

Merlin Sheldrake: Az élet szövedéke. Miként építik fel világunkat és hatnak ránk a gombák?
Park Könyvkiadó, 2022; ISBN 9789633556948

„Minden, a természet bensőségeiből megismerése felé tett lépéssel újabb labirintusok bejáratához érünk.” – Alexander von Humboldt
„Ma már egyetlen élőlényt sem lehet – az embert is beleértve – a vele egy testben élő mikrobiális közösségtől elkülönítve elképzelni. A testünk, mint minden más élőlényé, lakóhely. Az élet egymásba ágyazott biomok sorozata.”
„Sok szempontból akár azt is mondhatnánk, hogy az élesztők háziasítottak bennünket.”
(Forrásmegadás nélküli idézetek a könyvből, kiemelések a recenzió szerzőjétől.)

Vigyázat! Ez az a fajta könyv, amely ahogy olvasni kezdjük, megfog, és nem ereszt! Van egy ország a Földön, amelynek sokszínűsége és alkotóinak számtalan képessége, sajátossága, életvitele messze meghaladja a fantasy regényeket. Nem a földrajzi atlaszban található, hanem az élőlények rendszertanában. Ez a gombák országa. Róluk, és az élővilágban betöltött szerepükről, az élet szinte minden területével folytatott kapcsolataikról szól a könyv. Felkavaró élményt nyújt: milyen meghökkentően összetett és kifinomult a gombák világa, és a legtöbbünk milyen keveset tud róla. Megkapóan izgalmas, mennyi célszerűség, finom és hatékony praktikák, rugalmas alkalmazkodási képességek látszanak megmutatkozni, amelyekről nehéz elképzelni, hogy a vakon próbálkozó evolúció mesterművei lennének, és mindezt olyan élőlények hozzák, amelyeket a legegyszerűbbek közül valóknak gondolunk.

Legegyszerűbbek? E könyv vég nélkül sorakozó meglepetésekkel szolgál róluk. Sokuk olyan dolgokra képes, amelyeket csak igen fejlett életformáktól várnánk – egy s más igazából csak a „teremtés koronájától”. Tudjuk, hogy sokuk mikroszkopikus méretű, ám azt a legtöbbünk csak innen, hogy „egyes példányaik a világ legnagyobb élőlényei közé tartoznak. A jelenlegi, Oregonban élő csúcstartó több száz tonnát nyom, tíz négyzetkilométeren terül el, a korát pedig kétezzer és nyolcezer év közöttire becsülik. Valószínűleg bőven akadnak nála jóval nagyobb és idősebb példányok is, csak még nem fedezték fel őket.” És „[a] Föld legdrámaibb eseményei közül jó néhány a gombák tevékenységének eredménye volt – és ma is az.” S csak egy intellektuális csemege e könyv dúsan terített asztalán, hogy a gombák milyen, „magasabb rendű” élőlényektől is elképzelhetetlen feladatmegoldásra képesek. Egy élőlény, amelynek semmiféle, mérlegeléshez vagy döntéshozatalhoz szükséges, számunkra felismerhető szerve sincs, de „kereskedelmi mérleg” alapján működik együtt más élőlényekkel! (Erre visszatérünk.) És ki hallott már ragadozó gombákról? „Az érzékelés leglenyűgözőbb teljesítményei közé tartoznak a fonálférgeket csapdába ejtő és elfogyasztó ragadozó gombák 'mutatványai'. Világszerte sok száz féregvadász gombafaj ismert.” Egynémely, itt megismerhető technikáikkal túltesznek a horrorfilmek rémisztő képein! (Erre is.)

Bizonyos rovarokról tudjuk, hogy közösségeik mintegy szuperorganizmusként működnek. Sheldrake a gombákra a „hálózat alapú élőlény” minősítést használja, és a leírtak azt

mutatják, hogy bizonyos gombák igencsak fejlett *szuperorganizmust* alkotnak – érdekes megállapítások szólnak ennek mikéntjéről.

