



DE INTELLIGENTIE VAN HET RUIG HUIDJE¹

Thomas W. Kuyper

Bodembiologie, Wageningen Universiteit, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Kuyper, T.W. 2020. The intelligence of *Phanerochaete velutina*. *Coolia* 63(3): 133–136.

Several species of saprotrophic, wood-inhabiting basidiomycetes produce mycelial networks where the hyphae can aggregate to form macroscopically visible hyphal cords. Such mycelial systems have been shown to efficiently forage in heterogeneous environments such as the forest floor where discrete resources (branches, stumps, etc.) are spatially separate. Recent research showed, by comparing foraging decisions when *Phanerochaete velutina* grew out of resources of various sizes and was able to colonize baits of different sizes, that the fungus showed ‘intelligence’. Decisions when to leave an old substrate and to finally migrate to a new substrate were based on absolute resource size, not on a relative comparison of resource sizes. The species was also able to remember its predominant direction of growth when the hyphal cords were severed and the original colonized resource transferred to a new Petri dish, implying a memory of the previous predominant growth.

Intelligentie wordt al lang niet meer beschouwd als een eigenschap waarmee de mens zich onderscheidt van andere levende wezens. Steeds meer onderzoek laat zien dat ook sommige zoogdiersoorten, vogels en inktvissen intelligent gedrag vertonen. En waar dieren soms lijken te falen voor een simpele intelligentietest, blijkt dan dat het gebrek aan intelligentie of inlevingsvermogen van de menselijke experimentator is, dat tot dat teleurstellende resultaat heeft geleid, niet het gebrek aan intelligentie van het dier. Dat laatste deed zich voor bij een intelligentietest bij olifanten (De Waal, 2016). Zo slaagde de olifant niet voor de spiegeltest, een test waarbij een dier een spiegel voorgezet krijgt om te onderzoeken of het dier zijn eigen spiegelbeeld herkent en dus een vorm van zelfbewustzijn heeft. Maar de onderzoekers plaatsten die (kleine) spiegel op de grond, zodat de olifant op zijn best alleen een deel van haar poten kon zien. Toen een grote spiegel werd geplaatst op ooghoogte van de olifant, herkende ze haar spiegelbeeld wél. Ze probeerde ook een door onderzoekers aangebracht wit kruis op haar voorhoofd weg te wrijven terwijl ze voor die spiegel stond.

Ook planten kunnen intelligent gedrag vertonen. Darwin schreef al: “Het is nauwelijks overdreven om te zeggen dat de top van een fijne wortel (...) zich gedraagt als de hersenen (...) en daarmee bewegingen kan sturen.” Door die plantenintelligentie kan de plant door de bodem navigeren.

Maar hoe zit het met de intelligentie van paddenstoelen en schimmels? Van slijmzwammen was bekend dat ze intelligent gedrag kunnen vertonen, maar ja, slijmzwammen zijn verwant aan dieren, niet aan schimmels. Zo kan de slijmzwam *Physarum polycephalum* (een Kalkkopje) de doolhoftest succesvol uitvoeren. Daartoe wordt op een petrischaal een doolhof aangelegd; aan de ene kant wordt de slijmzwam geënt en op een andere plaats wordt een voedselbron beschikbaar gesteld. Er waren in die doolhof vier routes die naar de voedselbron leidden; de slijmzwam groeide uit van de plaats waar die geënt was, vond die voedselbron en zorgde er voor dat beide altijd via de kortste weg verbonden waren (Nakagaki et al., 2000). Ook ingewikkeldere opgaven met drie voedselbronnen wist de soort op te lossen, waarbij opnieuw de kortste, meest efficiënte weg werd gevonden (Nagaki et al., 2004).

