



Laccaria-soorten die vruchtlichamen vormen op de plaats waar een buidelrat is ontbonden, Zuidereiland, Nieuw-Zeeland. Foto van Toshimitsu Fukiharu, 1997.

SCHIMMELS EN HET BOS TOSHIMITSU FUKIHARU

Het begin van de bossen:
het ontstaan van schimmels en planten

Ongeveer negenhonderd miljoen jaar geleden splitsten de voorouders van schimmels zich af van de voorouders van dieren, en zo begon het leven van de schimmels op aarde. Ze woonden in het water als parasieten van waterwezens en voedden zich door hun lichamen af te breken.

Vervolgens, zo'n vierhonderd miljoen jaar geleden, probeerden schimmels en planten hun wereld te vergroten en kwamen ze samen aan land. Voordat dat gebeurde was het land zo goed als kaal, er waren nog helemaal geen bossen. Toen ze aan land kwamen moesten de schimmels en planten leren omgaan met nieuwe uitdagingen, zoals zwaartekracht en droogte. Ze smeedden een verbond en bedachten een systeem die we 'mycorrhiza' noemen. Ze werden symbiotische organismen: versterkten hun wortels door water en voedingsstoffen uit de bodem te halen en hun draden uit te strekken in de grond. Ze kregen het vermogen om in een driedimensionale ruimte te groeien en te reiken naar de hemel.

De mycorrhiza-systemen transporteren het resultaat van fotosynthese (suikers) van de planten naar de schimmels. Voedingsstoffen (anorganische zouten) en water worden de andere richting op gestuurd, van de schimmels naar de planten. Ze zijn syntroof, wat betekent dat ze de ander voorzien van bestanddelen die de ander moeilijk kan verkrijgen. Zelfs nu nog hebben vrijwel alle planten die op het land leven mycorrhizae, waarmee ze de samenwerking voortzetten tussen planten en schimmels die vierhonderd miljoen jaar geleden begon. Men veronderstelt dat bijna al het water en alle anorganische zouten die planten ontvangen van de bodem, door schimmels worden doorgegeven. Planten hebben schimmels nodig om te overleven. Als wij mensen naar een bos kijken, dan zien we alleen de planten, maar we kijken eigenlijk naar symbiotische organismen die zijn gevormd door de samensmelting van planten en schimmels.

Nadat ze aan land kwamen, experimenteerden de symbionten van schimmels en planten met allerlei soorten mycorrhiza-systemen. Zoals ectomycorrhiza, waarbij hyfen worteltoppen omhullen als kousen, geweven van de fijnste schimmeldraden. Deze kousen beschermden de symbionten tegen kou en droogte, zodat ze nog koudere, drogere klimaten konden verkennen.

De families van symbiotische organismen die deze goed functionerende systemen ontwikkelden – zoals *Fagaceae* (de beukenfamilie), *Pinaceae* (de dennenfamilie) en *Betulaceae* (de berkenfamilie) – hebben gebouwd aan de meest succesvolle bossen ter wereld. Behalve in woestijngebieden domineren ectomycorrhizale families het bladerdak van Europa en de rest van het noordelijke halfrond. Toen deze bossen zich honderd tot tweehonderd miljoen jaar geleden uitbreidden, explodeerde het aantal ectomycorrhizale schimmelsoorten, dankzij hun symbiose met planten.

Deze bossen waren symbiotische entiteiten die bestonden uit schimmels en planten. Ze bedekten uiteindelijk elke uithoek van de aarde, waarbij nieuwe versies van mycorrhizae ontstonden en diverse vormen van plantaardig en schimmelleven.

De hyfen-netwerken die door deze symbiotische organismen werden gevormd, verspreidden zich door de bodem en verbonden op die manier planten die bovengronds misschien geïsoleerd lijken. Niet alleen sturen 'moederplanten' voedingsstoffen naar nieuwe uitlopers, planten communiceren ook met elkaar. De hyfen-netwerken, die ectomycorrhizale schimmels maken, zijn essentiële infrastructures om informatie en materialen uit te wisselen in bossen.

Schimmels hebben natuurlijk nog een andere cruciale functie: ze breken organische stoffen af die zijn geproduceerd door de fotosynthetische processen van entiteiten bestaande uit planten en schimmels. Alle dode bladeren en takken die zich ophopen op bosgrond, en alle omgevallen bomen, worden door schimmels teruggebracht naar de bodem.

Bossen hebben zich gevormd over een periode van duizenden jaren, en terwijl ze zich op aarde vestigden werden het omvangrijke organismen waarin talrijke schimmels en planten in symbiose leven die allemaal hun bijzondere vermogens optimaal kunnen gebruiken.

