

.....
Dit is het zesde artikel in een serie over
zeventig jaar ecologisch onderzoek van
het NIOO. In elke aflevering staat een
andere onderzoekslijn centraal.
www.nioo.knaw.nl/nl/70
.....



De diergemeenschap in een bodemonster (boven) is na 'opspoelen' te bekijken onder de microscoop (links). Dan zie je bijvoorbeeld springstaarten en insectenlarven.

De ecologie van de bodem gaat diep

70 jaar ecologisch onderzoek

De bodem was lang het domein van de chemie en de fysica. Pas veertig jaar geleden kwam daar verandering in. Toen ontstond er ook aandacht voor de biologie en ecologie van bodems. Inmiddels is de bodem een groot en onmisbaar onderzoeksveld. Het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) legt alweer een aantal decennia de rol van het bodemleven voor een gezond onder- én bovengronds ecosysteem bloot. Het bodemleven draagt ook bij aan natuurherstel, bijvoorbeeld via bodemtransplantatie en het aanpakken van woekerende planten.

tekst Wim van der Putten & Froukje Rienks (NIOO-KNAW)

> De essentiële rol van het bodemleven voor de gezondheid van de bodem is tegenwoordig algemeen bekend. Maar tot midden jaren 80 van de vorige eeuw draaide het bodemonderzoek vooral om chemische en fysische factoren en het toepassen van die kennis voor de landbouw. Het onderzoek dat er naar bodemleven was, ging meestal over ziekten en plagen en over biologische stikstofbinding. Met het Speerpuntprogramma Bodembioogie van 1985 kreeg het biologische en ecologische bodemonderzoek een boost.

Helmgras en aaltjes

Bij het Instituut voor Oecologisch Onderzoek (IOO) in Heteren, één van de voorlopers van het huidige NIOO, werd rond 1985 de afdeling Bodembioologie



foto Perro de Jong, NIOO-KNAW

Met Oostenbrink-trechters kun je aaltjes verzamelen. Grondmonsters worden vanaf de bovenkant in de trechters gespoeld. Door van onderaf water in te spuiten, worden de lichtere aaltjes van de zwaardere gronddeeltjes gescheiden. De trechters zijn decennia geleden ontwikkeld in Wageningen en via Oostvoorne en Heteren meeverhuisd naar het onderzoekcomplex van het NIOO in Wageningen, waar nog steeds in gebruik zijn.

opgericht. Ook bij het onderzoekscentrum Weevers' Duin van het IOO (1957-1990) werkten onderzoekers aan de ecologie van de bodem, vooral in de duinen van Voorne. Hier keken ze in eerste instantie naar stikstofbinding bij elzen en duindoorn en later ook naar bodemziekten bij helmgras, en mycorrhizaschimmels bij weegbree. Het bleek onder meer dat ziekteverwekkende schimmels en plantparasitaire aaltjes een rol speelden bij het al dan niet aanslaan van aangepast helmgras op zeewerende duinen. Het is een bekend fenomeen dat helmgras goed

groeit als de planten jaarlijks worden overstoven met zand dat door de wind van het strand naar de duinen wordt geblazen. Onderzoek wees uit dat vers zand de plant in staat stelt te ontsnappen aan ziekteverwekkende schimmels en aaltjes. Plantensoorten die helmgras van nature opvolgen, zoals duinzwenkgras en zandzegge, bleken beter bestand te zijn tegen de bodemziekten van helmgras, maar vervolgens zelf ook weer eigen bodemziekten te ontwikkelen. Zo werd duidelijk hoe in de natuur bodemziekten effect hebben op vegetatiesuccessie.

Bodembewoners en hun functies

Voor het begrijpen van de functies van het bodemleven is het belangrijk om breed te kijken en de rol van het hele 'team bodem' mee te nemen. Dus ook die van springstaarten, mijten, insectenlarven, pissebedden, potwormen en aaltjes bijvoorbeeld. Ze reguleren andere soortgroepen door ze op te eten of door dode plantenresten om

te zetten in opneembare voedingsstoffen. Onder de micro-organismen bevinden zich vele soorten schimmels en eencelligen zoals protozoën en bacteriën. Een deel van het bodemleven is actief als ziekteverwekker, grazer of symbiont (samenwerker). Ze zijn allemaal belangrijk, ook de grazers en de bodemziekten. Want als alle planten ongebreideld zouden kunnen groeien, zou de natuur maar uit een beperkt aantal plantensoorten bestaan; vooral de snelste en meest concurrentiekrachtige groeiers. Dankzij het bodemleven is er ook ruimte voor langzaam groeiende plantensoorten, en dat zijn juist de soorten die de soortenrijkdom in de natuur verhogen.

