



MICRO-ORGANISMEN BEÏNVLOEDEN PLANTENGROEI

# Tot de bodem uitzoeken

Per vierkante meter bodem leven honderden wormen en insecten samen met kilometers aan schimmeldraden, vele miljoenen aaltjes en miljarden bacteriën. Onderzoek maakt steeds meer duidelijk van het precare evenwicht ondergronds, en de grote invloed daarvan op het leven bovengronds. Het levert nieuwe strategieën op voor gewasbescherming.

TEKST NIENKE BEINTEMA ILLUSTRATIE YVONNE KROESE





**B**oeren, tuinders en tuiniers weten het allang: wormen zijn goed voor de bodem. Ze recyclen dood materiaal en houden de bodem luchtig, waardoor water beter wegzakt en de bodem kan 'ademen'. In aanwezigheid van wormen groeien planten veel beter dan zonder. Maar er is een keerzijde. 'Bodems met regenwormen stoten ruim 30 procent méér broeikasgassen uit dan bodems zonder wormen', zegt Jan-Willem van Groenigen, universitair hoofddocent bij de sectie Bodemkwaliteit van Wageningen UR. 'Deels komt dat doordat er bij het afbreken van dat dode plantenmateriaal extra koolstofdioxide vrijkomt. Daarnaast ligt een verklaring in het gebruik van kunstmest, waar veel stikstof in zit. Bodembacteriën zetten die stikstof om in lachgas, een broeikasgas. De wormen zorgen voor omstandigheden waarin dat sneller gebeurt.' Wormen veranderen ook de fosfaathuishouding van de bodem. Dat is interessant, want fosfaatkunstmest begint wereldwijd schaars te worden. Het probleem, aldus

Van Groenigen, is dat fosfaat zich ophoopt in de bodem in een chemische vorm waar planten weinig mee kunnen. 'Regenwormen maken dat fosfaat weer beschikbaar voor planten. Het zou geweldig zijn als we dat konden stimuleren, via bodembeheer dat gunstig is voor regenwormen. Bijvoorbeeld met organische bemesting.'

### MIJTEN EN SPRINGSTAARTEN

Wormen zijn lang niet de enige ondergrondse organismen die het leven erboven beïnvloeden. Ze delen de bovenste bodemlaag met een verbluffende diversiteit aan aaltjes, mijten en springstaarten, mieren, kevers en duizendpoten. Om nog maar niet te spreken van wat het blote oog niet ziet: ontelbare schimmels en bacteriën. Sommige daarvan zijn gunstig voor de plantengroei: ze recyclen nutriënten en verbeteren de bodemstructuur, zoals regenwormen en schimmels, en houden ziekteverwekkers in toom, zoals veel 'goede' aaltjes, schimmels en bacteriën. Andere kunnen planten juist ziek maken. En allemaal profiteren ze direct of indirect van stoffen die de planten uitscheiden. Het is een precair evenwicht dat nog maar weinig is onderzocht. 'Het Wageningen Centrum voor Bodemecologie brengt daar verandering in', zegt Wim van der Putten, hoofd Terrestrische ecologie van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) en hoogleraar functionele biodiversiteit aan Wageningen University. In 2010 was hij mede-initiatief-

nemer van dit centrum, een samenwerking tussen Wageningen UR en NIOO-KNAW. Als eerste instituut ter wereld brengt dit ecologen, landbouwwetenschappers, chemici en hydrologen bij elkaar om samen te onderzoeken hoe de bodem functioneert en wat de invloed daarvan is op de plantengroei. 'Het wordt steeds duidelijker hoe belangrijk die bodem is', zegt Van der Putten, 'maar we kennen nog steeds maar het topje van de ijsberg'. Daarom hebben de Verenigde Naties 2015 uitgeroepen tot het Jaar van de Bodem. Een prachtig initiatief, vindt de hoogleraar. 'Beter kennis van de bodem is hard nodig voor het aanpakken van het wereldvoedselprobleem, maar ook van milieuproblemen in de landbouw en bij het herstel van natuurgebieden.'

