

DE MAGISCHE WERELD VAN SCHIMMELS

MARJOLEIN DE JONG 13 DECEMBER 2021

[WETENSCHAPNIEUWS](#)

Hoogleraar evolutiebiologie Toby Kiers ontdekte dat er onder onze voeten een schimmelnetwerk bestaat dat verdacht veel weg heeft van een markteconomie én helpt bij de strijd tegen klimaatverandering.

Wat weten de meeste mensen niet over schimmels?

„Mensen denken dat schimmels vies zijn, of kennen vooral de paddenstoelen die we in het bos zien. Die paddenstoelen zijn eigenlijk de handtasjes van de ondergrondse schimmels. Onder de grond is waar ze echt leven. Bijna 50 procent van de ondergrondse levende biomassa kan bestaan uit schimmelnetwerken. Deze netwerken bestaan al 450 miljoen jaar.”

„Planten en schimmels werken samen om genoeg voeding te krijgen. Elke plant heeft verschillende schimmels om zich heen verzameld en elke schimmel een aantal planten. We hebben ontdekt dat ze onderling voedingsstoffen uitwisselen. Zo'n netwerk lijkt in die zin net op een economische markt waarin partners onderling diensten ruilen.”

Recentelijk ontving u een fonds van 3,5 miljoen euro van de Engelse filantroop, Jeremy Grant. Wat bent u daarmee van plan?

„We hebben veel geld nodig om de ondergrondse netwerken in kaart te brengen. Het is niet alleen een kwestie van monsters over de hele wereld verzamelen en deze mee terugnemen naar de VU. We bouwen capaciteiten in de landen waar het om gaat. Daar waar de monsters genomen worden, vindt de wetenschap plaats. De landen behouden daardoor soevereiniteit over de kennis en kunnen daarnaast met lokale bedrijven samenwerken. Niet-koloniale wetenschap kost nu eenmaal meer geld en tijd.”

„Zo'n fonds als dat van Jeremy is fantastisch. Het geeft aan dat ook particulieren genoeg in de wetenschap geloven en vinden dat schimmels het waard zijn om net als oceanen en vegetatie in kaart te worden gebracht. Veel filantropische fondsen willen snel resultaat zien. De organisatie van Jeremy staat open voor een langetermijnvisie.”

Waarom denkt u dat het onderwerp nu zo resoneert?

„Ik denk dat veel mensen het magisch vinden, een wereld die we niet kennen of kunnen zien. Wetenschappers werken hier al tientallen jaren aan, maar het werk is veelal onbeschikbaar gebleven voor het grote publiek. Het is voor mensen een wake-up moment dat wat je ziet bovengronds gelinkt is aan wat er ondergronds gebeurt op het gebied van voedseluitwisseling. Ook speelt de link naar klimaatverandering mee. Schimmels zijn in staat koolstof op te slaan: een klimaatoplossing waar wij niets voor hoeven te doen. Op de schimmels niet vernietigen na dan.”



Hoe legde u de link tussen de schimmels en de markteconomie?

„Dat schimmels discrimineren en meer voeding sturen naar de wortels die ze van meer koolstof voorzien, lijkt op een economisch systeem. Hoe meer je voorziet, hoe meer je er voor terugkrijgt. In de afgelopen tien jaar hebben we schimmelhandelstrategieën in kaart gebracht. We zagen dat ze niet alleen discrimineren tussen goede en slechte planten, maar ook bijzondere manieren hebben om fosfor te vervoeren naar plekken waar ze meer krijgen van de planten. Best vernuftig. En neem de orchidee, die vooral neemt, maar niets teruggeeft. Ook in de markteconomie heb je zulke parasieten er tussen zitten.“

Wat kunnen we praktisch gezien met de kennis over de schimmelwereld?

„We kunnen de schimmelnetwerken gebruiken om een circulaire economie te maken in agrarische velden. Schimmelnetwerken kunnen van 80 procent van de benodigde fosfor aan de plant voorzien. Als je een goedwerkend schimmelnetwerk hebt dan nemen de planten niet alleen meer voeding op, maar hoef je als boer ook geen voeding bij te geven. En de schimmelnetwerken voorkomen dat de voeding niet in het grondwater terechtkomt.“

Haalt u verklaringen uit schimmels voor persoonlijke uitdagingen?