1. Dit is Aflevering 25 in de serie over recent ecologisch onderzoek aan paddenstoelen en schimmels.





Dat er tot nu toe niets bekend is over intelligentie bij paddenstoelen komt vooral doordat er niet of nauwelijks onderzoek naar dit verschijnsel gedaan is. Dit jaar verscheen een artikel (Fukasawa et al., 2020) waarin de auteurs een algemene korstzwam (*Phanaeochaete velutina*, Ruig huidje) onderzochten op eventueel intelligent gedrag. De soort is niet zeldzaam op loofhout. Ze vormt hyfenstrengen waarmee de schimmel van substraat naar substraat kan groeien. Deze hyfenstrengen bestaan uit bundels hyfen die parallel lopen en een zekere mate van interne differentiatie vertonen, waardoor ze niet alleen efficiënt van substraat naar substraat kunnen groeien, maar ook tijdens die tocht koolstof en voedingsstoffen kunnen transporteren van de ene plek naar de andere. Door dit netwerk kunnen bladstrooisel, takjes en grotere stukken hout met elkaar verbonden worden. Die verbindingen laten zich relatief gemakkelijk in het laboratorium bestuderen. Je laat daartoe een steriel stukje hout koloniseren door het mycelium van die schimmel. Dat doorgroeide houtblokje plaats je vervolgens in een grote bak die met grond is gevuld. Vanuit dat gekoloniseerde stukje hout zal de schimmel in alle richtingen uitgroeien, op zoek naar ander geschikt substraat. Die uitgroei bestaat uit individuele hyfen. Als een nieuw geschikt substraat gevonden is, verandert de groeiwijze: de hyfen gaan samengroeien, en verdikken zich tot strengen. Delen van het mycelium die niet in verbinding staan met het nieuwe substraat sterven af en worden gerecycled, met als resultaat dat alle middelen worden ingezet voor het bereiken en vasthouden van dat nieuwe substraat. Ook worden vanuit het oude naar het nieuwe substraat koolstof en voedingsstoffen getransporteerd. Transport in de omgekeerde richting is ook mogelijk: wanneer het nieuwe substraat minder te bieden heeft dan het oude, wordt de transportrichting omgekeerd. Als de schimmel een heel klein substraat tegenkomt, is de kans groot dat dit snel weer wordt verlaten. Dit proces van selectief transport van koolstof en nutriënten van het ene substraat naar het andere doet vermoeden dat de schimmel dus ‘beslissingen’ moet nemen welk substraat meer geschikt is en waarin hij dus meer moet investeren om het te verdedigen tegen concurrenten.

Fukawa en coauteurs hebben onderzocht onder welke omstandigheden het mycelium ‘beslist’ om een substraat achter te laten en te investeren in het nieuwe substraat. Ook onderzochten ze het ‘geheugen’ van het mycelium. Als het mycelium vanuit een blokje uitgroeit, gaat de aanvankelijke groei in alle richtingen ongeveer even snel, hetgeen betekent dat er in het begin van groei nog geen groeivoorkeur is. Dat verschijnsel is welbekend, want mycelia die op die manier groeien vormen uiteindelijk cirkels met paddenstoelen aan de rand van de cirkel, de zogenaamde heksenkringen. Uitgroei van het mycelium hangt af van het substraat dat bezet is. Van een klein blokje hout vindt meer uitgroei plaats dan van een groter blok hout.

De onderzoekers plaatsten vervolgens een tweede blokje hout (eveneens van beuk, en eveneens van dezelfde kwaliteit, maar van een verschillende grootte) en keken hoe de uitgroei plaatsvond. In bijna alle gevallen werd er meer mycelium gevormd aan de zijde van het oorspronkelijke blokje dat tegenover het nieuwe substraat lag, dan aan de tegenovergestelde zijde, waar geen nieuw substraat lag. Mogelijk wordt het nieuwe substraat dus al van een afstand waargenomen, al kan het natuurlijk ook zijn dat stoffen uit het blokje naar het mycelium diffunderen en dat dat de oorzaak is van die selectieve groei.

