

illustratie Ron de Coede, WUR

**Figuur 1.** Schematische weergave van het bodemvoedselweb, waarin de rol en positie van de belangrijkste soortgroepen is afgebeeld: iedereen eet elkaar en wordt gegeten.

# BodembioLOGIE in het natuurbeheer Nieuwe inzichten en perspectieven

— Gijs Gerrits (Reinsdyr Advies) & Wim van der Putten (NIOO-KNAW/Laboratorium voor Nematologie, WUR)

Natuurbeheerders denken bij bodem als snel aan abiotische factoren zoals de concentratie stikstof en fosfaat, het organisch stofgehalte, de pH en de structuur. Dit leer je in de meeste groene opleidingen. Langzaam maar groeit echter het besef bij natuurbeheerders dat ook de bodembioLOGIE een belangrijke rol speelt in de structurering van de vegetatie. Dit artikel geeft een inkijkje in belangrijke nieuwe kennis, hypothesen en mogelijke nieuwe perspectieven voor het natuurbeheer.

In de bodem komt een enorme hoeveelheid organismen voor. Niet alleen in aantallen maar ook in soorten. In een handvol aarde kunnen wel 5000 soorten (taxa) bacteriën, schimmels en hogere organismen voorkomen. Deze organismen reageren op de ingrepen die de beheerder uitvoert en zijn daarmee indirect bezig het werk van de natuurbeheerder te versterken of juist af te remmen. Verschraling leidt bijvoorbeeld tot een andere samenstelling van het bodemleven dat beter is aangepast aan schrale omstandigheden. De vele soorten in de bodem vormen met elkaar een uitgebreid bodemvoedselweb, waarbij het een wereld is van 'eten en gegeten worden'. De basis van het voedselweb zijn planten, die

worden gegeten door herbivore en pathogene (ziekteverwekkende) organismen en na afsterven worden afgebroken door bacteriën en schimmels. Deze microben worden vervolgens gegeten door eencellige protozoa en grotere organismen zoals nematoden (aaltjes), potwormen en beertieltjes, die op hun beurt weer gegeten worden door springstaarten en mijten.

### Nutriëntbeschikbaarheid

Uit onderzoek komt naar voren dat het bodemvoedselweb een belangrijke maar weinig bekende rol kan spelen in de beschikbaarheid van nutriënten voor de vegetatie. Tijdens vershraling van voormalige landbouwgronden, worden nutriënten niet alleen bovengronds met het maaien afgevoerd, maar ook ondergronds vastgelegd in organische stof en in de bodembiota zelf. Deze nutriënten worden, voor zover ze niet uitspoelen, binnen het bodemvoedselweb vastgehouden. Hieruit blijkt dat het bodemleven en de vegetatie

concurrenten kunnen zijn om nutriënten, waarbij het bodemleven in eerste instantie de strijd van de plant wint. Het bodemleven is namelijk beter in staat nutriënten zelf vrij te maken dan planten. Wanneer nutriënten vrijkomen, bijvoorbeeld als een bacterie sterft, is het bodemleven efficiënter in het opnemen van deze nutriënten dan de plant.

Als gevolg van het stoppen van de landbouw, verandert het bodemleven. Landbouwkundige activiteiten als ploegen en bemesten, zorgen ervoor dat de bodem vooral veel bacteriën en simpele schimmels bevat, die onderdeel uitmaken van een weinig samenhangend bodemnetwerk. Hierdoor komen veel nutriënten voor de vegetatie beschikbaar. Tijdens de successie naar een natuurlijk systeem verandert het bodemvoedselweb in een netwerk waarin de interacties tussen bodembiota goed op elkaar zijn afgestemd en er steeds efficiënter met voedingsstoffen wordt omgegaan. Geheel tegen de verwachting in, bleek

uit onderzoek dat tijdens de successie van de vegetatie over een periode van enkele decennia, de totale hoeveelheid stikstof die in de bodem was vastgelegd toenam, maar het aandeel stikstof dat voor de plant beschikbaar was, juist afnam. Dit lijkt een belangrijk sleutelproces te zijn. De vegetatie werd namelijk steeds schraler, met een groeiend aandeel plantensoorten van voedselarme standplaatsen.

