Bioluminescentie en fluorescentie bij **paddenstoelen**

Paddenstoelen spreken tot de verbeelding van velen: ze kunnen plotseling verschijnen en verdwijnen, en komen in talloze kleuren, vormen en maten. Er zijn echter fascinerende en bijna sprookjesachtige aspecten van paddenstoelen die grotendeels voor het menselijk oog verborgen zijn: bioluminescentie en fluorescentie.

Tekst & foto's Quincy Holzapfel

Bioluminescentie en fluorescentie openbaren zich enkel in het pikkedonker of met 'onzichtbaar' ultraviolet (uv-)licht, en werpen een nieuw licht op de al wonderbaarlijke wereld van de paddenstoelen. De twee fenomenen lijken vrij vergelijkbaar en worden wel eens met elkaar verward; beide processen leiden immers tot het ogenschijnlijk uitzenden van licht. In werkelijkheid zijn het echter twee totaal verschillende verschijnselen die ontstaan door heel andere onderliggende mechanismen.

Bioluminescentie

Bioluminescentie is de actieve productie van licht door levende organismen. In de loop van de evolutie is bioluminescentie vele malen opnieuw ontstaan in zeer uiteenlopende groepen, denk hierbij aan insecten, bacteriën, kwallen, wormen en natuurlijk ook schimmels. Alhoewel deze verschillende vormen van bioluminescentiesystemen niet aan elkaar zijn gerelateerd, produceren deze licht door een sterk vergelijkbaar proces: een specifiek stofje gaat, met behulp van een enzym, een reactie aan met zuurstof en laat daarbij licht vrij. Deze stofjes en enzymen worden respectievelijk luciferines en luciferases genoemd. Iedere groep aan bioluminescente organismen maakt gebruik van haar eigen unieke luciferines en luciferases, waardoor een breed scala aan verschillende kleuren geproduceerd kan worden. Zo gloeien vuurvliegjes met een geelrode gloed, terwijl gloeiwormen meer blauwig licht uitzenden.
Schimmels en hun paddenstoelen produceren daarentegen een spookachtige groene kleur met behulp van een luciferine genaamd hispidine. Pas in 2018 hebben onderzoekers ontdekt hoe schimmels dit doen, maar dit fenomeen was al eeuwen geleden bekend en beschreven, vaak met een toon van mystiek en verwondering. Zo schreven Aristoteles en Plinius de Oudere al over lichtgevend hout op eiken- en olijvenbomen, sprak Olaus Magnus in de zeventiende eeuw over de weg vinden in Scandinavië met behulp van lichtgevend hout en paddenstoelen, en zagen Amerikaanse mijnwerkers dat hun rottende stijgerhouten steunbalken in de mijnen gloeiden in het duister.

Bioluminescente schimmels

Momenteel zijn er wereldwijd ongeveer 110 soorten bioluminescente (paddenstoelvormende) schimmels beschreven, waarvan er 40 in Europa voorkomen. Veruit de meeste bioluminescente paddenstoelen en schimmels komen voor in tropische, neotropische en subtropische



Bioluminescentie van een Noord-Amerikaanse stam van de scherpe schelpzwam (*P. stipticus*). Foto: ISO 800, f/2.8 , 3 minuten.



Gewone viltkoppen (*Inocybe* cf. *dulcamara*) onder daglicht (linksboven), onder 365 nm uv-licht zonder kaliloog (rechtsboven) en mét kaliloog (onder). Kaliloog veroorzaakt een blauwe fluorescente chemische reactie onder uv-licht.

gebieden. Bioluminescentie kan optreden in verschillende delen van schimmels, waaronder de paddenstoelen of de hyfen/het mycelium. De meerderheid van de bioluminescente schimmels in ons land behoort tot het geslacht *Mycena*, waarvan de meeste enkel licht produceren in het mycelium. Dit licht kan uiteenlopen van zeer zwak (bijvoorbeeld de melksteelmycena, *M. galopus*) tot zeer fel (zoals de streepsteelmycena, *M. polygramma*), maar kan vaak enkel worden waargenomen in het pikkedonker of met een camera met zeer lange sluitertijd.

