

# Bodem- biologie beter in beeld

De bodem onder onze voeten vormt letterlijk de basis van ons bestaan. Bodems en de daarin en daarop groeiende vegetatie leveren immers zuurstof en voedsel. Elke bodem beschikt over een veelheid aan chemische, fysische en biologische eigenschappen, die elkaar bovendien beïnvloeden. Het ligt dan ook voor de hand om bodems integraal te beoordelen op hun kwaliteit en bodemleven. Meestal zijn de grondsoort en de locatie bepalend voor welk bodemleven aanwezig is. Daarna volgt vaak het bodemgebruik als sterk bepalende factor voor de bodembiodiversiteit en het functioneren van de bodem. Hoe kan de onderzoekdiscipline bodembioologie bijdragen aan herstel, stimulering dan wel versterking van de belangrijkste bodemorganismen en hun functies, en welke meetinstrumenten zijn daarbij voorhanden of in ontwikkeling?

— Gerard Korthals (Wageningen Plant Research)

> Elke bodem bestaat uit ontelbaar veel en divers bodemleven. In de meeste grondsoorten komen in de bovenste 25 centimeter per 100 gram meer dan 5 miljard individuen en wel 5000 soorten voor! Met die hoge aantallen en grote soortendiversiteit vormen zij het bodemvoedselweb.

## Microben

De voedselpiramide begint onderaan bij de microben: bacteriën, schimmels, virussen en archaea. Deze microben hebben de grootste soortendiversiteit en de hoogste aantallen. Tegenwoordig worden ze vaak aangeduid als het bodemmicrobioom of, als ze op de wortels van planten zitten, het wortelmicrobioom. Microben leven van wat er in de bodem aanwezig is of erbij komt via bijvoorbeeld organische stof en lekstoffen (exudaten) die planten produceren. Microben zijn vaak maar 0,5 µm in diameter. Om ze te herkennen en te bestuderen moeten ze uit de grond worden geëxtraheerd, op voedingsbodems worden opgekweekt en met microscoop worden

gedetermineerd. Helaas is dat tijdrovend werk en voor veel soorten (soms meer dan 90 procent van de voorkomende soorten in een bodem) vooralsnog niet uitvoerbaar. Inmiddels bestaan er ook andere technieken zoals PLFA/NLFA, waarbij het voorkomen van een dertigtal vetzuren wordt geanalyseerd, als bioindicatoren voor de samenstelling van de microbiële gemeenschap. Daarnaast vetzuuranalyses worden micro-organismen steeds vaker ook moleculair onderzocht. Moleculaire technieken geven het inzicht dat de biodiversiteit van microben groot is en dat van veel groepen nog niet eens bekend is welke soorten er allemaal zijn. Hier spreekt men van OTU's (operationele units) of meer functionele groepen.