Het vermoeden bestaat dat sommige plantensoorten, zoals gestreepte witbol en pijpenstrootje, dit proces van vastlegging van nutriënten in samenwerking met delen van het bodemleven, zoals strooiselafbrekende schimmels en bacteriën, actief kan verstoren. Witbol lijkt door zijn invloed op het bodemleven de successie in een vrijwel continue pionier-achtige situatie te dwingen, waarin veel nutriënten beschikbaar blijven voor de witbol. De mineralisatie, oftewel het beschikbaar komen van nutriënten voor de plant, die actief door de witbol gemanipuleerd wordt,

foto Hanny van Megen, WUR





foto: Gijs Gerrits

**Figuur 2. (boven)** Parasitaire nematoden hebben een inklapbaar puntig monddeel waarmee ze in de wortel van de plant doordringen en sap aan de plant onttrekken.

**Figuur 3. (links)** Bomen van voedselarme bossen vormen een symbiose met ectomycorrhizale schimmels die helpen bij de opname van nutriënten en water en ook helpen bij de verdediging tegen ziektes. In ruil krijgen de schimmels suiker van de plant. Vliegenzwammen zijn de bovengrondse vruchtlichamen van de ectomycorrhiza die een symbiose vormt met berkenbomen.

blijft zodoende op een hoger niveau. De witbol weet daarvan te profiteren ten koste van minder concurrentiekrachtige kruiden, waardoor deze grassoort zelfs kan gaan domineren.

#### Plant-bodem terugkoppeling

De mogelijke interactie tussen gestreepte witbol en het bodemleven is een voorbeeld van zogenaamde plant-bodem terugkoppelmechanismen (plant-soil feedback in het Engels, afgekort als PSF). PSF is het fenomeen waarbij tijdens de groei van een specifieke plant bepaalde bodemorganismen worden aangetrokken die zich gaan vermenvuldigen. Vervolgens hebben deze bodemorganismen een “feedback”-effect op de volgende generatie planten van dezelfde of van een andere soort. Dit effect kan positief, neutraal, of negatief zijn voor de groei van de nieuwe generatie planten. PSF's zijn vanuit de landbouw al bekend sinds de oudheid. Zonder vruchtwisseling trekt een gewas na een aantal seizoenen zoveel ziektes aan, als gevolg van de door teelt veroorzaakte negatieve feedback, denk aan aardappelmoeheid, dat de opbrengst dramatisch terugloopt. Het toepassen van vlinderbloemigen in de vruchtwisseling is een voorbeeld van positieve PSF. De symbiose met stikstofbindende bacteriën bevordert de hoeveelheid stikstof in het systeem en daarmee

de stikstofvoorziening voor het volgende gewas. Ook in de natuur trekt iedere plant een eigen bodemleven aan. Er zijn drie groepen te onderscheiden: saprotrofen (afbrekers van organisch materiaal), symbionten (bijvoorbeeld stikstofbindende bacteriën en mycorrhizaschimmels) en vijanden (onder andere herbivoren, pathogenen en parasieten).

Een belangrijke symbiose is die tussen planten en mycorrhizaschimmels. Deze schimmels kunnen met fijne schimmeldraden en speciale enzymen nutriënten zoals fosfaat uit de bodem vrijmaken. In ruil voor deze nutriënten levert de plant suikers aan de schimmel. Andere interacties zijn negatief, bijvoorbeeld pathogene schimmels die de plant ziek maken of een parasitaire nematode die sap uit de wortel onttrekt en daarmee de groei van de plant negatief beïnvloedt.