„Haha, de schimmels zijn echte kapitalisten, waar ik meer van het socialisme houd. Maar ik haal zeker inspiratie uit de netwerken. Wanneer je naar een illustratie van een schimmelnetwerk kijkt, valt op hoe verbonden ze zijn. Hoe er steeds weer nieuwe rivieren gevormd worden en andere weer samenkomen. Het is magisch om te zien hoe die netwerken als rivieren voedingsstoffen vervoeren. Dat proces zie ik terug in het leven. Er zijn nog zoveel meer briljante onderzoekers wiens werk niet altijd bij het grote publiek komt. Met SPUN (redactie: Society for the Protection of Underground Networks) wil ik een netwerk creëren zodat ook deze onderzoekers hun onderzoek kunnen uiten.“

Hoe raakte u gefascineerd door de wereld van de schimmels?

„Toen ik nog in Amerika studeerde, kreeg ik de ingeving dat als ik bioloog wilde worden, ik het veld in moest. Ik won een beurs en ging naar Panama om daar met fantastische biologen samen te werken. Zij leerden me alles over de Tropen, maar

alleen over de bovengrondse natuur. In die diverse tropische omgeving zag ik gigantische wortels en ik dacht: ik ben benieuwd hoe het er onder de grond uitziet. Zo is het zaadje geplant voor het onderzoek voor mijn PhD."

Bron VU magazine <https://vumagazine.nl/de-magische-wereld-van-schimmels>

NRC <https://www.nrc.nl/nieuws/2023/02/03/toby-kiers-kijkt-het-liefst-omlaag-want-daar-bevindt-zich-het-schimmelrijk-2-a4155913?t=1708432065>

Eind 2022 liep Toby Kiers (1976), hoogleraar evolutie aan de Vrije Universiteit Amsterdam, in stijfbevoren kleren over een eilandje midden in de Stille Oceaan, onderdeel van het atol Palmyra. Een plek die zo afgelegen is dat er slechts eens in de drie weken een vliegtuig landt.

Het atol ligt vlak bij de evenaar, de gemiddelde temperatuur komt er jaarrond niet onder de 27 graden Celsius. Het was dan ook niet de buitenlucht die de kleren van Kiers had bevroren: ze kwamen rechtstreeks uit de vriezer. „De eilandengroep is zó kwetsbaar en afgelegen dat er extra strenge biosecurity-maatregelen worden toegepast. Alles moet ontsmet en ijskoud worden bewaard, zodat organismen van buiten het atol geen voet aan de grond krijgen.” Vanwege die strenge regels zijn er maar weinig wetenschappers welkom; Kiers was er op uitnodiging van de Nature Conservancy, een Amerikaanse natuurbeschermingsorganisatie.

Niet te veel omhoog kijken, anders kan er een bloedzuiger op je oog landen

Het Palmyra Atoll bestaat uit tientallen eilanden met een bijzondere mix van koraalbrokstukken, veen en tropisch regenwoud. „Als je onder de bomen doorloopt krijg je te horen dat je niet te veel omhoog moet kijken, anders kan er een bloedzuiger op je oog landen.”

Maar de blik van Kiers was sowieso naar beneden gericht. Als cartograaf van de ondergrond lag dáár haar werkterrein. „De tropische bomen op het atol bieden een thuisbasis voor vogels, en hun vogelpoep vormt voeding voor de koraalriffen in de oceaan. Daarnaast is er nóg een essentiële schakel in het

ecosysteem: het ondergrondse netwerk dat ervoor zorgt dat de bomen voldoende voedsel hebben. Daarover is op Palmyra nog vrijwel niets bekend, en het was onze taak om het netwerk te bemonsteren, om te zien welke rol het precies speelt in het geheel.”