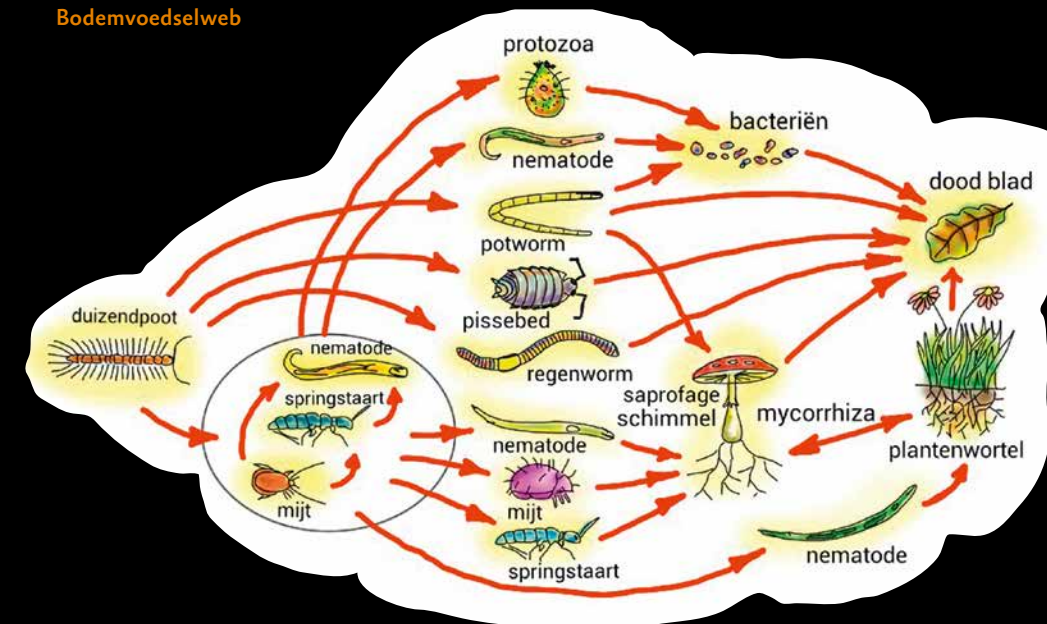
## Microfauna

Na de microben volgen de iets grotere bodemorganismen: de microfauna. Dit zijn bijvoorbeeld aaltjes (nematoden), protozoën en beerdiertjes. Deze organismen hebben uiteenlopende levensstrategieën. Die van de nematoden zijn het best bekend. Aaltjes zijn kleine meercellige wormpjes van 0,2 tot 1 millimeter groot en komen in elke bodemsoort voor. Het zijn belangrijke "grazers": ze eten bacteriën, schimmels of van plantenwortels. Daarnaast zijn er ook roofaaltjes die bijvoor-

beeld protozoën en andere nematoden belagen. In elke bodem zitten al gauw 40 tot 100 verschillende soorten. Naast de beruchte plantparasitaire aaltjes (PPN's) zijn er ook veel niet-plantparasitaire aaltjes (NPP's). Omdat aaltjesgemeenschappen zo talrijk, divers en belangrijk zijn, worden ze als indicator voor de bodemkwaliteit gebruikt. Inmiddels bestaan er verschillende ecologische indexen die bijvoorbeeld een indicatie geven over de bodemvruchtbaarheid. Van veel plantparasitaire aaltjes is bekend op welke gewassen ze zich kunnen vermeerderen en schade kunnen toebrengen. Om de interpretatie van alle data te vergemakkelijken is een hulpmiddel ontwikkeld: Nematode Indicator Joint Analysis (NINJA).

## Meso- en macrofauna

Weer iets grotere bodemorganismen vallen onder de mesofauna (0,1-2 mm). Dit zijn onder andere mijten, springstaarten, spinnen, potwormen en insectenlarven. De laatste groep van nog grotere bodemdieren valt onder de macrofauna (2-20 cm). Dit zijn bijvoorbeeld slakken, pissebedden, kevers en regenwormen. In Nederland komen ongeveer 23 soorten regenwormen, *Lumbricidae*, voor. Regenwormen eten vooral plantenresten maar doen zich ook tegoed aan schimmels, zaden, bacteriën en resten van allerlei dieren; ze zijn weinig kieskeurig. In de bodem zijn drie typen regenwormen te onderscheiden met elk een andere functie. Zo zijn er strooiseleTERS, zogenaamde epigene wormen, die zich op de bodem in de strooisellaag bevinden. Zij zijn klein, graven ondiepe gangen en mengen vooral bladafval in de bodem. Om zichzelf tegen zonlicht te beschermen is hun hele lichaam gekleurd. In de bodem leven de bodemeters, de endogene wormen. Sommige leven net onder het bodemoppervlak; andere veel dieper. Vaak zijn ze bleek van kleur. De derde groep zijn de pendelaars. Zij graven diepe, verticale tunnels, waarin ze blaadjes naar beneden trekken. Het zijn de grootste wormen van onze bodems. Omdat ze alleen hun kop boven de grond steken, is alleen dit lichaamsdeel gekleurd en de rest niet. Door hun graafactiviteiten maken de pendelaars gangenstelsels, waardoor water en zuurstof beter



