



Schimmels

Ondergewaardeerd, maar onmisbaar

↑ De vermiljoenhoutzwam is ook een witrotter

Het belang van schimmels wordt waarschijnlijk grondig onderschat. Zelf ben ik elke keer verbaasd over wat ze kunnen en hoe ze zich gedragen. Daar kun je boeken mee vullen! Dit artikel is een introductie in hun wondere wereld.

AUTEUR EN FOTO'S MARC SIEPMAN

In september 2021 verscheen het door Marc vertaalde boek

Mycorrhizale schimmels en hun toepassingen van Jeff Lowenfels.

marcsiepman.nl

Verschillende soorten

Er zijn tot nu toe ongeveer honderdduizend soorten schimmels beschreven, maar er zijn er veel meer. Sommigen schatten dat er meer dan zeven miljoen soorten zijn. Eerlijk is eerlijk: we weten nog bijna niets over deze organismen.

Eencellige schimmels staan bekend als gisten. Deze kennen we van brood, bier en wijn en dergelijke. Ik behandel ze hier verder niet.

Wel ga ik het over filamenteuze schimmels hebben: deze vormen hyfen, beter bekend als schimmeldraden. We kennen ze vooral van de paddenstoelen en bedorven voedsel. Ze worden in verschillende functiegroepen ingedeeld, de bekendste zijn:

- mycorrhizale schimmels, die een symbiose aangaan met planten en bomen (zie hiervoor PM1, *Ondergronds gezwam*);
- saprotrofe schimmels, die dood materiaal eten;
- parasitaire schimmels, die levende organismen verteren.

Die indeling geeft de indruk dat er geen overlap is tussen de verschillende functiegroepen, maar die is er wel. Mycorrhizale schimmels zijn bijvoorbeeld zwak saprotroof en kunnen ook parasitair worden als de omstandigheden erom vragen. Het is onmogelijk om in algemene termen te spreken over schimmels, daarvoor is de diversiteit te groot. Ze kunnen enorm kwetsbaar zijn, maar ook ongelofelijk sterk. Ze kunnen klein zijn, maar ook gigantisch. Ze kunnen gevaarlijk zijn of ongelofelijk nuttig.

Ze zijn overal

Schimmels zijn te vinden in elk klimaat, in elk soort ecosysteem en op alle continenten. Schimmels maken ongeveer 2,5% van alle biomassa op Aarde uit. Dat lijkt niet veel, maar dat is 250 keer meer dan de biomassa van alle mensen samen. Schimmels leven, net als bacteriën, echt overal. Zelfs in je hersenen.

Geschiedenis

Bacteriën waren er eerst ...

Bacteriën zijn er mogelijk al ruim 4 miljard jaar en vormden voor zover bekend het eerste leven op Aarde. Toch is het niet uit te sluiten dat iets hen voor was; mitochondriën waren bijvoorbeeld ooit vrij levende organismen. Als je bacteriën niet als op zichzelf staande organismen beschouwt, zijn ze bijzonder fascinerend. Ze maken onderdeel uit van complexe leefgemeenschappen. Ze zijn zeker niet afgescheiden van elkaar: ze wisselen continu horizontaal genen uit en communiceren door middel van biofotonen. Je kunt ze ook als een superorganisme zien, met een voor ons onvoorstelbare intelligentie.

... en toen kwamen de schimmels

Er zijn fossielen met chitineuze filamenten aangetroffen, waaruit op te maken valt dat schimmels minstens 700 miljoen jaar geleden aan land zijn gekomen – daarvoor leefden zij in het water als gisten, waar ze zich met suikers voedden. Op het land verteerden ze gesteenten om aan voedsel te komen. Rond 500 miljoen jaar geleden kwamen de eerste algen via getijdenpoelen op land. Algen zijn in staat tot fotosynthese. Samen met stikstofbindende bacteriën en schimmels vormden ze een geheel nieuw organisme: het korstmoss.