The network – Kiers zegt het haast liefkozend. De wetenschappelijke term voor het netwerk is mycelium, oftewel: het geheel van ragfijne schimmeldraden dat overal ter wereld door de bodem loopt en wordt gevormd door zogeheten mycorrhizaschimmels. Lang lag het mycelium buiten het blikveld van wetenschappers, net als de rest van het schimmelrijk. Tot eind jaren zestig werden schimmels door biologen zelfs gewoon nog bij de planten ingedeeld.

Wortels van de *Pisonia grandis* boom op Palmyra, het meest afgelegen eiland op aarde. Foto's SPUN.earth
In Lesotho heb je bijvoorbeeld een heel bijzonder ecosysteem van hooggelegen wetlands

Pas de laatste decennia begonnen wetenschappers langzaam de complexiteit van ondergrondse schimmeldraden te ontrafelen. Ze ontdekten hoe de schimmels koolstof krijgen aangeleverd vanuit de boomwortels, en in ruil daarvoor stikstof en fosfor teruggeven: een mutualistische samenwerking, waarvan beide partijen profiteren. Zowel bij onderzoekers als het brede publiek groeide de interesse voor ondergrondse netwerken: *Verweven leven*, een boek over mycelium van de Britse mycoloog Merlin Sheldrake, werd een bestseller.

Ook Toby Kiers is een myceliumpionier. Afgelopen september [werd ze vermeld in de jaarlijkse TIME100 Next-lijst](#), een top-100 van 'opkomende leiders' in de wetenschap, de politiek en de kunst. In 2021 richtte ze de wetenschappelijke organisatie SPUN op, voluit de [Society for the Protection of Underground Networks](#), om het belang van mycorrhiza onder de aandacht te brengen én om de wereldwijde verspreiding van hun gemeenschappen in kaart te brengen. Nog altijd is onbekend hoeveel soorten er zijn, en

waar en in welke samenlevingsverbanden ze voorkomen, en dus probeert Kiers, als een hedendaagse ontdekkingsreiziger, de blanco plekken op de wereldkaart in te vullen. Van de voedselarme eilandatollen in de Stille Oceaan tot aan de Italiaanse Apennijnen, en van de uitgestrekte vlaktes in Patagonië tot aan de binnenlanden van Lesotho: overal waar onvoldoende informatie voorhanden is, neemt Kiers samen met lokale wetenschappers bodemmonsters.

Ik hield ervan om paddenstoelen te verzamelen toen ik klein was

„In Lesotho heb je bijvoorbeeld een heel bijzonder ecosysteem van hooggelegen wetlands, die niet alleen een belangrijk waterreservoir vormen maar ook als *carbon sink* kunnen dienen, dus als een natuurlijke koolstofopslaglocatie – mits ze goed worden beschermd. Toch is er over dat gebied op wetenschappelijk vlak nog weinig bekend, mede door de afgelegen ligging. Sommige plekken kun je alleen te paard bereiken, en zelfs in de zomer is het op die hoogte ijskoud. Maar het was zo'n voorrecht om daar met de plaatselijke biologen te mogen samenwerken.”

Het opgraven van myceliumnetwerken is „precisiewerk”, voegt Kiers toe. „Om die reden doen we het in eerste instantie samen met lokale wetenschappers. Maar het doel is om uiteindelijk overal *myconauten* op te leiden, myceliumexperts die de ondergrondse netwerken monitoren en de wereldkaart up-to-date houden met gegevens over schimmelbiodiversiteit en bodemgesteldheid. Met hulp van algoritmes en kunstmatige intelligentie proberen we de kaart nog gedetailleerder te maken, al laten we ook zien over welke plekken en parameters we nog te weinig gegevens hebben. Je te veel blindstaren op een kaart is gevaarlijk, omdat het altijd een benadering van de waarheid is.”

Kiers groeide op in de Amerikaanse staat Connecticut. „Ik hield ervan om paddenstoelen te verzamelen toen ik klein was, en ik haatte het om schoenen te dragen. Ik wilde de aarde tussen mijn tenen voelen.” Ze droomde ervan om bioloog te worden, het veld in te gaan. „En ik dacht: de beste

manier om dat te doen is zo snel mogelijk van school af te gaan.”