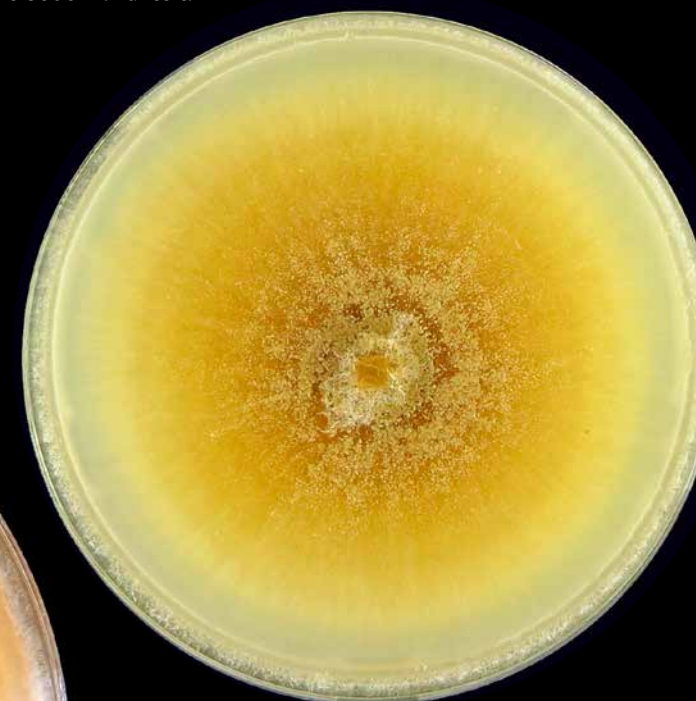
kunnen binnendringen en de structuur van de bodem verbetert.

## Functies van bodemdieren

Het is van belang te weten wat al deze bodemdieren betekenen voor het functioneren van de bodem. Van de beschreven soorten zijn al enkele functies benoemd, zoals die van eten en gegeten worden, waardoor energie, mineralen en andere grondstoffen via het voedselweb en door de bodem gerecycled worden. Planten, of het nu gaat om een natuurlijke vegetatie of om landbouwgewassen, zijn afhankelijk van deze processen maar dragen er ook actief aan bij door organische stoffen te produceren en deze terug te geven aan het bodemvoedselweb. Organische stof is belangrijk als "motor" van het bodemleven maar vooral voor de fysische en chemische bodemkwaliteit.

Grotere bodemorganismen, zoals regenwormen, hebben hierbij als "eco-engineers" een essentiële rol: door hun graafactiviteiten nemen bodems beter water op en blijft zuurstof beter beschikbaar. Voor het in beeld brengen van de bodemfuncties worden steeds vaker sets van overkoepelende ecosysteem-diensten (ESD's) gebruikt. Een veel gebruikte set is:

1. productiefactor voor gezonde en voldoende voedselgewassen
2. regulatie van het klimaat, inclusief koolstofvastlegging
3. katalysator voor stof- en nutriëntenkringlopen
4. voldoende en schoon grondwater
5. voorzien in (bodem)biodiversiteit



Bodemschimmels

De rol van bodemorganismen voor de eerste drie ecosysteemfuncties zijn al kort toegelicht. Voldoende schoon grondwater (en uiteindelijk drinkwater!) is eveneens afhankelijk van een goed functionerend bodemvoedselweb. De meeste stoffen en nutriënten worden dan afgebroken, vastgelegd of gebonden aan bodemdeeltjes. Door dit soort processen zal het water dat doordringt naar diepere grondlagen steeds schoner worden. Dit geldt helaas niet voor alle gifstoffen, zoals bijvoorbeeld zware metalen en zeer moeilijk afbreekbare stoffen zoals asbest en PFAS. Wat betreft de laatste ESD is het belangrijk om aan te stippen dat bodemorganismen sturend kunnen zijn voor de bovengrondse biodiversiteit! Een goed voorbeeld hiervan is de rol van bodempathogenen op de gewasgezondheid. Dit geldt niet alleen voor (monoculturen van) landbouwgewassen, maar ook in natuurlijk vegetaties en bij het verloop van de successie.