Samenwerking

Korstmossen zijn ecologisch gezien belangrijk, omdat ze op plekken kunnen leven waar andere levensvormen het laten afweten, zoals op kale gesteenten. De zuren en enzymen die de schimmels uitscheiden lossen het gesteente op, zodat er bodemdeeltjes

ontstaan. Zo zijn ze de eerste echte pioniers in primaire successie. Ook wetenschappelijk gezien zijn ze belangrijk, omdat ze de manier waarop we naar organismen kijken, hebben veranderd. In plaats van te kijken naar losse organismen met één setje DNA, zien we steeds meer in dat een organisme nooit op zichzelf staat. Wat wij een complex organisme noemen, bestaat bij de gratie van de talloze microben die in en op het lichaam van dit organisme leven.

Korstmossen zijn de blauwdruk geweest voor de verder niet verwante mossen, die 470 miljoen jaar geleden ontstonden. Deze zijn voor de aanvoer van voedingsstoffen afhankelijk van schimmels omdat ze geen wortelgestel hebben. Uit mossen zijn weer levermossen voortgekomen, en daaruit weer de vaatplanten zoals we die nu kennen, in al hun verbijsterende diversiteit. Zo'n 390 miljoen jaar geleden zijn daar bomen uit geëvolueerd. Al het leven op het land is er dankzij de samenwerking tussen schimmels, algen en bacteriën.

Schimmels breken de boel af

De opmars van de algen zorgde 650 miljoen jaar geleden nog voor een sneeuwbal-Aarde, en mossen zorgden 435 miljoen jaar geleden nog voor een ijstijd. Maar naarmate de diversiteit van het leven toenam, vertoonden de klimaten steeds minder uitschieters.

Lignine

In de tijd dat de planten en bomen in opmars waren, ontstond er echter wel een nieuw probleem: de houtige biomassa die ze produceerden, hoopte zich op. De saprotrofen, organismen die dood organisch materiaal eten, waren nog ondervertegenwoordigd en ze hadden nog niet ontdekt hoe ze lignine (houtstof) moesten afbreken. Dat is namelijk een heel onregelmatig molecuul. Veel schimmels zijn saprotroof. Ze sturen grote hoeveelheden verschillende enzymen het hout in, waardoor de kans dat een deel wordt afgebroken, enorm toeneemt. Nog steeds, na honderden miljoenen jaren, zijn er geen andere organismen die zo goed houtige materialen kunnen afbreken als schimmels.



↑ De berkenzwam is een zwakteparasiet die bruinrot veroorzaakt



↑ De bruinrotters onder de saprotrofen verteren cellulose en veroorzaken kenmerkende hoekige structuren

Nieuwe chemische verbindingen

Gedurende de evolutie van het leven op Aarde zijn er steeds nieuwe moleculen, monomeren en polymeren ontstaan. Schimmels speelden een belangrijke rol in het afbreken daarvan, omdat ze de meest waanzinnige dingen als voedsel kunnen gebruiken. Schimmels kunnen ook heel taaie, door mensen geproduceerde verbindingen afbreken. In de kerosinetanks van vliegtuigen leven bijvoorbeeld schimmels die zich met de brandstof voeden. Ze leven ook in met carbolineum behandeld hout. Mensen zijn al duizenden jaren bezig met het verplaatsen en concentreren van zware metalen, zoals lood. Ze worden naarmate de concentraties hoger worden steeds schadelijker. Dat geldt zelfs voor essentiële voedingsstoffen, zoals koper. Schimmels kunnen zware metalen immobiliseren, zodat ze niet meer opneembaar zijn voor de plant. Ze kunnen ze ook verspreiden, zodat ze weer in niet-giftige hoeveelheden beschikbaar komen voor de plant.