#### Successie

PSF's blijken een belangrijke rol te spelen tijdens successie. Pioniersoorten vestigen zich in een nieuw habitat relatief makkelijk doordat ze bijvoorbeeld veel en licht zaad hebben en een wortelstelsel vormen dat geschikt is om snel veel nutriënten te bemachtigen. Dit vermogen tot snelle vestiging en groei komt echter wel met een prijs. Pioniersoorten blijken namelijk slecht

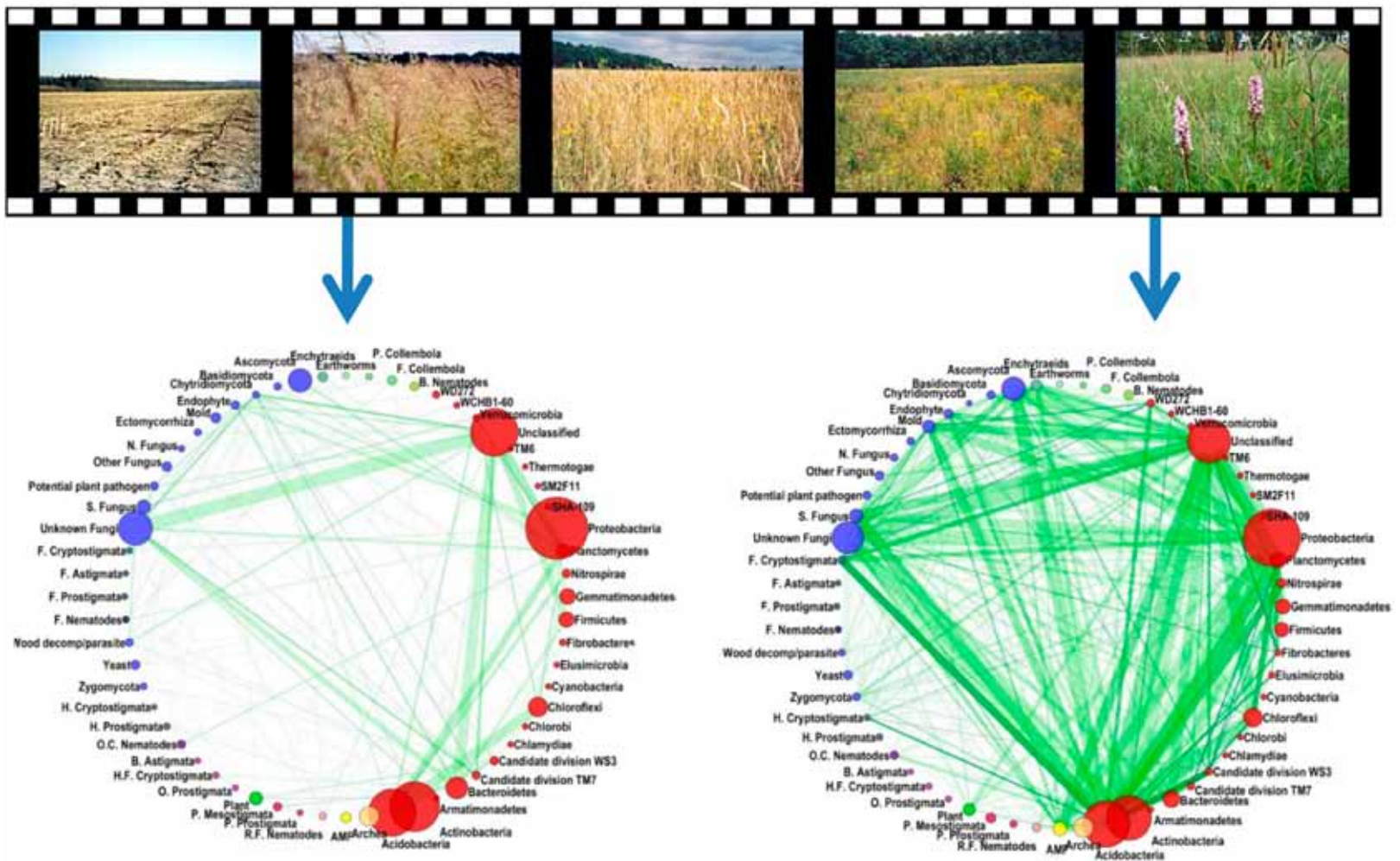
bestand te zijn tegen pathogenen en herbivoren in de bodem. Dit maakt de dominantie van witbol een fascinerend vraagstuk. Want waarom heeft witbol onder bepaalde omstandigheden, ogenschijnlijk weinig last van vraat en ziektes waardoor deze soort blijft domineren? De energie die echte pioniersoorten benutten om veel zaad te produceren en snel te groeien, gaat ten koste van de energie die ze aan verdediging tegen herbivoren en pathogenen kunnen spenderen. De pioniersoorten worden door de aanvallen minder vitaal en worden daardoor makkelijker weggeconcentreerd door andere plantensoorten. De succesvolle concurrenten kunnen zich in eerste instantie moeilijker vestigen, maar zijn wel beter verdedigd tegen vijandig bodemleven, waardoor ze op langere termijn in het voordeel zijn. In de duinen is dit verschijnsel duidelijk te zien bij helmgras. Zodra er zoet water beschikbaar komt in hogere duinkopjes, vestigt helm zich als opvolger van biestarwegras. Naarmate het stuiven van het zand afneemt en helmgras langer op dezelfde plaats staat, krijgen de planten steeds meer last van soort-specifieke pathogenen in de