Planken Wambuis

Planken Wambuis is niet alleen een schitterend natuur- en recreatiegebied van Natuurmonumenten op de Veluwe. Sinds 1996 is het ook een bijzonder openluchtlaboratorium waar het NIOO, en tegenwoordig ook andere onderzoeksinstellingen,



foto Perro de Jong, NIOO-KNAW

Wim van der Putten sluit zijn lange carrière in de bodemecologie in juni af.



foto Freddy ten Hooven, NIOO-KNAW

Al bijna dertig jaar oogsten NIOO-onderzoekers in september de planten op het Veluwe CLUE-veld bij de Mossel op een oppervlak iets groter dan een voetbalveld. Samen met de bodemonsters heeft dit veel kennis opgeleverd. Ook over het leven in de natuur rondom het proefveld. Zo hebben zich Rode-lijstplanten als knolsteenbreek en borstelkrans gevestigd en kwamen er zeldzame heidevlinders, loopkevers en sluipwespen langs. Die laatste waren zelfs al vele decennia nergens anders waargenomen.



foto Froukje Rients, NIOO-KNAW

In 2016 is een nieuw onderzoek toegevoegd met bodemtransplantatie. Hierbij is geëxperimenteerd met dunne laagjes (levende) bodem uit verschillende typen donor-natuurgebieden.



foto Judith Sifers, NIOO-KNAW

De nieuwste experimenten op de Mossel gaan over de impact van begrazing en voedingsstoffen zoals stikstof op graslanden. Daarom staan er op bepaalde plekken exclusies om grazers te weren. De Mossel is het Nederlandse onderdeel van het wereldwijde Nutrient Network (NutNet) met meer dan 130 locaties.

Bodemleven: astronomische aantallen

Onder een vierkante meter grasland of bosbodem kunnen zo'n vijf- tot tienduizend soorten bodemorganismen voorkomen. Het totale aantal individuen ligt nog veel hoger. De meeste zijn een micro-organisme. In een gram grond – ongeveer een theelepel vol – zitten meer dan een miljard bacteriecellen en honderd meter aan schimmeldraden. De gezamenlijke activiteit van deze micro-organismen is enorm. Jaarlijks zetten ze in een bodem ter grootte van een voetbalveld meer dan een grote vrachtwagen organische stof om. De voedingsstoffen daaruit, denk aan stikstof en fosfaat, komen ter beschikking voor de planten. Ziekteverwekkende micro-organismen beslaan maar een klein deel, maar bepalen wel de soortendiversiteit en ook de snelheid waarmee vegetaties veranderen. Dat komt doordat ze de groei van concurrentiekrachtige plantensoorten afremmen.

stellingen, onderzoek doen naar de rol en de ontwikkeling van het bodemleven in de natuur. De onderzoeksvelden van het NIOO liggen bij de voormalige landbouwenclave De Mossel. Daar en ook elders op Planken Wambuis liggen uit productie genomen akkers. Doordat die akkers in uiteenlopende jaren teruggegeven zijn aan de natuur, zijn ze een soort tijdmachine. Op een dertigtal velden kunnen we het vegetatieverloop tot bijna een halve eeuw terug volgen. Door de bodem te bemonsteren volgt het NIOO ook de veranderingen in het bodemleven. De Mossel is een ideale locatie gebleken om na te gaan hoe we natuurherstel kunnen bevorderen. De experimenten gingen van start onder de vlag van het door de Europese Unie gefinancierde internationale onderzoeksproject CLUE (Changing land use: enhancement of biodiversity and ecosystem functioning) om in een aantal landen de ontwikkeling van de biodiversiteit op voormalige landbouwgronden te volgen. In de Nederlandse proefvakken van het CLUE-proefveld werd de ontwikkeling van de vegetatie versneld door wilde planten in te zaaien die op natuurlijke wijze deze plek pas na jaren zouden bereiken. Ook is op het proefveld bodemtransplantatie uitgetest. Daarbij wordt een dunne laag grond inclusief bodemorganismen van een nabijgelegen ouder donornatuurgebied uitgestrooid. Zo'n zelfde proefveld is aangelegd bij Lund (Zweden), Reading (Verenigd Koninkrijk), Ceske Budejovice (Tsjechië) en Salamanca (Spanje), maar die proeven zijn na enige tijd gestopt. Alléén het Nederlandse CLUE-proefveld bestaat nog, doordat het in 1998 na afloop van het Europese project in stand gehouden is. Het proefveld dient als inspiratie voor nieuwe generaties onderzoeksprojecten.



foto Freddy ten Hooven, NIOO-KNAW

Afdeling Terrestrische Ecologie van het NIOO gebruikt de grondboor niet alleen op de Veluwe maar overal in het land. Onderzoekers kijken ook naar de bodembiodiversiteit onder agrarisch grasland en vergelijken dat met de proefopstelling van het IJkcenrum voor de Bodem.