Het begin van ammoniakschimmels en coprofiele schimmels

Er kwamen dieren wonen in de bossen die schimmels en planten hadden gemaakt. Ze werden steeds wat groter, sommige groeiden zelfs uit tot reuzen, zoals dinosaurussen, en creëerden cycli van leven en dood in de bossen. Dit zorgde voor een aantal problemen.

Wanneer dierenlichamen ontbinden geven ze giftige ammoniak af aan de bodem. De ammoniak doodt bodemgebonden microben, waardoor er microbiotische afbraakgebieden ontstaan – scheuren in het organische weefsel van het bos. Om deze scheuren te repareren en deze gebieden te herstellen, creëerden bossen nieuwe schimmels. Deze schimmels noemen we ammoniakschimmels, een groep die bestaat uit saprobische en ectomycorrhizale schimmels. Ammoniakschimmels zijn gespecialiseerd in het snel koloniseren van plekken die vervuild zijn door ammoniak, waar andere schimmels juist uit de buurt blijven. Ze strekken hun hyfen uit en brengen de bodem weer in zijn oorspronkelijke staat terug, terwijl ze mycorrhiza-wortels regenereren. De ontheemde saprobische en ectomycorrhizale schimmels keren terug op het moment dat de bodem zich herstelt. Als de oorspronkelijke schimmelbewoners zijn teruggekeerd, trekken de ammoniakschimmels zich terug uit het grondoppervlak en wachten in de bodem tot er nieuwe afbraakgebieden ontstaan. Bossen creëren veel van zulke groepen schimmels en planten, die paraat staan om allerlei scheuren te repareren. In elk bos ter wereld wonen ammoniakschimmels die geschikt zijn voor verschillende bodemtypes, hoewel de soorten kunnen verschillen.

Uitwerpselen van dieren kunnen eveneens problemen veroorzaken omdat ze ammoniak afgeven tijdens het ontbinden. Maar uitwerpselen zijn ook een zegen. De organische materialen en stikstof in de uitwerpselen stimuleren microben tot een smulfeestijn. Er ontstonden coprofiele schimmels, die al gauw deze aantrekkelijke voedselbron domineerden. Coprofiele schimmels stoppen hun sporen in de planten die door dieren worden gegeten (ze hechten bijvoorbeeld hun sporen aan bladeren) en ontkiemen in het spijsverteringsstelsel van de dieren. Wanneer ze met de uitwerpselen van een dier tevoorschijn komen, beginnen ze meteen met hun taak om deze nuttige bron over te nemen en af te breken tot voedsel.

Uitwerpselen zijn meestal klein, zoals uitwerpselen van herten of konijnen. Schimmels houden van smulpartijen, maar ze smullen op schepen die elk moment kunnen zinken. Om die reden hebben coprofiele schimmels handige 'reddingsboten' ontwikkeld. Sommige soorten, zoals *Pilobolus* en *Sphaerobolus*, schieten sporenklontjes over lange afstanden. Andere, zoals inktzwammen, versnellen de productie van paddenstoelen (de organen die de sporen produceren). Elke soort coprofiele schimmel heeft zijn eigen oplossing voor de problemen die de uitwerpselen van dieren in het bos veroorzaken.

De paddenstoelen die mollentoiletten schoonmaken

Dit is wel een heel intrigerend voorbeeld van wat het bos zoal heeft gecreëerd. Er bestaat een schimmelsoort die in het Engels de 'rooting poison pie' (wortelende giftaart) wordt genoemd en zich heeft gespecialiseerd in het schoonmaken van de toiletten van mollen. In een Franse atlas uit de achttiende eeuw werden ze beschreven als *Hebeloma radicosum*. De naam betekent 'een met lange wortels toegeruste soort, verwant aan de Hebeloma', maar het duurde tweehonderd jaar voordat men de ware betekenis van deze naam goed begreep. Een mycoloog op een eiland in het Verre Oosten was nieuwsgierig geraakt naar de lange wortel van de paddenstoel en probeerde eronder te graven om te zien wat daar zat. Daar ontdekte hij een mollentoilet. De mycoloog bleef graven, op meer dan honderd van dergelijke plekken, en telkens trof hij een mollentoilet aan. Daarna werd dit curieuze fenomeen ook in andere landen waargenomen, en toen mensen gingen graven onder Zwitserse en Engelse paddenstoelen vonden ze daar eveneens mollentoiletten.