De bekendste bioluminescente paddenstoel in Europa is waarschijnlijk de zuidelijke lantaarnzwam (*Omphalotus olearius*), en is een van de weinige soorten in Europa waarvan de paddenstoelen zeer fel bioluminescent zijn. Deze paddenstoel komt oorspronkelijk uit het Middellandse Zeegebied, waar deze groeit op olijvenhout. Zeer zelden komt men in Nederland een verstekeling tegen die waarschijnlijk is meegereisd met geïmporteerde olijfboompjes. Andere sterk bioluminescente familieleden van deze soort duiken heel soms op in ons land. De 'gewone' of Amerikaanse lantaarnzwam (*O. illudens*) lijken incidenteel mee te liften met aangeplante Amerikaanse eiken en de Australische lantaarnzwam (*O. nidiformis*), ook wel het 'spookzwammetje' genoemd, verscheen in 2018 in de Hortus Botanicus te Leiden. Het is niet voor niets dat de lantaarnzwammen *jack-o'-lantern mushrooms* worden genoemd. Helaas vinden wij in Nederland maar weinig inheemse soorten waarvan de paddenstoelen bioluminescent zijn. Op *Wikipedia* is een grote lijst te vinden met bioluminescente paddenstoelvormende schimmelsoorten, met daarop een aantal soorten die ook in Europa voorkomen. Daar wordt geschreven dat de scherpe schelpzwam (*Panellus stipticus*), de grote bloedsteelmycena (*M. haematopus*) en de geweizwam (*Xylaria hypoxylon*) bioluminescente paddenstoelen maken én in Nederland voorkomen. Helaas komt bioluminescentie in scherpe schelpzwammen enkel voor in populaties aan de oostkust van Noord-Amerika en de grote bloedsteelmycena is zo zwak bioluminescent dat dit enkel met geavanceerde instrumenten te meten is. De geweizwam is een merkwaardig geval, aangezien deze soort niet verwant is aan de andere bioluminescente paddenstoelen en niemand dit fenomeen heeft waargenomen sinds de oorspronkelijke 'ontdekking'.

Betekent dit dat er helemaal geen inheemse bioluminescente paddenstoelen te vinden zijn in Nederland? Nou, ik kan met zekerheid zeggen dat ze er wel zijn! Ik heb zelf drie nieuwe soorten met bioluminescente paddenstoelen in de Nederlandse natuur gevonden, maar die zijn vooralsnog onbekend of onbeschreven. Deze behoren onder andere tot de geslachten *Mycena* en *Phloeomana*.

Reden

Waarom zijn sommige soorten schimmels dan lichtgevend? Helaas moet ik u een eenduidig antwoord schuldig blijven, omdat deze vraag tot de dag van vandaag niet volledig beantwoord is. Andere groepen van bioluminescente organismen gebruiken hun licht voor specifieke doeleinden: enkele voorbeelden zijn vuurvliegjes, die hun licht gebruiken om met elkaar te communiceren en partners te vinden, of inktvissen die bioluminescentie kunnen gebruiken als een afschrikmiddel of als camouflage. Het zal u niet verbazen dat een schimmel dit niet zo gauw doet. In het geval van schimmels met bioluminescente paddenstoelen hebben we misschien wel een idee; bepaalde insecten in (sub)tropische gebieden lijken aangetrokken te zijn tot dezelfde golflengtes groen



Onderzijde van de hoed van een kleibosrussula (*R. pseudointegra*) onder 365 nm uv-licht. Onder daglicht zijn de lamellen gewoonlijk crèmekleurig tot geel.

licht die paddenstoelen uitzenden. Het kan dus mogelijk zijn dat bioluminescente paddenstoelen insecten aantrekken die de sporen helpen te verspreiden. Dit kan ook de reden zijn waarom enkel de sporen van de slijmsteelmycena (*Roridomyces roridus*) bioluminescent lijken te zijn. Het grootste mysterie is echter de productie van licht in (enkel) het mycelium van veel bioluminescente soorten. In tegenstelling tot een paddenstoel, wat in praktisch opzicht enkel de bovengrondse 'vrucht' van een schimmel is, is het mycelium in feite het 'lichaam' van de paddenstoel. Het mycelium is dan ook erg kwetsbaar en houdt zich grotendeels afgeschermd van de buitenwereld door zich te verbergen in het substraat, zoals hout of schors. Het zou daarom niet zo erg zijn als insecten her en der een hapje nemen van de paddenstoel, maar het aantrekken van ongenode gasten die van het mycelium kunnen snoepen kan een risico zijn.