Schadelijke stoffen

Sommige schimmels maken het nog bonter. *Cryptococcus neoformans* is in 1991 aangetroffen in de kernreactor van Tsjernobyl. De melanine in de celwanden van schimmels absorbeert de straling en zet deze om in chemische energie, die de schimmels zelf gebruiken om te groeien. Dit proces heet radiosynthese. Schimmels kunnen een cruciale rol spelen in het opruimen van de rommel die de industriële mens ervan heeft gemaakt. Al in 2011 ontdekten Yale-studenten een schimmel die polyethen, een veelgebruikt plastic, kon afbreken. Intussen zijn er tientallen soorten ontdekt die plastic 'eten'. Een schimmel die vanwege zijn veelzijdigheid apart genoemd dient te worden, is de oesterzwam. Deze is in staat om vele soorten schadelijke stoffen af te breken: aardolie en de producten die daarvan gemaakt worden, zoals plastic of diesel. Er zijn mensen die sigarettenpeuken verzamelen en deze aan oesterzwammen voeren. Aangezien peuken een van de grootste bronnen van microplastics in de oceanen zijn, lijkt me dat een bijzonder goed idee. Ook concentreren oesterzwammen een teveel aan zware metalen zoals kwik, cadmium, nikkel, koper, ijzer, zink en mangaan zodat ze niet in

de plant terechtkomen. Zelf zou ik paddenstoelen die op vervuild substraat groeien, niet opeten.

Zoals bekend gebruikt de landbouw heel wat chemie: op het moment van schrijven staan er op de site van het Europees agentschap voor chemische stoffen (ECHA) 5143 toelatingen, en op die van het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctbg) 3153. In een laboratorium kunnen schimmels zich voeden met het veelgebruikte bestrijdingsmiddel glyfosaat, maar in het veld kiezen ze toch liever voor makkelijker afbreekbare stoffen. Toch kunnen ze belangrijk zijn in het opruimen van de restanten van onze oorlog tegen de levende wereld.

Schimmels zuiveren de bodem

Als we schimmels actief inzetten voor het afbreken van onnatuurlijke verbindingen, heet dat mycoremediëring. Welke verbindingen en hoe goed ze worden afgebroken, hangt af van de diversiteit aan microben die zich in de nabijheid van de schimmels bevinden. Op zich logisch, want ook bacteriën kunnen gifstoffen afbreken. Je kunt substraat waar oesterzwammen op zijn geteeld, daarom prima gebruiken om vervuilde grond mee te zuiveren, want daar zitten ook tal van andere microben in. Als je het substraat afdekt met niet-gesteriliseerde houtsnippers, hebben de schimmels wat te eten, komen er nog meer microben in het spel en hebben de schimmels beschutting. Op deze manier kun je bijvoorbeeld kankerverwekkende PAK's, dioxines, pcb's en het biocide pentachloorfenol onschadelijk maken. Absurd feitje: sommige combinaties van schimmels en gifstoffen zijn gepatenteerd. Als je per ongeluk een gifstof opruimt die gepatenteerd is, kun je een rechtszaak aan je broek hebben.

Er zijn mensen die sigarettenpeuken verzamelen en deze aan oesterzwammen voeren



↑ Tonderzwam



↑ Het gewoon elfenbankje is een witrotter. Deze saprotrofen verteren de lignine, waardoor er alleen lange vezels overblijven

Schimmels kunnen pesticiden vervangen

Het huis van mycoloog Paul Stamets, auteur van *Mycelium Running*, werd vernietigd door termieten. Dit komt in de vs vaker voor. Stamets ontdekte een manier om ervoor te zorgen dat de termieten niet doorhadden dat ze voor hen dodelijk mycelium mee terug naar het nest namen. Normaal gesproken weten mieren dat ze deze schimmel moeten mijden, maar deze schimmel had nog geen sporen gevormd. Dan kunnen de termieten niet ruiken dat ze uit de buurt moeten blijven. Sterker nog: ze waren er dol op. Er werd zelfs waargenomen dat ze er een bedje van maakten voor hun koningin, die binnen enkele weken dood was. Het was te laat om zijn eigen huis te redden, maar het kan een vervanger zijn voor het gebruik van de gevaarlijke pesticiden waarmee huizen nu verzadigd worden.