Bodemtransplantatie

Ons onderzoek op Planken Wambuis heeft duidelijk gemaakt dat er een direct verband bestaat tussen natuurherstel en de bodem. Een typische landbouwbodemgemeenschap bestaat uit relatief veel bacteriën, weinig schimmels en veel plantenetende aaltjes. Onder natuurlijk grasland komen juist relatief veel schimmels voor. Een belangrijke vraag die we ons de afgelopen jaren hebben gesteld is of en hoe we de bodem en bodemgemeenschap zo kunnen veranderen dat de natuur op voormalige landbouwgronden zich sneller kan ontwikkelen. Een van de methoden die succesvol blijkt te zijn, is het transplanteren van bodem uit een goed ontwikkeld natuurgebied naar een nieuw te ontwikkelen natuurgebied. Het kleinschalige experiment op het CLUE-proefveld wees uit dat een beetje grond van het natuurgebied Mosselse Veld, een paar kilometer verderop, de vegetatieontwikkeling op de voormalige landbouwgrond bevorderde. Het duurde zo'n zeven jaar voordat het effect zichtbaar werd. Ook de samenstelling van de aaltjes in de bodem veranderde. Bodemtransplantatie is dus wel een proces dat een lange adem vergt.

Geschied na afgraven

Bij het opschalen van de bodemtransplantatie door Natuurmonumenten op het voormalige landbouwperceel Reijerscamp bleek dat de effecten van bodemtransplantatie sneller zichtbaar worden als eerst de toplaag van de bodem wordt afgegraven. Verwijdering van de toplaag is een veelvoorkomende maatregel. Omdat het fosfaatgehalte van landbouwbodems vaak extreem hoog is, belemmert dat een goede natuurontwikkeling. Vaak blijft er na verwijdering van de toplaag

een vlakte met wit zand over waar niets in kan groeien. Zo'n bodem zonder bodemgemeenschap is heel geschikt voor bodemtransplantatie. Op Reijerscamp is in 2006 op vijf locaties van elk ongeveer vijf hectare groot, de toplaag verwijderd. Vervolgens is op een dertig jaar oud heischraal grasland en een heideveld grond met bodemorganismen en zaden verzameld. De grond van beide bodems is met een mestverspreider uitgestrooid op de afgegraven stukken land. Op de vijf locaties is ook maaisel van de beide vegetatietypen verspreid om zaden van de gewenste plantensoorten te introduceren. De transplantaties zijn ook uitgevoerd op stukken waar geen grond is afgegraven. De resultaten waren verbluffend, vooral op de afgegraven stukken waar bodemtransplantatie is toegepast. Binnen vijf tot acht jaar na de aanleg was er een mooie heidegemeenschap en zelfs ook een heideschrale graslandvegetatie ontstaan, terwijl de afgegraven grond zonder transplantatie er nog als een woestijnlandschap uitzag. Op de niet afgegraven stukken werkten de transplantaties minder goed. Het grootschalig opgezette onderzoek vormt nu een goed alternatief voor de gangbare, maar vaak onsuccesvolle methode om natuur op voormalige landbouwgronden te herstellen.

Jacobskruiskruid

Op verlaten akkers op de Veluwe kan jacobskruiskruid flink groeien. Hoewel de zomerse geel gekleurde landschappen mooi zijn om te zien, baart de giftigheid van de plant voor vee ook zorgen. Te allen tijde moet worden voorkomen dat de plant in hooi terechtkomt. Om de natuurlijke ontwikkeling van jacobskruiskruid te volgen, hebben we op proefvelden en in de tijdreeks van uit productie genomen akkers de dynamiek van jacobskruis-



Foto's Jasper Wub, NIOO-KNAW

Zes jaar na het afgraven van de toplaag van de bodem van het voormalige landbouwperceel Reijerscamp is het resultaat van bodemtransplantatie al goed zichtbaar. Boven: een veldje waar geen dun laagje bodem met bodemleven uit een donorheidegebied over de kale grond is verspreid. Inzet: een veldje waar dat wel is gebeurd. Meer over de methode: bodemtransplantatie.nl.