Mollen graven ondergrondse tunnels, op zoek naar plekken met een goede waterafvoer en genoeg insecten om te eten. Als ze een geschikte locatie hebben gevonden graven ze daaronder een ronde kamer, en met opgerolde bladeren als bed maken ze een comfortabel nest. Een mol wordt over het algemeen drie tot vijf jaar oud, maar sommige nesten worden door meerdere generaties gebruikt, waardoor een nest wel twintig jaar mee kan gaan. Dat was een andere

ontdekking die wetenschappers in het Oosten deden. Mollen houden van comfort, maar een lastig probleem voor hen is: waar laten ze hun uitwerpselen? Ze bouwen toiletten in de gangen rondom hun ronde nesten, en gebruiken een bepaalde plek voor een tijdje tot ze iets verderop een nieuwe plek kiezen. Daar zit wel een grens aan, en wat niet meehelpt is dat het ontbindingsproces op een ondergronds toilet moeizaam gaat. Hier blijkt *Hebeloma radicosum* uitkomst te bieden. Een ondergronds toilet maakt het voor een paddenstoel makkelijk om controle over de uitwerpselen van mollen te krijgen. En het voordeel voor de mollen is dat de schimmels de uitwerpselen wegnemen door ze te absorberen en boven de grond te brengen in de vorm van paddenstoelen. Deze ectomycorrhizale schimmels vormen ook een symbiose met beukenbomen, wat betekent dat de bomen in het bos de mollen ook meehelpen om alles netjes te houden. Mollen leven dus in het bos met hulp van deze specialisten in het schoonhouden van toiletten. De toiletten van mollen hebben maar weinig onderhoud nodig. Voor de toiletten die mensen gebruiken zijn riolen en waterzuiveringsinstallaties nodig. Zijn onze toiletten dan werkelijk zo geavanceerd te noemen, als je ze vergelijkt met die van mollen?

De relaties tussen planten, paddenstoelen en mollen in het bos geven ons inzicht in andere verbintenissen in het bos, anders dan de connecties die ammoniakschimmels of coprofiele schimmels aangaan. De mollentoiletten leren ons hoe bijzonder het bos als organisme in elkaar steekt, en hoe weinig mensen nog altijd weten over alle geheimen van het bos.

Alle dieren, planten en schimmels
worden geboren en sterven in het bos

De bossen die door schimmels en planten werden gevormd, trokken dieren aan en werden een plek voor hen waar ze geboren worden, groeien en sterven. De bossen werden plekken waar leven en dood de ruimte kregen. Ammoniakschimmels, coprofiele schimmels en *Hebeloma radicosum* vormen belangrijke onderdelen van het bossysteem. Mensen weten nog altijd erg weinig van het bos, maar als we het bos onze vragen voorleggen, dan zal het antwoorden op een manier die we misschien zullen begrijpen.

Het begin van de mensheid

Dieren kunnen niet leven zonder bossen, het voedsel dat bossen bieden, en zonder de levens en doden die ze herbergen. Daarom is het een taboe voor dieren om bossen te verslinden. Dieren kunnen de onderdelen van plantaardig leven – lignine en cellulose – niet zo goed verteren. En als dieren wél de bossen zouden opeten, dan zouden ze hun eigen thuis verslinden. Gedurende de lange geschiedenis van de aarde heeft geen dier ervoor gekozen de bossen op te eten.

Voor schimmels gold hetzelfde. Ze richtten zich op het eten van de doden: omgevallen bomen, oude bladeren en dode takken. Nooit wilden ze het levende bos opeten. (Sommige schimmels maken planten misschien ziek, maar er heeft zich nooit een schimmel aangediend die alle planten in het bos wilde verorberen.)

Maar één organisme in het bos heeft dit taboe doorbroken: de mens. De mens is slechts een van de vele soorten die zijn ontstaan in het bos, maar mensen verwoesten de cycli van leven en dood van het bos. We moeten schimmels en andere levende wezens de kans geven ons te leren over wat het betekent om de bossen te kennen, te begrijpen en van de bossen te leren als mede-organismen.

Toshimitsu Fukiharu is een mycoloog die de natuurlijke geschiedenis van paddenstoelen bestudeert, met een bijzondere focus op ammoniakschimmels die groeien op rottend organisch materiaal. Hij is de redacteur en auteur van *Mushroom Botanical Art*, een boek dat illustraties van paddenstoelen en schimmels uit de 18e en 19e eeuw toont.

Dit manifest is onderdeel van *FUNGI. Anarchistische ontwerpers*. Deze tentoonstelling, samengesteld door antropoloog Anna Tsing en architect-kunstenaar Feifei Zhou, presenteert schimmels als radicale ontwerpers in een wereld voorbij menselijke controle. Te zien in het Nieuwe Instituut van 21 november 2025 t/m 9 augustus 2026. Met bijdragen van het Cultuurfonds, Mondriaan Fonds, Graham Foundation en Iona Stichting.