### VIJFTIG SCHAPEN

Eerst wat droge feiten. In de bovenste decimeters van elke vierkante meter bodem zitten zo'n vierhonderd regenwormen – plus zo'n 20 miljoen aaltjes. Een theelepeltje grond bevat honderden meters aan schimmeldraden en maar liefst 10 miljard bacteriën, van wellicht 10 duizend verschillende soorten. 'Stel je een hectare grond voor waarop vijf schapen grazen', zegt Wietse de Boer, senior onderzoeker microbiële ecologie bij NIOO-KNAW en bijzonder hoogleraar bij de sectie Bodemkwaliteit van Wageningen UR. 'Dat is een gangbare schapendichtheid. Onder de grond leeft er aan micro-organismen een massa die gelijkstaat aan dertig tot vijftig schapen.'





Door welke bril wetenschappers naar dat bodemleven kijken, hangt traditioneel sterk af van de context: landbouw of natuur.

‘Natuurbeheerders beschouwen ziekteverwekkers in principe als gunstig’, zegt Van der Putten. ‘Die voorkomen namelijk dat bepaalde snelgroeiende soorten de overhand krijgen, en vergroten daardoor de biodiversiteit. Maar in de landbouw zien we pathogenen als een negatieve factor, aangezien ze een bedreiging zijn voor gewassen.’ Momenteel groeien die vakgebieden steeds meer naar elkaar toe, zegt Van der Putten. ‘Die kruisbestuiving levert belangrijke nieuwe inzichten op.’

Als voorbeeld noemt hij het fenomeen van de invasieve exoten in Nederland. De opkomst van plant- en diersoorten die hier van oorsprong niet thuishoren, zoals de Amerikaanse vogelkers. Die boom groeit in Amerika keurig verspreid in het bos. Hij wordt in toom gehouden door *Pythium*, een schimmelachtige ziekteverwekker, een oömyceet, die wortelrot veroorzaakt. In Nederland komt die niet voor, dus krijgt de snelgroeiende boom de kans te gaan woekeren. ‘Dat illustreert hoe belangrijk een natuurlijk bodemleven is voor het evenwicht bovengronds’ zegt Van der Putten. ‘In de natuur is die verdediging goed geregeld, maar in onze intensieve landbouw is die verstoord door ploegen, bemesting, ontwatering en pesticiden. In de biologische landbouw lijkt de natuurlijke verdediging meer intact te zijn. Wij willen graag weten hoe dat komt.’

Andersom worden experimentele bodempraktijken uit de landbouw nu ook in het natuurbeheer uitgetoet. Een voorbeeld is het ‘enten’ van de bodem met grond van elders, om zo een complete gemeenschap inclusief bodemleven te introduceren. Dat is bijvoorbeeld gebeurd in het natuurgebied Reijerscamp bij Wolfheze. Ooit was dat een heideveld maar daarna was het terrein jarenlang in gebruik als akkerland. Op de inmiddels verlaten akker zijn heideplaggen van elders neergelegd, inclusief bodemfauna, micro-organismen en plantenzaden. Binnen vijf jaar was er een volwaardig heideveld teruggekeerd. Van der Putten: ‘Ons onderzoek heeft laten zien dat het bodemleven in ‘nieuwe natuur’ na zulke transplantaties veel verder ontwikkeld is dan wanneer je niets doet. Met kasexperimenten hadden we al aangetoond dat dat bodemleven de vegetatie-ontwikkeling bevordert.’

