteem heeft invloed op het presteren van de ecosysteemdiensten. Met analyses van de wetenschappelijke en grijze literatuur over bodembeheer in de land- en tuinbouw en specifiek vervolgonderzoek worden de mogelijkheden om de prestaties van de ecosysteemdiensten te beïnvloeden verder uitgewerkt. In de nabije toekomst ontstaat een compleet raamwerk met indicatoren en maatlatten en sets van maatregelen voor duurzaam bodemgebruik.

### Referenties

- Bodem+, 2006. Duurzaam bodemgebruik in de landbouw, een beoordeling van agrarisch bodemgebruik in Nederland. Den Haag, 82 pp.
- Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A.J., Bogte, J.J., Breure, A.M., Bloem, J., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Faber, J.H., Van Eekeren, N., Smeding, F.W., Keidel, H., De Goede, R.G.M., Brussaard, L.,

2005. Typeringen van bodemecosystemen - Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. Rapport 607604007, RIVM, Bilthoven, 105 pp.

Rutgers, M., Kuiten, A.M.P., Brussaard, L., 2007a. Prestaties van de bodem in de Hoeksche Waard: nulmeting en toepassing van een referentie voor biologische bodemkwaliteit (RBB). Rapport 607020001, RIVM, Bilthoven, 42 pp.

Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A.J., Bloem, J., Bogte, J.J., Breure, A.M., Brussaard, L., De Goede, R.G.M., Faber, J.H., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Keidel, H., Korthals, G., Smeding, F.W., Ter Berg, C., Van Eekeren, N., 2007b. Typeringen van bodemecosysteem in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. Rapport 607604008, RIVM, Bilthoven, 96 pp.

TCB, 2003. Advies duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. Rapport TCB A33(2003), Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag, 70 pp.

TCB, 2005. Advies duurzamer bodemgebruik in de landbouw. Rapport TCB A36(2005), Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag, 82 pp.

### 1.1.5

## Microbiële kenmerken voor gezonde bodems

Leo van Overbeek, Ulisses Nunes en Ilya Senechkin

Plant Research International, Wageningen,  
Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen; tel. 0317-480606, e-mail: l.s.vanoverbeek@wur.nl

Gezonde bodems zijn bodems waarop planten kunnen groeien met minimale aantasting door schadelijke organismen, zonder gebruikmaking van chemische bestrijdingsmiddelen. Bodemgezondheid is verschillend voor iedere gewas-pathogeen/plaagcombinatie, bodemsoort en bodemgebruik. Het mechanisme van bodemgezondheid is grotendeels onbekend, maar wel is

duidelijk dat de rol van bodemmicro-organismen cruciaal is. Deze rol is vaak niet eenduidig en zeer complex. Microbiële functies die in verband worden gebracht met bodemgezondheid zijn: 1) onderdrukking van schadeveroorzakende organismen, 2) plantversterking en 3) het beschikbaar maken van nutriënten voor plantengroei. Methoden waarmee bodemgezondheid kan worden voorspeld zijn belangrijk voor de duurzame teelt van landbouwgewassen. Het doel van ons onderzoek is opheldering van microbiële processen die een belangrijke rol spelen bij bodemgezondheid en op basis waarvan nieuwe technieken kunnen worden ontwikkeld waarmee bodemgezondheid wordt voorspeld.