Sheldrake honlapjáról: Biológus, író, szónok. Szakmai háttere: növénytudományok, mikrobiológia, ökológia, tudománytörténet és -filozófia. A Cambridge University-n szerzett PhD-fokozatot trópusi ökológiából. Szellemes mottója e könyvéhez: Hálával a gombáknak, amelyektől tanultam.

Könyve fogadtatásáról a honlapjáról: a *Scientific American* hosszú recenziójából: Költői, észbontó túra a gombák világában – Sheldrake megmutatja, mennyire létfontosságú ez az elhanyagolt birodalom az élethez a Földön. További testes recenziók, köztük: *The New Yorker*: a Wood Wide Web titkai; *The Telegraph*: Gombák, holdfény, pszichedelikumok – Sheldrake alapvető meglátása minden életforma összekapcsolódásáról borzongatóan előrelátó; *Der Spiegel*: beszélgetés Merlin Sheldrake-vel – A gombák a világlátás új módjára tanítanak bennünket; *The Observer*: Merlin és a gombák mágiája – Csodálatos, elképesztő könyv – valahogy úgy tűnik, fejreállítja a világot; a *Financial Times* beszélgetést közöl vele, s abban kiemeli, hogy ez az első könyve, és elnyerte a *Royal Society 2021-es Tudományos Könyv Díját*.

A *Wikipedia* a könyv fogadtatásáról: (dicsérő kritikák sora mellett) a Time magazin felvette a mindenképp elolvasandó könyvek 2020-as listájára, a The Daily Telegraph 2020 50 Legjobb Könyve közé.

Goodreads: „Sheldrake feltárja a gombák látványos és figyelmen kívül hagyott világát: vég nélküli meglepetésekkel szolgáló organizmusok.”

Erről szól: „A gombák mindenütt ott vannak, de könnyű nem észrevenni őket. Ott vannak bennünk és körülöttünk. Fenntartanak bennünket, és minden egyebet is, ami nélkülözhetetlen a számunkra. Folyamatosan hatással vannak magára az életre is úgy, ahogyan azt évmilliárdok óta teszik. Köveket esznek, talajt teremtenek, szennyező anyagokat emésztenek meg, táplálják és megölik a növényeket, életben maradnak a világűrben, látomásokat váltanak ki, táplálékot termelnek, gyógyszereket állítanak elő, állatok viselkedését befolyásolják, s hatással vannak a Föld légkörének összetételére. *Kulcsfontosságúak ahhoz, hogy megértsük a bolygót, amelyen élünk, és azt, ahogyan gondolkozunk, érzünk és viselkedünk.* Életüket mégis javarészt a szemünk elől elrejtve töltik, és fajaik több mint 90%-át még le sem írták. Bármilyen közel vannak is hozzánk, rendkívül megtévesztők, a lehetőségeik pedig annyira mások. Képes lehet-e az állati aggyal, testtel és nyelvvel felvértezett ember megtanulni, hogyan ismerjen és értsen meg tőle ennyire különböző élőlényeket? Derűlátóbb pillanataimban úgy képzeltem el ezt a könyvet, mint az élet fája egyik elhanyagolt ágának bemutatását, de a valóság ennél jóval kuszább. (Sheldrake kiemeli: a gombák nagy része olyan változékony, alakváltó, hogy kérdéses, miként illeszthető rájuk – már egyes fajtáikra is – rendszertani besorolás – Osman P.) *Könyvem inkább beszámoló, egyrészt a gombák életének megértése felé tett utamról, másrészt arról, milyen hatást gyakoroltak a gombák rám és*

az utam során megismert sok egyéb teremtményre. *A gombák rengeteg kérdés szakadéka felé görgetnek bennünket, és e könyv azokból az élményeimből született*, amelyeket e szakadékok némelyikének peremén át kémelve szereztem. *A gombák világát tanulmányozva kénytelen voltam a nagy részét átértékelni mindannak, amit tudok*. Evolúció, ökoszisztémák, egyéniség, intelligencia, élet – egyik sem egészen az, aminek hittem.”