#### AALTJES VERDRINKEN

Hoe minder bodemleven, hoe vatbaarder een bodem is voor opportunistische ziekteverwekkers. Dat is een gegeven waar boeren in de Bollenstreek mee te maken hebben. Zij gebruiken sinds kort niet alleen pesticiden als strategie tegen schadelijke aaltjes,

## ‘We kennen nog maar het topje van de ijsberg’

maar ze zetten hun bollenvelden ook eens in de zoveel tijd onder water, om de ziekteverwekkers te verdrinken. Bodemmicrobioloog Wietse de Boer: ‘Het nadeel daarvan is dat ook de gunstige bodemorganismen verdwijnen.’ Bijvoorbeeld de bacteriën en schimmels die voor een natuurlijke afweer zorgen, of die nutriënten beschikbaar maken voor de planten. ‘Na verloop van tijd herstelt de originele samenstelling van micro-organismen zich vanzelf en keert ook de natuurlijke afweer terug. De bodem heeft dus een zelfherstellend vermogen. Maar drie maanden na zo’n onderwaterzetting zijn die gunstige organismen vaak nog steeds niet teruggekeerd. Het zou mooi zijn als we dit proces kunnen versnellen, en de vestiging van opportunistische pathogenen zouden kunnen vertragen door gunstige organis- ➤





men in te brengen.' Dat gebeurt nu nog niet, maar volgens De Boer is dat een serieuze mogelijkheid.

Boeren gebruiken in feite al eeuwenlang 'ecologische' manieren om ziekteverwekkers tegen te gaan. Het bekendste voorbeeld is gewasrotatie: boeren telen niet ieder jaar hetzelfde gewas op hetzelfde land.

Ziekteverwekkers zijn namelijk vaak soortspecifiek, dus ze zullen uit de bodem verdwijnen als 'hun' gewas een tijdje niet op het land staat. Maar ook dat is niet zaligmakend, merkt De Boer op. Van asperges blijven er bijvoorbeeld na het rooien wortelstukken achter die wel twintig jaar in de bodem kunnen blijven zitten, met schadelijke schimmels en al. 'Naast gewasrotatie zijn er dan toch bestrijdingsmiddelen nodig om de pathogenen de baas te blijven', zegt De Boer. 'Tot nu toe gebeurt dat vooral chemisch, maar de EU-richtlijnen voor gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen worden steeds strenger. Daarom zoeken we naar alternatieven in de biologische hoek.'

Er zijn al microbiologische bestrijdingsmiddelen op de markt, zoals Mycostop, merkt hij op. Dat middel bevat een actinomyceet, een schimmelachtige bacterie, die antibiotica produceert waarmee pathogene schimmels worden onderdrukt. Het middel wordt bijvoorbeeld tijdens het verpotten aangebracht op de wortels van jonge komkommer-, tomaat- en paprikaplantjes. De Boer:

## 'De crux is dat organismen in onderlinge samenhang een effect hebben'

'Maar op de langere termijn werken zulke producten vaak niet goed. Die ingebrachte micro-organismen kunnen zich blijkbaar onvoldoende handhaven in het ondergrondse strijdperk.'

Volgens hem is er een kansrijkere benadering: het stimuleren van gunstige micro-organismen die al in de bodem zitten. 'Dat kan bijvoorbeeld door heel specifieke bemesting', zegt hij. 'Daardoor is het mogelijk een soort natuurlijk schild te creëren van gunstige bacteriën en schimmels rond de wortels van de gewassen.' Dit principe is onlangs succesvol uitgetest door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, onderdeel van Wageningen UR in Lelystad, vertelt de onderzoeker. Bemesting met gemalen garnalenafval, waar veel chitine in zit, bleek bijvoorbeeld bacteriën te stimuleren die chitine afbreken. Chitine is ook een bestanddeel van veel schadelijke schimmels. En het werkte: de pathogene bodemschimmel *Verticillium* werd door de chitinemest

onderdrukt. 'Maar ook deze aanpak moet eerst nog verder worden onderzocht voor die in de praktijk kan worden toegepast', zegt De Boer.

Ook Van der Putten noemt nieuwe manieren van biologische bestrijding. Zijn eigen onderzoek heeft bijvoorbeeld onlangs laten zien dat het volvelds telen van wilgenscheyten gunstig is voor de groei van tarwe in het jaar erop. 'Waar hem dat precies in zit, is nog niet helemaal duidelijk', zegt hij. 'Misschien heeft het te maken met het salicylzuur dat wilgen uitscheiden. Dat onderdrukt bepaalde pathogenen, en zorgt juist voor meer wormen, goede aaltjes, springstaarten en bacteriën.'