Op haar negentiende naar Panama

Dus terwijl leeftijdgenoten gingen studeren, vertrok zij op haar negentiende naar Panama, om daar als vrijwilliger aan de slag te gaan bij het veldstation van het Smithsonian Tropical Research Institute. „Ik werd onder de hoede genomen door de meest geweldige tropische biologen, die onderzoek deden aan bomen en klimplanten en vleermuizen en alles wat je maar kon bedenken, en tijdens het avondeten waren er uitgebreide discussies over alles om ons heen. Verkeerde vragen bestonden niet, je kon je door nieuwsgierigheid laten leiden. Dus op een avond wilde ik weten: wat is er ónder de grond allemaal gaande?”

Na een jaar veldonderzoek ging Kiers op aanmoediging van de biologen terug naar de universiteit om haar diploma te halen. In 2007 verhuisde ze naar Nederland en ontving ze van het NWO een zogeheten Veni-beurs. Later volgde een Vidi en afgelopen jaar kreeg ze, ook van het NWO, een Vici-beurs.

De jury van de TIME100 Next roemde Kiers onder meer vanwege [haar toepassing van economische theorieën om de handelsstrategie van schimmels te begrijpen](#). „Na mijn promotie was ik werk van de Franse econoom Thomas Piketty gaan lezen, en het viel me op hoe schimmels handig inspelen op de behoefte van planten. Ze gaan actief op zoek naar de plant die de meeste voedingsstoffen nodig heeft – op die plek wordt hun eigen onderhandelingspositie sterker – en sluiten dan gunstige deals. In de regel geldt: hoe meer stikstof en fosfor ze aanleveren, des te meer koolstof ze terugkrijgen. „Om die reden is het stikstofoverschot ook problematisch voor de mycorrhizavormers. Want hoe rijker de omgeving is aan stikstof, des te minder zijn planten afhankelijk van schimmels.”

Door voedingsstoffen met verschillend gekleurde nanodeeltjes (‘quantum dots’) te markeren, konden Kiers en

haar collega's zien hoe het transport door de schimmelnetswerken in detail verloopt. De plaats van handeling, het epicentrum van de *stock exchange*, zijn de plantenwortels. Sommige mycorrhizaschimmelsoorten dringen de wortels daadwerkelijk binnen, andere soorten omklemmen ze alleen, maar in beide gevallen vindt er uitwisseling plaats van voedingsstoffen. Kiers: „Je kunt mycorrhizaschimmels vergelijken met coöperaties. Ze handelen niet individueel maar groepsgewijs.”

Ragfijne schimmeldraden in de aarde. Foto Seth Carnil

Geen frivole accessoires

De genetica van schimmeldraden is uiterst complex, benadrukt ze. Sommige mycorrhiza kunnen zelfs twee verschillende typen celkernen hebben. Het lijkt erop dat een plant bij voorkeur onderhandelt met mycorrhiza die wél dezelfde genetische celkern hebben, oftewel: tot dezelfde co-op behoren. De mycorrhiza met afwijkende celkernen vormen dan een andere co-op, en onderhandelen met andere planten.

„Juist die samenwerkingen vind ik fascinerend om te zien. En stel je voor, die interacties zijn al zo'n 450 miljoen jaar aan de gang. Toen hielpen vroege mycorrhizavormen de vroege planten vermoedelijk om zich op land te vestigen, door gesteenten af te breken en de voedingsstoffen aan de planten te voeden.” Schimmels, wil ze maar zeggen, zijn geen frivole accessoires van planten - ze zijn essentieel voor hun overleving. „Ik vergelijk ze graag met levende algoritmes die ingewikkelde puzzels kunnen oplossen.”

Een van die puzzels waarbij de inventiviteit van myceliumnetwerken van pas kan komen is klimaatverandering. Vaak wordt bij CO₂-opslag gekeken naar landplanten en naar algen in de oceaan, maar schimmeldraden kunnen dienen als een enorme *carbon sink*. Uit onderzoek blijkt dat tot wel 70 procent van het in de bodem opgeslagen koolstof zich bevindt in

mycorrhizavormende paddenstoelen en de wortels waarmee ze samenwerken. Kiers: „Iedere meter die verloren gaat aan vertegeling, erosie, vervuiling en intensieve landbouw veroorzaakt een deuk in de klimaatregulerende gereedschapskist van de aarde.”