Igazán mélyre merült e vizsgálódásaival. „Jelentkeztem egy klinikai vizsgálatba, amelyben az LSD-nek a tudósok, mérnökök és matematikusok problémamegoldó képességére gyakorolt hatását tanulmányozták. A szakemberek arra voltak kíváncsiak, képes-e az LSD megnyitni a tudósok szakmai tudattalanját, és *hozzásegítheti-e őket ahhoz, hogy az ismerős problémákat új irányokból közelítsék meg*. A 'show' sztárja az egyébként többnyire félresöpört képzeletünk volt, a fellépő jelenségeket pedig megfigyelésekkel és, amennyiben lehetséges volt, mérésekkel kívánták vizsgálni. Az ország tudományos műhelyeiben kihelyezett plakátok ('Van olyan fontos problémád, amelyet meg kellene oldanod?') segítségével fiatal kutatók roppant eklektikus csoportját sikerült összegyűjteni. Merész vizsgálat volt. Kreatív áttöréseket mesterségesen előidézni hírhedten nehéz, egy kórház klinikai vizsgálati részlegén még inkább az. Az én kutatási kérdéseim mind a gombákra vonatkoztak, és valahogy kellemes volt számomra a tudat, hogy az *LSD-t eredetileg egy, a haszonnövényekben élő gombából vonták ki – gombák kínálhattak megoldást a gombákkal kapcsolatos problémáimra*. Vajon mi fog történni?” Részletesen leírja, és ez is olyan ablak, amelyen érdemes kinéznünk.

Pár vonás a gombakarakterológiából, a könyvből:

„Az új szárazföldi ökoszisztémákat mind a mai napig gombák alapítják.”

„Nagyon leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy gombák alkotják a növények közösségi hálóját. Erre utal az 'erdőháló' (wood wide web) kifejezés is.”

„A gombák átvészelték a Föld mind az öt nagy kihalási eseményét; ezek mindegyike a bolygón akkor élt fajok 75-95%-át elpusztította. Néhány gomba még ezekben a katasztrófális időszakokban is dúsan tenyészett.”

„Egyes gombák, például a cukrot alkohollá erjesztő vagy a kenyeret megkelesztő élesztők egyetlen sejtből állnak, és sejtjeik osztódásával szaporodnak. A legtöbbjük azonban sok sejtből álló hálózatokat hoz létre: a *gombafonalak*, azaz *hifák* elágazásával, összeolvadásával és összegabalyodásával létrejövő, kaotikus csipkemintázatokat nevezik *micéliumnak*. Az ökoszisztémákban a víz és a tápanyagok a micéliumhálózatokban áramlanak. *A gombaélet jelentős része, beleértve a micéliumnövesztést is, a csábítás kifinomultabb formáin alapul*. Két olyan kulcsfolyamat van, amelyek által az egyszerű gombafonalakból micéliumhálózat fejlődik. Először is elágaznak, másodsor pedig összeolvadnak. Ha a gombafonalak nem tudnának elágazni, egyből soha nem lehetne több. Ha a gombafonalak nem tudnának egymással összeolvadni, nem lennének képesek összetett hálózatokat alkotni. Az összeolvadás előtt azonban az egyik gombafonálnak meg is kell találnia a másikat, és ebből a célból vonzzák egymást – ezt a jelenséget önvezérlésnek nevezik. A gombafonalak összeolvadása