Fluorescentie

Fluorescentie is een heel ander fenomeen, waarbij een object die met licht van een specifieke golflengte wordt beschenen, licht van een andere golflengte/kleur gaat uitzenden. Veel paddenstoelen laten vormen van fluorescentie zien, met name uv-fluorescentie. Er gaat plotseling een heel nieuwe en kleurrijke wereld open door uv-licht op de paddenstoelen te schijnen. Dit is hetzelfde proces waarbij sommige materialen opeens zeer neonachtig en fel (fluorescent) licht uit lijken te zenden onder een blacklight, bijvoorbeeld bij sommige clubs, disco's of feesten. Hierdoor kunnen er plotseling kleuren en patronen verschijnen die anders voor het menselijk ook verborgen waren.
Fluorescentie bij paddenstoelen is helaas zeer slecht gedocumenteert en er valt nog heel veel in te ontdekken. Veel *Russula*-soorten hebben onder daglicht wittige tot enigszins gele lamellen, maar onder uv-licht is dit compleet anders: vaak fluoresceren zij groen. De lamellen van de kleibosrussula (*R. pseudointegra*) laten in volwassen stadium ook een blauw tot blauwgroene zone dichtbij de hoedrand zien. Ook soorten en groepen die normaal gesproken weinig uitgesproken- of zeer vergelijkbare kenmerken hebben, zoals vezelkoppen (*Inocybe* s.l.) of gordijnzwammen (*Cortinarius* s.l.), kunnen opeens meer patronen laten zien. Enkele soorten vezelkoppen laten namelijk intens gele fluorescentie zien in de steelbasis en bij een handvol soorten gordijnzwammen zijn de kleuren en patronen op en in de steel determinatiekenmerken. Sommige soorten verkleuren ook bij aanraking of beschadiging, zoals boleten, maar bij de meeste soorten zijn zulke verkleuringen afwezig, althans onder 'gewoon' licht. Vergelijkbare reacties zien we ook onder uv-licht; zo worden de groenig-fluorescerende stammen van de bleekgele russula (*R. farinipes*) en de onsmakelijke kamrussula (*R. praetervisa*) blauwgroen na bekrassen. Ook de eerder genoemde kleibosrussula laat zo'n reactie zien: door de hoedhuid licht te beschadigen ontstaat binnen een halve minuut een gele fluorescente plek. Onder uv-licht verkleuren de lamellen van enkele ridderzwammen (*Tricholoma*) en russula's na beschadiging.
In de mycologie worden ook vaak chemische testen gebruikt die specifieke kleurreacties teweeg kunnen brengen. Enkele voorbeelden hiervan zijn de test met ijzersulfaat op de stelen van russula's of reacties met kaliloog op de hoeden van gordijnzwammen. We zien ook zulke reacties onder uv-licht, ondanks dat dezelfde stoffen niet lijken te reageren onder daglicht. Zo zien we met kaliloog blauwe fluorescente reacties op de stelen en lamellen van sommige vezelkoppen en gelige reacties op hoeden van enkele vaalhoeden (*Hebeloma*). Dit duidt erop dat er nog veel onontdekte fluorescente eigenschappen te vinden zijn die wellicht als determinatiekenmerken in het veld gebruikt kunnen worden. Dat zou heel interessant zijn voor de 'lastige' geslachten die vaak moeilijk in het veld te determineren zijn, waaronder *Russula*, *Inocybe* en *Hebeloma*.

Zelf ontdekken

Wilt u zelf fluorescentie bij paddenstoelen ontdekken? Koop dan een goed uv-zaklampje met een golflengte van 365 nanometer. Veel producten op de markt zijn echter van lage kwaliteit met veel zichtbaar paarsblauw licht, wat kan interfereren met de zichtbaarheid van fluorescentie. Zorg ook voor goede persoonlijke veiligheidsmiddelen, met name oogbescherming in de vorm van een uv-filterende (veiligheids)bril. ■