Schimmels kunnen regen maken

Schimmels zijn ook enorm belangrijk voor het in stand houden van een gezonde waterkringloop. We leren op school nog steeds een versimpelde weergave van de werkelijkheid: volgens de schoolboeken condenseert water omdat het boven land afkoelt. Punt. Maar wat hier compleet buiten beschouwing wordt gelaten, is het belang van het leven in deze kringloop.

Volwassen bomen kunnen duizenden liters water per dag verdampen. Dit water komt als waterdamp hoog in de atmosfeer terecht. Toch zijn gezonde bossen niet droog, integendeel. Dat komt omdat ze, met de hulp van schimmels, zelf voor regen zorgen.

De mycorrhizale schimmels waarmee bomen samenwerken, produceren paddenstoelen. Saprotrone schimmels, die de houtige resten van de boom verteren, ook. Elk jaar produceren paddenstoelen wereldwijd tientallen gigatonnen sporen zodat schimmels zich voort kunnen planten. Sporen zijn zo klein, dat ze door middel van luchtstromen hoog in de atmosfeer terechtkomen. De sporen vormen, samen met bacteriën en de pollen van bomen en planten, zogeheten condensatiekernen. Waterdamp kan zich daaraan hechten, zodat er wolken gevormd kunnen worden. Wolken reflecteren de warmte van de zon, die daardoor de

atmosfeer meteen weer verlaat. Waterdamp is een sterk broeikasgas, maar komt als neerslag weer in de bodem terecht. Zo is het kringetje weer rond. Zonder levende organismen wordt de waterkringloop echter ernstig verstoord.

Schimmels verbeteren onze gezondheid

Schimmels hebben een slechte naam als het gaat om gezondheid. Soms is dat terecht, zoals bij zwarte schimmel. Toch hebben heel wat mensen hun leven te danken aan schimmels: penicilline is een voor de hand liggend voorbeeld. Het grootschalig inzetten van natuurlijke antibiotica leidt echter al snel tot resistente bacteriën, zoals de beruchte 'ziekenhuisbacterie' MRSA. Er zijn nog veel meer medicijnen afgeleid van wat schimmels allemaal uitscheiden. Veel mensen hebben baat bij het gebruik van psilocybine, een hallucinogene stof die door *Psilocybe*-schimmels wordt geproduceerd. Het geslacht *Cordyceps*, met name *C. sinensis*, wordt door veel mensen gebruikt vanwege zijn gezondheidsbevorderende eigenschappen. In de resterende oerbossen wordt naarstig gezocht naar schimmels en hun mogelijke medicinale toepassingen. Wie weet wat daar nog te vinden is!

Schimmels kunnen ook parasiteren

Deze zelfde *Cordyceps*-schimmels worden door mieren juist gevreesd, omdat ze tot een soort zombies worden gemaakt door de schimmel. In Nederland is de schimmel *Entomophthora muscae* in opmars. Deze valt een aantal soorten vliegen en muggen aan, op vergelijkbare wijze als *Cordyceps*-schimmels. De schimmel zorgt ervoor dat een vlieg omhoog klimt, waarna hij het insect doodt. De schimmel laat het achterlijf van het vrouwelijke insect opzwellen, waardoor zij extra aantrekkelijk wordt voor mannetjes. Als het mannetje het vrouwtje aanraakt, wordt hij besmet met sporen en krijgt hij zelf ook symptomen. Maar niet voordat hij een aantal vrouwtjes heeft besmet. Deze schimmels maken naar schatting meer slachtoffers dan roofdieren zoals de spin.

Toekomstperspectief

Er is veel onderzoek gedaan naar het gedrag van schimmels waaruit blijkt dat ze zich bewust zijn van hun omgeving, beslissingen kunnen nemen en een geheugen hebben. Ik vind het een troostende gedachte dat intelligentie overal te vinden is. Dat betekent namelijk dat we talloze medestanders hebben als het gaat om het herstellen van de schade die we in de afgelopen 12.000 jaar hebben aangericht. Schimmels geven ons weer toekomstperspectief!



← Kaaszwan met guttatie, het uitzweten van overtollig vocht