### MINDER LUIZEN

Soms blijken er onverwachte relaties te bestaan tussen wat er onder- en bovengronds gebeurt. Ook daar kan de landbouw in de toekomst op inspelen, vermoedt Van der Putten. Op grassen die worden aange-





vreten door bodemaaltjes, blijken bijvoorbeeld minder luizen te leven dan op gezonde grassen. Dat komt doordat de beschadigde planten minder van een bepaald aminozuur aanmaken dat essentieel is voor bladluizen. Opmerkelijk genoeg zijn die weinige luizen wel groter dan hun soortgenoten op grassen zonder aaltjes, doordat ze minder last hebben van onderlinge concurrentie. Die grotere luizen zijn op hun beurt betere prooien voor sluipwespen, die daarom aangevreten planten vaker bezoeken en zo de plant beter luizenvrij houden. 'In dit geval vergroten aaltjes dus de verdedigingscapaciteit van planten tegen luizen op twee manieren, namelijk via de stoffen in de plant zelf, en via het aantrekken van de natuurlijke vijanden van de luizen. Maar deze verdediging wordt verbroken als alle aaltjes worden weggespoten', zegt Van der Putten.

Ook Wietse de Boer noemt een verrassende nieuwe bevinding: micro-organismen beïnvloeden elkaar op afstand, door het produceren van bepaalde vluchtige stoffen. 'Die vluchtige stoffen gebruiken ze in hun onderlinge concurrentiestrijd', vertelt hij. 'Zo onderdrukken ze elkaar en dus ook

ziekteverwekkers. De volgende stap is na te gaan voor welke vluchtige stoffen bepaalde pathogenen vooral gevoelig zijn, om vervolgens de micro-organismen die deze vluchtige stoffen produceren, te stimuleren.' Dat laatste is nu nog toekomstmuziek. Maar andere nieuwe bodemkennis wordt al wel toegepast in de praktijk. Bijvoorbeeld in het kader van de vergroening van het Europese landbouwbeleid: boeren moeten stikstofbindende planten inzaaien, en planten die schadelijke aaltjes weglukken bij het hoofdgewas. 'Daarvoor zijn we nu op zoek naar multifunctionele gewassen', aldus Van der Putten, 'die gunstige effecten hebben op meerdere vlakken: nutriëntenbeschikbaarheid, bodemstructuur, plantenafweer en plaagonderdrukking.'

### SOORTEN WEGHALEN

De bodem, zo concluderen beide experts, is één grote black box waarin honderden biologische én abiologische factoren samen bepalen hoe goed planten groeien. Hoe haal je die factoren uit elkaar? 'Je kunt individuele soorten natuurlijk isoleren en in het lab bestuderen', zegt Van der Putten, 'maar

de crux is nu juist dat ze vaak in onderlinge samenhang een bepaald effect hebben. Wat we daarom ook wel doen, is soorten juist selectief weghalen, of proberen in te delen in functionele groepen. Zo proberen we uit die grote kluwen toch wat factoren te isoleren.' Dat is ook de benadering die Jan-Willem van Groenigen kiest bij zijn regenwormenonderzoek. Hij bestudeert potten grond met daarin niet alleen wormen, maar ook honderden springstaarten, mijten en andere organismen. Systematisch bouwen de onderzoekers hun proeven op, van een simpele verzameling beestjes naar een steeds ingewikkelder ecosysteem. Ze sluiten vervolgens beurtelings bepaalde soorten uit om te kijken wat er dan verandert. 'Een enorme logistieke uitdaging', zegt Van Groenigen. 'We meten daarbij de emissie van gassen, maar maken ook 3D-plaatjes met röntgentomografie om te kijken hoe die wormen de bodemstructuur veranderen. Uiteindelijk kunnen we daardoor modelleren hoe gassen door de bodem diffunderen, onder verschillende omstandigheden.' ■

[www.wageningenur.nl/jaar-van-de-bodem](http://www.wageningenur.nl/jaar-van-de-bodem)