bodem. Soorten als duinzwenkgras, zandzegge en ook duindoorn krijgen hierdoor een concurrentievoordeel ten opzichte van helm. Ze slagen erin zich in de vegetatie te vestigen en vormen daarmee de volgende stap in de successie. Dit mechanisme vindt niet alleen in de duinen plaats. Een goed voorbeeld uit de bosecologie is het verschil in levensstrategie tussen harig wilgenroosje en bosanemoon. Waar het harig wilgenroosje na een korte periode van uitbundige groei op een kapvlakte het veld moet ruimen en met massale zaadsetting op zoek gaat naar een andere geschikte groeiplaats zonder een hoge ziektedruk, vestigt bosanemoon zich pas na vele jaren in een stabiel bosmilieu. Wanneer bosanemoon zich echter eenmaal heeft gevestigd, kan het tientallen, zo niet honderden jaren op dezelfde plek blijven groeien.

### Hogere ziektedruk

Ook bij de omvorming van landbouwgronden naar natuurlijke graslanden, speelt de erfenis die vorige generaties planten in de bodem hebben achtergelaten een belangrijke rol. In voedselrijke

milieus is de pathogenendruk hoger dan onder voedselarme omstandigheden. Bovendien zorgen de moderne landbouwmethode voor een nog hogere ziektedruk als gevolg van de teelt van hoogproductieve gewassen in monoculturen. In de natuur kunnen zulke hoogproductieve soorten deze ziektedruk de baas door op een ander plekje in de bodem te groeien dan waar de bodemziekten zich hebben opgehoopt. Een natuurtechnische ingreep die de successie vanuit een landbouwverleden naar een doelvegetatie kan versnellen, blijkt de toepassing van bodemtransplantaties te zijn. In een veldexperiment is op een aantal afgegraven proefvlakken maaisel en bodemmateriaal uitgestrooid. Het maaisel en het bodemmateriaal waren afkomstig van een heischraal grasland en van droge heide. Het deel van de proefvlakken waar maaisel en bodem van het heischraal grasland is uitgestrooid, bleek zich richting dit vegetatietype te ontwikkelen. Op de vlakken met grond van een heideveld ontwikkelde zich droge heide. Bovendien bleek aan de hand van potexperimenten in een kas, dat deze ontwikkeling beter ging door de toevoeging van het bo-



**Figuur 4.** Schematische weergave van interacties (correlaties) tussen groepen bodemorganismen in een recent verlaten landbouwveld (links) en een ontwikkeld grasland (meer dan 20 jaar geleden verlaten) (rechts). Hoe dikker de lijn hoe sterker de correlatie. Blauwe cirkels zijn schimmel groepen. Rode cirkels zijn bacterie-groepen. Foto's: Paul Kardol, Netwerken: Basten Snoek. Aangepast figuur oorspronkelijk gepubliceerd in Morriën et al. 2017. Soil Networks become more connected and take up more carbon as nature restoration progresses. Nature Communications 8: article number 14349