In de bodembiologie komt naast onderzoek naar negatieve effecten van bodemleven, zoals schade aan gewassen, steeds meer aandacht voor hun positieve bijdragen, zoals verbetering van de vertering van organische stof en de levering van nutriënten. Denk daarnaast ook aan de invloed van het bodemleven op de onderdrukking van ziekten en plagen, en de stimulerende effecten van bodemorganismen op de plantgezondheid. Verder zijn verschillende bodemorganismen belangrijk (stapel)voedsel voor de bovengrondse fauna zoals wilde zwijnen, dassen, groene spechten. Als laatste aanjager voor het bodembiologische onderzoek moet het veranderende klimaat en de koolstofvastlegging worden aangestipt. Ook hier speelt het bodemleven een cruciale rol. Het bodemleven zorgt voor vertering van vers organisch materiaal, zodat koolstof wordt vastgelegd in de bodem of opnieuw wordt opgenomen in de vegetatie.

#### Hoe is de bodembiologie te veranderen?

Wanneer is het zinvol en wenselijk om de bodembiologie van bodems te veranderen? Dit hangt nogal af van de Ausgangssituatie en het na te streven doel. De doelen voor natuur- en cultuurlandschappen lopen nogal uiteen. In natuurlijke landschappen wordt gestreefd naar zo min mogelijk ingrepen in de heersende processen, tenzij referentiewaarden of andere aspecten aangeven dat het ecosysteem verstoord is, bijvoorbeeld door een te hoge stikstofdepositie en bodemverzuring of doordat nieuw aangelegde landschappen nog niet in balans zijn. Dit laatste speelt nadrukkelijk bij de inrichting van openbaar groen in stad en dorp, waar de bodem gewoonlijk pas in beeld komt als de bouw is voltooid. Het openbaar groen wordt niet zelden aangelegd op net opgebracht zand. Voor bodembiologen is het niet verbazingwekkend dat veel bomen en struiken dan niet goed willen aanslaan. Zij weten (en kunnen het eventueel meten) dat het bodemvoedselweb zeer slecht ontwikkeld zal zijn. En dan hebben we het nog niet eens over de gevolgen van dit soort praktijken op de bodemstructuur en de waterhuishouding. Bodembiologen zouden meer aandacht moeten vragen voor deze bodemzaken bij

onder meer gemeenten, projectontwikkelaars en architecten. Als er tijdig inzicht ontstaat dat het bodemleven belangrijk is voor de kwaliteit groen, zijn er snel verbeteringen in de plannen te maken. Bijvoorbeeld door tijdelijk de goede lokale grond tijdens de bouw op te slaan en goed te onderhouden. Mooie voorbeelden zijn te vinden in het onlangs verschenen boek *BiodiverCITY*.

In cultuurlandschappen is al langer sprake van bodemherstelmaatregelen. We benoemen er enkele, te beginnen met de beoordeling of de organische stof-voorraad op orde is. Soms is aanvoer nodig. Het is belangrijk dat de goede kwantiteit en kwaliteit organische stof aan de bodem wordt toegevoegd. Het is cruciaal voor de stimulering van het bodemleven. Aanvoer van organische stof kan bijvoorbeeld door de teelt van groenbesters of het toedienen van organische bodemverbeteraars. Sinds enkele jaren zijn er ook experimenten met

