

Ecologie van bodemmicro-organismen: de basis voor een gezonde bodem



Wietse de Boer

NIIO-KNAW, Afdeling
Microbiële Ecologie
Wageningen University,
Sectie Bodemkwaliteit

Bodemlegers in een lege bodem

Dit is de titel van de inaugurele rede die ik op 14 februari 2013 heb gehouden in de aula van Wageningen University bij, zoals dat dan heet, de aanvaarding van het ambt als buitengewoon hoogleraar Microbiële Bodemecologie. Onlangs

is de gedrukte versie verschenen. In de rede ga ik in op het belang van interacties tussen bodemmicro-organismen voor het functioneren van het bodemecosysteem en met name op de natuurlijk regulerende werking die microbiële interacties kunnen hebben op ziekteverwekkers in de bodem.

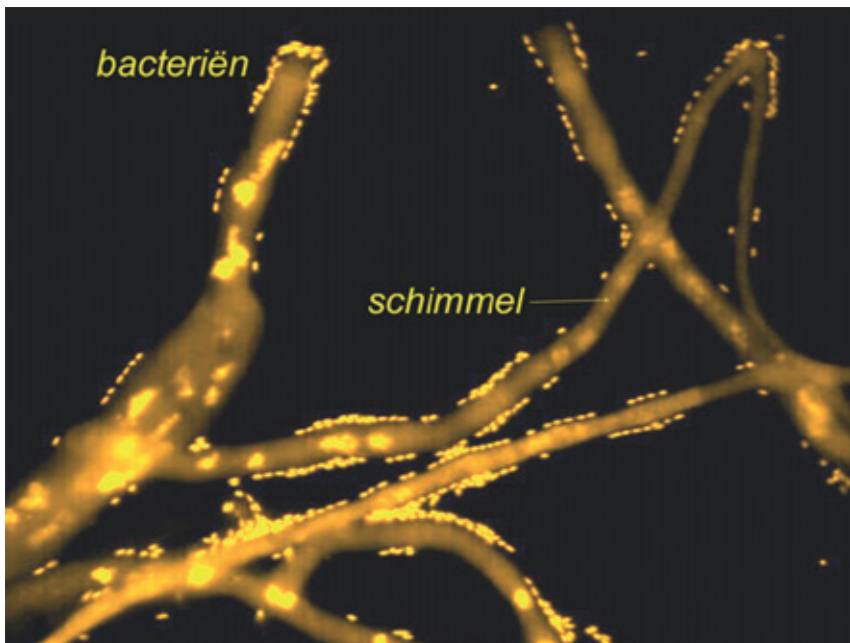
Bodemmicroben en energie

De meeste micro-organismen in de bodem zijn organotroof. Dat wil zeggen dat ze de energie om te kunnen groeien uit de afbraak van organische verbindingen halen. Dat kunnen makkelijk afbreekbare, water-oplosbare verbindingen zijn zoals suikers en aminozuren, maar ook onoplosbare polymeren zoals de plantencelwand-bestanddelen cellulose en lignine. In z'n algemeenheid kan gezegd worden dat de groei van vrij-levende, organotrofe micro-organismen in de bodem bepaald wordt door de beschikbaarheid van goed afbreekbare organische stoffen. Dat is bijvoorbeeld te zien aan de hogere microbiële biomassa in de directe wortelomgeving (de rhizosfeer) vergeleken met die in de rest van de bodem. Wortels scheiden o.a. suikers, aminozuren en organische zuren uit.

Ondergrondse microbiële conflicten

De belangrijkste groepen van bodemmicro-organismen die al deze verbindingen kunnen afbreken zijn bacteriën en schimmels. Grofweg kan gezegd worden dat bacteriën vooral de eenvoudige stoffen afbreken en schimmels de meer recalcitrante. De snelle respons, het vermogen de substraten al bij een lage concentratie op te nemen en de hoge groeisnelheid maken dat bacteriën domineren bij de afbraak van eenvoudige substraten. De draderige groeivorm (hyfen) van schimmels is bij uitstek geschikt om afgestorven plantenmateriaal binnen te dringen, en het complex aan enzymen dat schimmels uitscheiden stelt hen in staat om de polymeren van plantencelwanden te splitsen en als energiebron te gebruiken. De geschatte diversiteit aan soorten in de bodem is zowel voor schimmels als bacteriën enorm. Veel van die soorten zijn in staat dezelfde verbindingen af te breken (functionele redundantie). Gecombineerd met het beperkte aanbod aan afbreekbare organische stoffen levert dit een situatie van sterke concurrentie tussen soorten.