az a varrat, amely a micéliumot micéliummá teszi, a legalapvetőbb hálózatépítési művelet. Ebben az értelemben bármely gomba micéliuma az önmaga vonzására való képességének az eredménye. [Gombaszex:] De ha egy adott micéliumhálózat képes önmagával találkozni, akkor más micéliumhálózatokkal is képes. Hogyan tartják fenn a gombák a testük érzetét, ha az folyamatosan változhat? *A gombafonalaknak képeseknek kell lenniük megállapítani, hogy saját maguk egyik ágába ütköznek-e vagy egy másik gombáéba.* Ha másikról van szó, akkor azt is meg kell tudniuk állapítani, hogy az egy másik – potenciálisan ellenséges – fajhoz tartozik-e, a saját faj egy ivaros szaporodásra kompatibilis tagja-e, vagy egyik sem. *Egyes gombáknak több tízezer párosodási típusa van, ami nagyjából a mi nemeink megfelelője.* Sok gomba micéliumhálózata akkor képes összeolvadni más micéliumhálózatokkal, ha genetikailag kellően hasonlók, még ha ivaroson nem is kompatibilisek. A gombák önazonossága számít, de a világuk nem mindig bináris jellegű. Az 'én' képes fokozatosan átmenni a 'másikba'.

Önvezérlés nélkül nem létezhetne micélium. Micélium nélkül nem lehetne vonzódás a párosodási típusok között. Szexuális vonzódás nélkül nem lehetne ivaros szaporodás. Ivaros szaporodás nélkül pedig nem létezhetne szarvasgomba. (A szarvasgomba Sheldrake egyik leggyakoribb példája – Osman P.). Ámde a szarvasgombák és a partnerfaik közötti kapcsolatok is ugyanilyen fontosak, kémiai érintkezéseiket pedig igen összetett módon kell kezelni. A fiatal szarvasgombák gombafonalai hamar elhalnak, ha nem találnak egy növényt, amellyel partneri viszonyt létesíthetnek. *A növényeknek be kell bocsátaniuk a gyökereikbe azokat a gombafajokat, amelyek kölcsönösen előnyös viszonyt létesítenek velük, miközben kizárják azt a nagyszámú fajt, amelyek betegséget okoznak.* A gombafonalak és a növényi gyökerek számára is komoly feladatot jelent egymás megtalálása a talaj kémiai Babelében, ahol számtalan egyéb gyöker, gomba és mikroba kutat és érintkezik.”

Kémiai hívás és válasz: „A növények és a gombák is illékony vegyületeket használnak arra, hogy vonzóvá tegyék magukat egymás számára. A fogékony növényi gyökerek illékony vegyületek felhőit bocsátják ki, amelyek a talajban szétáradva a spórákat csírázásra, a gombafonalakat pedig gyorsabb növekedésre és több elágazásra serkentik. A gombák ugyanakkor olyan növényi növekedési hormonokat termelnek, amelyekkel manipulálni tudják a gyökereket, és arra tudják készíteni, hogy sokszorososan elágazva finom hajszálgyökerek rengetegét hozzák létre – a nagyobb felület valószínűbbé teszi a gyökérvégek és a gombafonalak találkozását. Sok gomba azért termel növényi, illetve állati hormonokat, hogy megváltoztassa a gazdaszervezetei élettani folyamatait. *Mindkét élőlény módosítja az anyagcseréjét és a fejlődési programját.* A gombák által kibocsátott vegyületek felfüggesztik növényi partnereik immunválaszát – ha ez nem történne meg, nem tudnának elég közel kerülni ahhoz, hogy kiépítsék a szimbiotikus struktúrákat.”

Gombafüggők: „Az anyagcsere terén tanúsított leleményességük miatt a gombák roppant sokféle kapcsolatot képesek kialakítani. Amióta csak léteznek növények, akár gyökereikben, akár hajtásaikban mindig is rászorultak a gombák segítségére a táplálkozásban és önma-