(zelf) composteren of fermenteren (Bokashi) van bijvoorbeeld maaisel uit natuurgebieden. Tevens groeit de aandacht voor het toevoegen van hout aan de bodem, waarbij vooral zaagsel van loofhout een positief effect heeft op saprotrofe schimmels die leven op/van dood materiaal. Daar komen vaak soorten in voor die bodemziekten en -plagen kunnen onderdrukken. Bij de bestaande vegetatie is het belangrijk om te beoordelen of de gewasdiversiteit kan worden verbeterd, bijvoorbeeld door aanplant of zaaieren van andere soorten. Langs of tussen percelen is mogelijk ruimte voor bloemrijke kruidenmengsels. Deze functionele agrobiodiversiteit stimuleert niet alleen insecten en bijen, maar draagt ook bij aan de natuurlijke plaagbestrijding. Talloze studies hebben aangetoond dat bepaalde zweefvlieglarven, lieveheersbeestjes of oorwormen luizenplagen onderdrukken. Om het bodemleven nog meer te stimuleren moeten bodembewerkingen zoals ploegen, frezen

Links: pendelaar in wormgang.  
Rechts: pissebed op composthoop.



Foto Ron de Goele



Foto Hans van den Bos, Beestbeeld

of schoffelen zo min mogelijk worden toegepast. Elke vorm van bodembewerking pakt negatief uit voor met name schimmels, die hierdoor beschadigd raken. Bovendien wordt bij elke grondbewerking zuurstof in de bodem gebracht, waardoor de opgeslagen koolstof afbreekt en als CO<sub>2</sub> de atmosfeer in gaat. De laatste maatregel om het bodemleven te helpen is input van minerale meststoffen zoals kunstmest en een sterke beperking of het achterwege laten van bestrijdingsmiddelen. Als men consequent een of enkele van de bovenstaande maatregelen toepast, zal het bodemleven zich herstellen en beter gaan functioneren.

#### Meetnetten

Om te bepalen hoe het bodemleven ervoor staat en hoe die is te verbeteren, is veel bodembiologische kennis nodig. Gelukkig zijn er de nodige initiatieven waar we gebruik van kunnen maken. Ten eerste het unieke en landsdekkende meetnet Bodembiologische indicator (Bobi) van het RIVM dat in de jaren 1997-2015 is uitgevoerd. Het

netwerk richtte zich op zowel agrarisch landgebruik als natuurterreinen. Sinds 2000 worden de thema's bodemkwaliteit, ecosysteemdiensten en bodemmanagement onderzocht in een aantal langjarige (bedrijfssysteem)experimenten in de publiek-private samenwerking Beter Bodembeheer (PPS-BB). Om de effectiviteit van de verschillende maatregelen te bepalen worden metingen verricht aan de opbrengst en de kwaliteit van de gewassen en de bodemkwaliteit. Om de bodemkwaliteit integraal te beoordelen is een meetset met chemische, fysische en biologische indicatoren geselecteerd. Sinds 2016 hebben onderzoekers van Wageningen Environmental Research, het Centre for Soil Ecology en de provincie Gelderland samengewerkt aan een Soil Health Index (SHI) voor de Nederlandse context. Op basis van internationale studies en een beschrijving van de hedendaagse bodembedreigingen in Nederland hebben zij ook een set indicatoren afgeleid die de bodemkwaliteit voor landbouwproductie beschrijft. In 2019 is het Nationaal pro-

gramma landbouwbodems (NPL; ministerie van LNV) gestart. Al deze initiatieven hebben geleid tot de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), bestaande uit zeventien verschillende indicatoren. De belangrijkste geselecteerde biologische indicatoren (microben, aaltjes en wormen) zijn in dit artikel nader toegelicht. Een project waarin het inventariseren van bodembiodiversiteitsdata centraal staat, is het in 2019 gestarte project Onder het Maaiveld (OHM), een samenwerking van Wageningen Plant Research, NIOO-KNAW, IUCN NL en De Vlinderstichting en dat mogelijk wordt gemaakt door de Nationale PostcodeLoterij. OHM omvat onder andere het IJkcentrum voor de bodem en de Bodemdiendagen, die in dit themanummer uitgebreid worden toegelicht. Het einddoel is dat voor alle maatregelen voor het bodemleven referentiewaarden (wat heb ik?) en streefwaarden (wat wil ik) beschikbaar komen.<

gerard.korthals@wur.nl