Als vervolgens de verbinding tussen het oude en nieuwe substraat werd verbroken, kon worden vastgesteld hoeveel het mycelium had geïnvesteerd in het nieuwe substraat. Als het nieuwe substraat een groter houtblokje was dan het oude substraat, dan had de schimmel zoveel materiaal in het nieuwe substraat geïnvesteerd dat hij niet meer kon uitgroeien vanuit het oude, weer geïsoleerde substraat. Als het nieuwe blokje kleiner was, werd er minder in het nieuwe substraat geïnvesteerd en kon er opnieuw vanuit het oude substraat uitgroei plaats vinden nadat de verbinding verbroken was. Blijkbaar is de schimmel dus slim genoeg om de





Figuur 1 en 2: Hyphenstrengen van Phanerochaete velutina, Ruig huidje. (Foto's: Hermien Wassink)

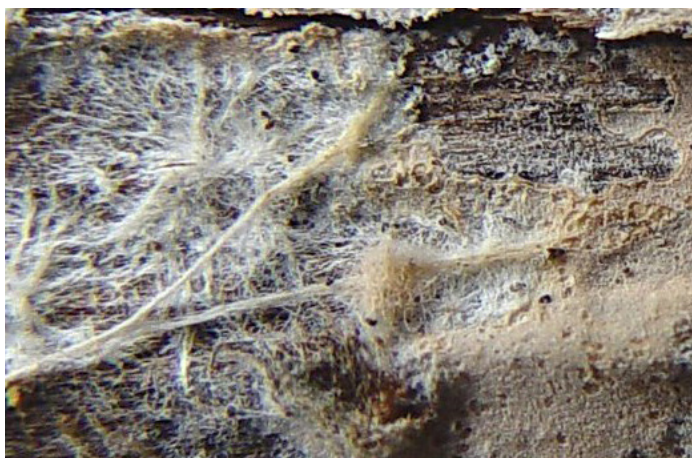
kwaliteit of kwantiteit van het nieuwe houtblokje te beoordelen en te vergelijken met het oude blokje. De keuze om voor iets nieuws (en groters) te gaan en om het oude achter te laten, bleek veel meer af te hangen van de grootte van het nieuwe blokje dan van de grootte van het oude blokje. Blijkbaar geeft de schimmel, binnen de variatie aan oude en nieuwe substraten die de onderzoekers aanbrachten, een absoluut oordeel over het nieuwe blokje, en niet een relatief oordeel door het nieuwe met het oude blokje te vergelijken. De onderzoekers speculeren dat die keuze bepaald wordt door de kosten van de investering door het mycelium:

om een groter nieuw substraat te koloniseren moet er meer fosfaat en stikstof van het oude naar het nieuwe blokje worden overgebracht; en dus is het belangrijk om dat dan ook vast te houden.

Tijdens de periode waarin de schimmel bestudeerd wordt, wordt het substraat natuurlijk afgebroken en verandert de kwaliteit dus voortdurend. Helaas hebben de onderzoekers die veranderingen niet in hun onderzoek meegenomen. Het is waarschijnlijk dat kleine blokjes sneller afgebroken worden dan grotere blokjes, dus het besluit van de schimmel om eerder een klein blokje te verlaten dan een groter blokje, kan ook gebaseerd zijn op de voedingswaarde van hetgeen wordt achtergelaten. Ook kan de beslissing om een blokje achter te laten gebaseerd worden op mogelijke concurrentie van andere soorten. Een klein blokje kan maar een kleine hoeveelheid mycelium bevatten en kan dus moeilijk verdedigd worden tegen een concurrent; ook dat kan helpen bij de beslissing om eerder een klein blokje te verlaten.

Hoe verhouden zulke proeven in het lab zich tot de situatie in het veld? In een bos zijn ook veel grotere stukken hout beschikbaar zoals liggende takken en stammen. Ook zijn de afstanden tussen de nieuwe substraten aanmerkelijk groter dan in een proefopstelling. Maar afstand lijkt voor het Ruig huidje geen groot probleem: de hyphenstrengen kunnen gemakkelijk afstanden van enkele meters overbruggen (Dowson et al., 1988). En binnen een week kunnen voedingsstoffen wel 75 cm verder verplaatst worden naar een nieuw substraat (Wells & Boddy, 1995).