## Goudhaver

## Grote pimpernel

Eigen bodem



Contrôle



- PSF

+ PSF

**Figuur 5.** Op bovenstaande foto's is het effect van plant-bodem terugkoppeling goed te zien. Wanneer goudhaver meerdere generaties in een bodem wordt gekweekt, neemt de vitaliteit van de plant af als gevolg van negatieve PSF. Grote pimpernel heeft juist positieve invloed op zijn eigen soort. Hier is te zien dat pimpernel in zijn eigen bodem beter groeit dan in de controle-bodem als gevolg van positieve terugkoppeling. Bron: Cortois et al. 2016, Journal of Ecology.

demateriaal van een van de twee vegetatietypen dan wanneer alleen maaisel werd gebruikt. Een waarschijnlijke verklaring voor het toegevoegde effect van het bodemmateriaal is dat dit symbiotische, positief werkende bodemorganismen bevatte, die de groei van de doel-plantensoorten stimuleerde ten opzichte van de controlevakken, waarin deze bodemorganismen ontbraken.

### Invasieve exoten

Wanneer een invasieve exoot zich ergens nieuw vestigt, is deze bevrijd van zijn natuurlijke biotische interacties. Ze kunnen gaan woekeren, waardoor biologische invasies ontstaan, die ten koste kunnen gaan van de oorspronkelijke, inheemse vegetatie.

Amerikaanse vogelkers bijvoorbeeld wordt in het oorspronkelijke habitat geremd in groei door specifieke schimmelachtige bodemziektes. In Nederland komen deze specifieke soorten niet voor en woekert de vogelkers in sommige gevallen zodanig dat hij de bijnaam bosppest heeft gekregen. Uit onderzoek komt naar voren dat aan de Amerikaanse pathogenen verwante soorten wel

in Europa voorkomen en bijvoorbeeld Europese vogelkers als gastheer hebben, maar deze soorten hebben een minder ziektenverwekkend effect op de Amerikaanse vogelkers.

Van invasieve exoten is bekend, dat deze na verloop van tijd hun voordeel kwijt kunnen raken. Zo blijkt uit Leids onderzoek dat de Amerikaanse vogelkers in toenemende mate door insecten aangetast wordt. Eenzelfde principe kan ook voor bodemziektes gelden wanneer Amerikaanse vogelkers lang en vaak genoeg aan de Europese pathogenen blootgesteld wordt. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid dat deze micro-organismen zich aanpassen aan de nieuwkomer en de groei van Amerikaanse vogelkers veel meer gaan onderdrukken. Daarom is het aan te raden Amerikaanse vogelkers en ook andere invasieve exoten op sommige plekken gecontroleerd te laten groeien, zodat de inheemse biodiversiteit de kans krijgt natuurlijke weerstand op te bouwen tegen de invasieve exoten.

### Praktische beheermaatregelen

Bovenstaande voorbeelden laten zien dat het

veelal verborgen leven in de bodem een belangrijke invloed heeft op de samenstelling van de vegetatie zoals we die boven de grond zien. Ook laten ze zien dat inzichten uit wetenschappelijk onderzoek een vruchtbare bron voor het natuurbeheer kunnen worden. Een belangrijk nieuw perspectief is de rol die ziektes en plagen spelen in de samenstelling van (half)natuurlijke vegetaties. Anders dan in de landbouw lijkt het er steeds sterker op dat deze bodemziektes en -plagen in natuurlijke vegetaties een belangrijke rol spelen in de regulatie van plantdiversiteit, vegetatiesuccessie en biologische invasies. Bodemtransplantaties zijn een goed voorbeeld van hoe nieuwe kennis concreet inzetbaar is in de beheerpraktijk. Door toenemende kennis van de onderliggende mechanismen, waarbinnen PSF's een belangrijke positie innemen, mogen we verwachten dat in de toekomst meer van dit soort praktische beheermaatregelen worden toegevoegd aan de gereedschapskist van natuurbeheerders. <

*gijs.gerrits@reinsdyradvies.nl*