kruid onderzocht in relatie tot het bodemleven en de bovengrondse natuurlijke vijanden. Zo'n vijf jaar na vestiging verminderde de bedekking van het kruid sterk. De planten die er nog groeiden, waren bovendien een stuk kleiner dan die op de meest recent uit productie genomen akkers: meestal zo'n 30 centimeter in plaats van anderhalve meter. Een kasexperiment wees uit dat zich in de bodem schimmels ontwikkelen die de groei van het jacobskruiskruid remmen. De pionierplant lijkt dus z'n eigen bodembelagers aan te trekken, precies wat ook gebeurt op akkers waar te vaak hetzelfde gewas wordt verbouwd. In de natuur bouwt iedere individuele plant een unieke bodemgemeenschap op rondom de eigen wortels. Via hun invloed op bodemorganismen beïnvloeden planten ook elkaar. Planten kunnen zo hun buurplanten helpen maar ook juist wegpesten. De bodemgemeenschap 'onthoudt' dat, zelfs nadat de oorspronkelijke plant verdwenen is.

Invasieve exoten

In het Planken Wambuisgebied komen ook plantensoorten voor die niet van nature uit Nederland afkomstig zijn. Dergelijke al dan niet invasieve exoten vormen een probleem voor de beheerder: moeten ze worden verwijderd om woekeren te voorkomen of kunnen ze inburgeren en zich als 'normale inheemse soorten' gaan gedragen? Guldenroede en Amerikaanse vogelkers uit Noord-Amerika zijn duidelijk aanwezig, terwijl ook bezemkruiskruidplanten uit Zuid-Afrika zijn waargenomen. Onder Nederlandse Amerikaanse vogelkers bleek geen bodemziekte voor te komen die zaailingsterfte veroorzaakt zoals in Noord-Amerika wel het geval is. In Nederlandse bossen komt wel *Pythium* (een oömyceet, dus geen echte schimmel) voor, maar die is niet zo dodelijk voor Amerikaanse vogelkers als bepaalde Amerikaanse *Pythiums*. Blijkbaar is tijdens de introductie van de Amerikaanse vogelkers in Nederland geen ziek-

teverwekker meegekomen. Hierdoor begrijpen we beter waarom de Amerikaanse vogelkers zo kan woekeren: de planten hebben hier geen tot weinig natuurlijke vijanden die normaal gesproken de aantallen onderdrukken.

Het zou handig zijn om snel te kunnen vaststellen waar in het landschap inheemse ziekteverwekkers invasieve exoten gaan aanvallen. Planten kunnen reageren op veranderingen in de samenstelling van bodemorganismen via de chemische samenstelling van hun blad. Dat valt te meten via de reflectie van het zonlicht. Planten reflecteren een deel van het zonlicht en een andere chemische samenstelling van het blad geeft een ander reflectiepatroon. Je zou met vliegtuigen of satellieten via de reflectiepatronen van de vegetatie kunnen aflezen waar in het landschap exoten worden belaagd door bodemziekten. Deze techniek is inmiddels onderzocht voor jacobskruiskruid en zou nu ook op 'echte exoten' kunnen worden toegepast.

Netwerken in de bodem

Een ander interessant resultaat van het onderzoek op de verlaten akkers van Planken Wambuis is dat het bodemleven zich na verloop van tijd ontwikkelt tot een dicht netwerk. Het gevolg is dat de voedingsstoffen door het bodemleven lijken te worden gemonopoliseerd, terwijl de planten er minder goed bijkomen. Daardoor ontstaat er op den duur een vegetatie van langzaam groeiende plantensoorten, die speciale manieren hebben om voedingsstoffen aan het bodemleven te ontfutselen. Ze hebben bijvoorbeeld mycorrhizaschimmels, die fosfaat leveren in ruil voor suikers die de schimmels nodig hebben om te groeien.

Dit inzicht is bijzonder. In het verleden is nooit goed uitgezocht waardoor de bodem verschaalt. Gedacht werd dat alleen door maaien en afvoeren van het maaisel voedingsstoffen verdwijnen, maar Planken Wambuis wordt begraaasd zonder dat voedingsstoffen worden afgevoerd. Het raadsel is nu opgelost: het bodemleven houdt de voedingsstoffen vast en geeft ze niet terug aan de planten. Dit toont des te meer de veelzijdigheid aan mechanismen waarmee het bodemleven de vegetatie-ontwikkeling kan sturen. En uit dit inzicht kunnen weer nieuwe toepassingen voor het natuurbeheer voortvloeien.<

w.vanderputten@nioo.knaw.nl

Meer lezen:

- 'De opkomst van bodemecologie in Nederland' van Wim van der Putten, november 2022, *Vakblad* #189
- 'Het belang van de lange termijn', Froukje Rienks & Geert de Snoo, juni 2024, *Vakblad* #206