In ons onderzoek wordt verondersteld dat de belangrijkste microbiële processen voor plantengroei zich zullen afspelen nabij, of zelfs in de plant. Plantenwortels scheiden tijdens groei stoffen uit waardoor bodemmicro-organismen worden aangetrokken en geactiveerd. Wortel-exsudatie is een belangrijk instrument van planten om microbiële populaties in hun omgeving te 'sturen'. Microbiële analyses van populaties in de plant (endosfeer) en rondom plantenwortels (rhizosfeer) worden vaak uitgevoerd door het kweken van micro-organismen. Diverse isolaten zijn verkregen uit de rhizosfeer en endosfeer van verschillende gewassen die een belangrijke rol spelen bij ziektevering. Eén van deze isolaten is de endofytische antagonist P9 (*Pseudomonas putida*), die een onderdrukkende werking heeft op *Phytophthora infestans*. Isolaten die behoren tot de groep van *Lysobacter*-soorten zijn verkregen uit rhizosfeergrond en vertoonden antagonistische werking tegen *Rhizoctonia solani* en *Ralstonia solanacearum*. De *Lysobacter*-groep is een relatief onbekende groep van antagonisten die mogelijk een belangrijke rol speelt in ziektevering. Nieuwe, niet eerder geïdentificeerde isolaten zijn verkregen uit rhizosfeergrond met behulp van verbeterde kweektechnieken. Hierbij zijn o.a. isolaten verkregen uit de groepen van *Verrucomicrobia* en *Acidobacterium*. Beide soorten zijn dominant in grond, maar tot op heden werd aangenomen dat deze soorten niet kweekbaar waren. Door isolatie is het mogelijk om hun ecologische rol in de rhizosfeer en endosfeer te onderzoeken. Het overgrote deel van de micro-organismen in bodems en planten is moeilijk, of zelfs niet kweekbaar. Met behulp van moleculaire technieken is het mogelijk om micro-organismen te detecteren zonder voorafgaande kweek. Detectietechnieken zijn ontwikkeld op basis van fylogenetische en functionele genen. Moleculaire *fingerprint*-methoden (o.a. PCR-DGGE) met

groep-specifieke primers tegen bacteriën, schimmels, *Pseudomonas*, *Actinobacteria*, *Burkholderia*, *Bacillus* en *Glomus* zijn toegepast om vermoedelijk antagonistische populaties te kunnen volgen tijdens plantengroei. Daarnaast worden toetsen ontwikkeld op basis van functionele genen. Primers en probes worden ontwikkeld voor detectie van sleutelgenen die betrokken zijn bij de N- en S-kringlopen. Via een nieuwe kweekonafhankelijke procedure (metagenomica) wordt gezocht naar nieuwe antibioticumproductiegenen (o.a. polyketidesynthasegenen) en productiegenen van ACC deaminase (omzetting van ethyleen).

De 'state-of-the-art' van microbiële detectietechnologieën in bodem en plant is dat individuele populaties goed kunnen worden gevolgd met combinaties van kweek en moleculaire technieken. Groepen van micro-organismen kunnen worden gevolgd met behulp van moleculaire *fingerprint*-technieken en in combinatie met multivariate analyses kunnen interacties tussen omgevingsfactoren en specifieke populaties worden vastgesteld. Nadeel is echter dat er geen causaal verband wordt aangetoond tussen bodemgezondheidsindicatoren en microbiële functies. Daarvoor zijn (moleculaire) detectiesystemen gericht op functionele genen noodzakelijk. Via diverse moleculaire technieken is het mogelijk om functionele (sleutel) genen kwantitatief in bodem en plantenmonsters te detecteren. Belangrijkste beperkingen zijn echter: 1) onvoldoende kennis over belangrijke microbiële processen in bodem en plant, en 2) hoge detectiegrens (uiterste detectiegrens van PCR is  $10^3$ - $10^4$  genkopieën per grond).

Microbieel ecologisch onderzoek van bodemprocessen die betrokken zijn bij gezonde plantengroei is noodzakelijk. Vooral het vaststellen van sleutelgenen bij betrokken processen is belangrijk voor de ontwikkeling van een 'bodemgezondheidschip'. Technologische verbeteringen zijn noodzakelijk om de detectiegrens in bodem- en plantenmonsters te verlagen. Genen die in een laag kopie-aantal in het genoom van micro-organismen voorkomen kunnen uitsluitend worden gedetecteerd als betrokken micro-organismen in (zeer) hoge dichtheden voorkomen. Voorondersteld mag worden dat niet alle belangrijke processen worden uitgevoerd door populaties die in dergelijk hoge dichtheden voorkomen. Mogelijke doorbraken kunnen worden verwacht op genexpressieniveau (mRNA) en toepassing van multiplex kwantitatieve detectie (o.a. Biotrove platform).