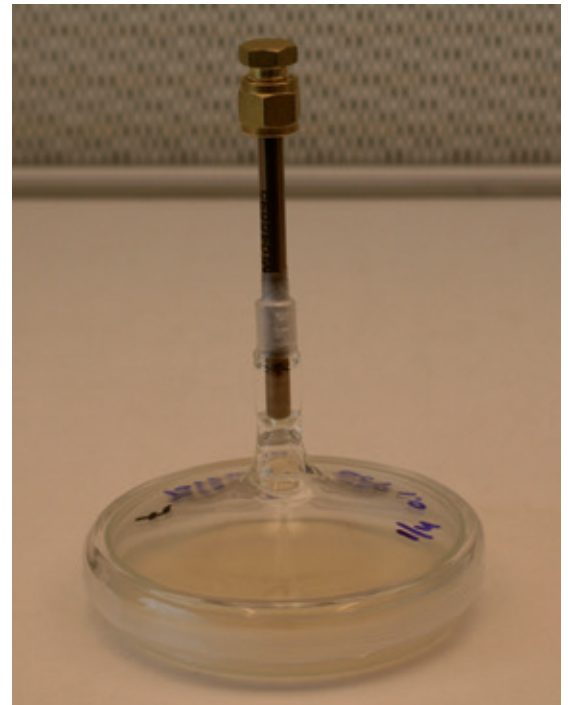
De geschetste tweedeling (niche-differentiatie) tussen organotrofe schimmels en bacteriën is verre van volledig. Draadvormige bacteriën, behorende tot de Actinomyceten, kunnen worden beschouwd als een soort van miniatuurschimmels die ook heel goed in staat zijn de polymeren in organische stof af te breken. Suikerschimmels zijn, zoals hun naam al doet vermoeden, juist schimmels die meer gespecialiseerd zijn in de afbraak van eenvoudige stoffen. Daarnaast kunnen bacteriën profiteren van de suikers die door uitgescheiden schimmel-enzymen uit organische stof worden vrijgemaakt. Zowel voor gemakkelijk als moeilijk afbreekbare organische verbindingen is er dus ook concurrentie tussen bacteriën en schimmels.



Figuur 1: Bacteriën op schimmeldraden.

Chemische wapens

In de concurrentiestrijd tussen bodemmicro-organismen spelen 'chemische wapens' een belangrijke rol (interferentie-competitie). De meest bekende zijn antibiotica, een verzamelnaam voor metabolieten met een remmende werking op de groei van micro-organismen. Micro-organismen belagen andere micro-organismen met antibiotica en wij maken daar gebruik van door geschikte antibiotica in te zetten tegen microben die ons ziek maken. In de doorlopende concurrentiestrijd vindt er ook een selectie plaats op micro-organismen die resistent zijn tegen antibiotica. Ook die zijn ruim vertegenwoordigd in de bodem en ... helaas ook steeds meer onder de humaan pathogene micro-organismen. Overigens is er nog een discussie gaande of anti-

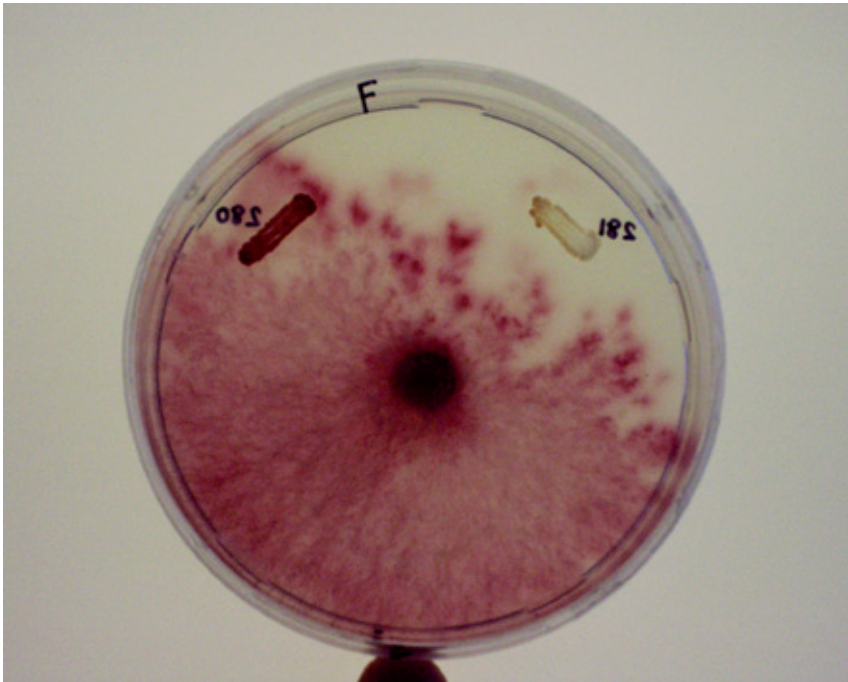


Figuur 2: Opstelling om de productie van vluchtige stoffen door micro-organismen te screenen.

biotica wel als microbiële wapens moeten worden beschouwd met als argument dat de concentratie in de bodem waarschijnlijk veel te laag is om te kunnen werken. Volgens deze onderzoekers moeten antibiotica vooral beschouwd worden als signaalstoffen. Ik deel dat standpunt niet. Ik denk dat er een gradiënt is van signaleren tot daadwerkelijke uitschakeling van de concurrent. Bij het signaleren zal de concurrent tegenmaatregelen kunnen nemen. Het signaleren kan ook resulteren in de aftocht van de concurrent en dat is voor de overblijvende evengoed een overwinning. Een andere groep van 'wapens' waar een hernieuwde belangstelling voor valt te constateren zijn vluchtige stoffen. Deze stoffen kunnen zich verspreiden via de met lucht gevulde poriën in de bodem en kunnen daardoor worden gebruikt om microbiële tegenstanders die zich op een zekere afstand bevinden te onderdrukken.