Natuurbeschermers hebben te veel een bovengrondse bias

Juist daarom is het belangrijk om te begrijpen hoe myceliumnetwerken reageren op klimaatverandering – bijvoorbeeld op extreme hitte en droogte. „In de zomer van 2022 deed ik veldwerk met collega’s in de Italiaanse Alpen en Apennijnen, waar toen de ergste droogte in zeventig jaar tijd plaatsvond. Confronterend, en tegelijkertijd een kans om uit te zoeken wat zulke omstandigheden met myceliumnetwerken doen. We hebben monsters genomen die we de komende tijd in het lab verder willen onderzoeken. Zo hopen we te achterhalen welke mycorrhizasoorten droogtebestendig zijn, en welke plantensoorten ermee samenleven. Uit recente onderzoeken lijkt steeds duidelijker naar voren te komen dat mycorrhizaschimmels ook water kunnen leveren aan plantenwortels, en het zou interessant zijn om met experimenten te achterhalen of dat echt zo is.”

De onderzoekers namen ook monsters in een gebied waar net een bosbrand was geweest, om ze te vergelijken met monsters uit nabijgelegen ongeschonden gebied. „Die willen we ook analyseren in het lab, om meer inzicht te krijgen in het effect van zulke branden op het mycelium.”

Op de recente VN-biodiversiteitsconferentie, afgelopen december in Montreal, was er maar mondjesmaat aandacht voor mycelium. „Het was dat ik op Palmyra zat, anders was ik zeker gegaan. Natuurbeschermers hebben te veel een bovengrondse bias. Beleidsmakers denken vaak dat de belangrijkste gebieden op aarde al beschermd worden. Maar bovengrondse biodiversiteitshotspots vallen lang niet altijd samen met ondergrondse biodiversiteitshotspots. In oktober nog stond er een groot artikel in *Nature* waaruit bleek dat naar schatting meer dan 70 procent van de biodiverse

bodemhotspots buiten het bereik van huidige beschermingsinitiatieven valt. Daarbij moet je bijvoorbeeld denken aan toendra's en boreale bossen, maar ook aan savannes en verwoestijnde gebieden.”

Toby Kiers verzamelt monsters in de Italiaanse Apennijnen. Foto Seth Carnil

Lezingen en excursies

Kiers is een groot pleitbezorger van de ondergrond. Ze schrijft opinieartikelen, geeft lezingen en organiseert excursies met de Society for the Protection of Underground Networks. „We hebben een sterkere stem nodig, moeten zichtbaarder worden om beleidsmakers te kunnen bereiken. Bij de meest recente klimaatmars waren we ook aanwezig in blauwe jumpsuits met ‘Protect the underground’ op onze rug, en kinderen die borden met ‘No fungi no future’ omhoog hielden. De jeugd is heel belangrijk.”

Zelf loopt Kiers nog altijd graag op blote voeten of – als er te veel bloedzuigers in de buurt zijn – op sandalen. „Ik houd ervan de connectie met de ondergrond te voelen. Al mijn zintuigen staan op scherp; als ik een bodemmonster neem kan ik het nooit laten om er ook aan te ruiken. Cosmo Sheldrake, de broer van Merlin, was met ons mee op veldwerk in Chili, en heeft microfoons in de bodem gehangen om te luisteren naar al het ondergrondse leven. Toen ik daar op mijn knieën zat met een koptelefoon op kreeg ik kippenvel. Alsof er een heel orkest aan het spelen was.”

Langzaamaan wordt de technologie ontwikkeld om de ondergrond beter in kaart te brengen, zegt Kiers. „Denk aan 3D-scanners, microsensoren... Mijn hoop is dat we de ondergrond net zo intensief gaan onderzoeken als de ruimte.”

Een versie van dit artikel verscheen ook in [de krant van 4 februari 2023](#).

DelenMail de redactie