De tweede onderzoeksvraag ging over het eventuele geheugen van het mycelium. Het





feit dat de schimmel meer uitgroei vertoont in de richting van het oude blokje, nadat de verbindingen verbroken zijn, suggereert dat de schimmel zich ook ‘herinnert’ waar het nieuwe substraat was. Die voorkeur voor een bepaalde groeirichting werd gehandhaafd als het oorspronkelijke blokje in een nieuwe Petrischaal werd geplaatst. Vanuit het perspectief van de schimmel is een goed geheugen voordelig. Als er door begrazing door springstaarten en mijten hyfenverbindingen verbroken worden, is het nuttig om te weten waar het nieuwe substraat was en waar ook een deel van je eigen mycelium is achtergebleven. Maar aan zo’n conservatieve strategie is ook een risico verbonden, want de kans dat zo’n verstoring elders een rijkere oogst (een beter substraat) kan opleveren, bestaat natuurlijk ook. Bij veel grotere verstoring kan inderdaad het omgekeerde proces plaatsvinden en groeit de schimmel hoofdzakelijk uit van de andere kant van het oude substraat dat het verst weg is van het nieuw gekoloniseerde substraat (Donnelly & Boddy, 1998). Blijkbaar is in zo’n geval de schade aan het verbroken deel van het mycelium zo groot dat het veiliger is voedingsstoffen niet in die richting maar in de tegengestelde richting te verplaatsen. Kunnen we dit proces inderdaad ‘herinnering’ noemen? Gezien het feit dat dat er in een onverstoord systeem de groei vanuit het blokje gelijkmatig in alle richtingen gaat, en groei in één specifieke richting pas optreedt nadat er een ander substraat is waargenomen en gekoloniseerd en vervolgens de verbindingen verbroken zijn, lijkt die uitdrukking wel gerechtvaardigd. Maar wat voor soort geheugen is dit dan? Een simpel extern geheugen zou het mogelijk maken dat het mycelium nog sporen van voorgaande activiteit kan waarnemen doordat het mycelium stoffen uitscheidt. Dat was hier niet het geval; ook als na het verbreken van de verbinding het oude blokje in een nieuwe schaal werd geplaatst, zodat er geen sprake kan zijn van een extern geheugen van wat er voordien op die plek gebeurde, was er sprake van groei in een voorkeursrichting. De kwaliteit van het geheugen bleek ook afhankelijk van de grootte van het oorspronkelijke substraat; bij een groter oorspronkelijk substraat werd de groeirichting van voor het verbreken gemakkelijker vastgehouden dan bij een kleiner substraat.

Blijkbaar moeten we dus vaststellen dat ook paddenstoelen en schimmels intelligent gedrag kunnen vertonen en een ecologisch geheugen hebben. En dat roept de vraag op, nu dit onderzoek eerst in 2020 werd gepubliceerd: zijn mycologen wel slim genoeg om te weten hoe intelligent mycelia zijn?

Literatuur

- Donnelly, D.P. & L. Boddy. 1998. Repeated damage results in polarised development of foraging mycelial systems of *Phanerochaete velutina*. FEMS Microbiology, Ecology 26: 101–108.
- Dowson, C.C., A.D.M. Rayner & L. Boddy. 1988. Inoculation of mycelial cord-forming basidiomycetes into woodland soil and litter. II. Resource capture and persistence. New Phytologist 109: 343–349.
- Fukasawa, Y., M. Savoury & L. Boddy. 2020. Ecological memory and relocation decisions in fungal mycelial networks: responses to quantity and location of new resources. The ISME Journal 14: 380–388.
- Nagaki, T., R. Kobayashi, Y. Nishiura & T. Ueda. 2004. Obtaining multiple separate food sources: behavioural intelligence in the *Physarum* plasmodium. Proceedings of the Royal Society, London, series B 271: 2305–2310.
- Nakagaki, T., H. Yamada & Á Tóth. 2000. Maze-solving by an amoeboid organism. Nature 407: 70.
- de Waal, F. 2016. Zijn wij slim genoeg om te weten hoe slim dieren zijn? Atlas Contact.
- Darwin, C. 1880. The power of movement in plants. Cambridge University Press, herdruk 2009.
- Wells, J.M. & L. Boddy. 1995. Phosphorus translocation by saprotrophic basidiomycete mycelial cord systems on the floor of a mixed deciduous forest. Mycological Research 99: 977–980.