Onderdrukking van ziekteverwekkers

De bodem vormt een reservoir voor veel plantenziekte-verwekkende micro-organismen. In de meeste gevallen verblijven ze daar in een overlevingsvorm, bijvoorbeeld als sporen, maar er zijn er ook die bestaan als vrijlevende organotroof kunnen afwisselen met dat van pathogeen. Net als alle andere bodemmicroben worden ook plantpathogenen geconfronteerd met onderdrukkende stoffen die in de concurrentiestrijd om beschikbare energiebronnen worden ingezet. De remmende



*Figuur 3: Bodembacterie (gele kolonie) met remmende werking tegen de pathogene schimmel *Fusarium culmorum*.*

werking die pathogenen hiervan ondervinden is een belangrijk onderdeel van de algemene ziektevering die in nagenoeg elke bodem aanwezig is. Algemene ziektevering moet worden gezien als een eerste buffer tegen bodemgebonden ziektes, maar het is ook duidelijk dat het niet voldoende is om ziektes door pathogenen te voorkomen. Er is meer nodig. Wat betreft natuurlijke onderdrukking kunnen pathogenen vrijwel volledig onderdrukt worden met specifieke ziektevering. In dat geval is er sprake van de activiteit van bepaalde soorten micro-organismen, antibioticum producerende *Pseudomonas*-bacteriën bijvoorbeeld, die sterk gericht zijn tegen één type pathogeen. In bodems waarin dit voorkomt kan zo'n ziektevering nauwelijks schade aanrichten.

Verhoging van natuurlijke ziektevering

Kan de concurrentiestrijd tussen bodemmicro-organismen zodanig worden beïnvloed dat de natuurlijke ziektevering van een bodem wordt verhoogd? Dat is een vraag waar al veel onderzoekers zich mee hebben bezig gehouden. Een van de benaderingen is om microben met sterke pathogeen-onderdrukkende eigenschappen aan

de bodem toe te voegen, bijvoorbeeld in een coating op zaden. Deze biocontrole-stammen moeten dan de onderdrukkende werking die ze in het lab en kas hebben laten zien, ook bij de teelt in volle grond laten zien. Dit levert nogal wisselende resultaten. Het succes hangt af van of deze stammen zich kunnen vestigen in de bodem, in elk geval langs de wortels van het jonge gewas waar de pathogeen-onderdrukkende werking plaats moet vinden. Maar om dat te kunnen doen moeten ze het opnemen tegen concurrerende microben die al in de bodem aanwezig zijn, en die aangepast zijn aan de lokale bodemomstandigheden. Dat is een ongelijke strijd die meestal wordt verloren. De samenstelling van microbiële gemeenschappen verschilt tussen bodems en dit zal voor een deel een weerspiegeling zijn van de soorten die het best zijn aangepast aan de lokale omstandigheden. Het lijkt daarom veel beter om juist uit te gaan van de aanwezige bodemmicroben en om die te sturen in een richting die gewenst is, namelijk een hogere ziektevering. Ook deze benadering is niet nieuw. Met name met het toevoegen van verschillende organische stoffen, zoals compost en chitine, is getracht dit te bereiken. Helaas moet ook hier worden geconstateerd dat dit niet altijd de gewenste resultaten oplevert. Hier kan de ecologie van bodemmicro-organismen een belangrijke bijdrage leveren. Op basis van de ecologie kan beter voorspeld worden onder welke omstandigheden gewenste, pathogeen-onderdrukkende micro-organismen zullen toenemen. Deze informatie kan worden gebruikt om de samenstelling van de organische meststoffen, de wijze en tijdstip van toediening te optimaliseren.

Microbiële Bodemecologie

In het oratieboekje wordt verder ingegaan op de ecologie van bodemmicro-organismen waarin niet alleen hun rol bij ziektevering maar ook bij plantenvoeding aan de orde komt. Daarnaast worden mogelijkheden beschouwd om de kennis over bodemmicro-organismen toe te passen, niet alleen met betrekking tot ziektevering maar bijvoorbeeld ook voor ontdekkingen van nieuwe antibiotica. De volledige tekst is te vinden op: <http://www.nioo.knaw.nl/nieuws/bodemlegers> Uiteraard is het ook mogelijk het boekje zelf toegestuurd te krijgen. Dan graag een mailtje naar: w.deboer@nioo.knaw.nl