guk megvédésében. Az állatok is függenek a gombáktól. Az emberi társadalmak gombákkal való összefonódása is hasonló mértékű.” Ennek részletezése következik, azzal kezdve, hogy „[a] gombás betegségek évente sok milliárd dollárnyi veszteséget okoznak”, továbbá a védekezés, a gombaölő vegyszerek kártékony hatásaival. „Ahogy [a tevékenységeinkkel, pl. áruk szállításával] a kórokozó gombákat terjesztjük, új lehetőségeket teremtünk az evolúciójukhoz.” „Ugyanakkor a levélvágóhangyákhoz hasonlóan („a levélvágóhangyák életében meghatározó szerepe van egy gombának, amelyet tágas, föld alatti üregekben természetnek, és levéldarabkákkal táplálnak”) az ember is rájött arra, hogyan oldhat meg egy sor súlyos problémát a gombákkal. Valószínűleg már fajunk, a *Homo sapiens* kialakulása előtt is igénybe vettük a segítségüket.”

Létfontosságú ismeretlenek: „Az emberi társadalmak élete mindig is a gombák bámulatos anyagcseréje körül forgott. A gombák kémiai eredményeinek teljes felsorolása hónapokig tartó litánia lenne. Bármilyen ígéretesek is azonban, és bármennyire központi szerepet játszottak is számos ősi hagyományban, a rájuk irányuló figyelem mindig is *töredéke volt csupán annak, amit az állatokra és a növényekre fordítottunk*. A legmegbízhatóbb becslések szerint a Földön 2,2–3,8 millió gombafaj él – 6-10-szer több mint ahány növényfaj –, ami azt jelenti, hogy az összes gombafajnak mindaddig alig 6%-át írták le. Éppen csak hogy elkezdtük tehát felfedezni a gombák életének bonyolultságát és kifinomultságát.” – Mai világunk természetét tekintve, ahol e felfedezés új profitlehetőségekre mutat, a megismerési és kiaknázási erőfeszítések gombamód szaporodni fognak.

„*Bolygónkon viszonylag kevés olyan hely van, ahol egyáltalán nincsenek gombák*: a tengerfenék mélyebb üledékrétegeiben éppúgy jelen vannak, mint a sivatagok felszínén, az örökké fagyos antarktikai völgyekben vagy az ember emésztőrendszerében és testnyílásaiban. A növényi sejtek közötti résekben alkotnak bonyolult szöveteket, és segítenek megvédeni a növényt a betegségektől. *Egyetlen, természetes körülmények közt fejlődött növényt sem találtak még ilyen gombák nélkül*: ugyanannyira részei a növényi életformának, mint a levelek vagy a gyökerek.”

Szuperlénnyek? „Hatékony enzimek és savak koktéjljai segítségével a bolygón előforduló legellenállóbb anyagok egy részét is képesek lebontani, a fák legszívósabb összetevőjétől, a lignintől kezdve a kőzeteken, a nyersolajon és a poliuretánon át egészen a TNT-ig. *Kevés olyan környezet van, amely túl szélsőséges lenne a számukra*. A csernobili romok között nagy számban nőnek radiotróf gombák. E *radiotoleráns fajok* némelyike egyenesen a sugárzás szempontjából forró anyagszemcsék felé növekszik, és a jelek szerint képes hasonló módon *energiaforrásként hasznosítani a sugárzást, ahogyan a növények a napfény energiáját*.” [A hirosimai atomtámadás után] „a jelentések szerint az első élőlény, amely a romok között fejlődésnek indult, egy matsutake gomba volt.” Sheldrake itt megjegyzi: „Egy bányameddőkből izolált gomba a radioaktív sugárzással szemben legellenállóbb élőlények egyike az általunk ismert fajok közül, és *segíthet a nukleáris hulladéklerakók megtisztításában*.”

„Radikális gombatechnológiák segíthetnek bennünket megküzdeni számos olyan problémával, amelyek a tartós környezetkárosítás következtében lépnek fel. A gombamicéliumok termelte vírusellenes szerek csökkentik a méhkaptárakat sújtó elnéptelenedési szindrómát. A gombák mohó étvágya munkára fogható a környezetet szennyező anyagok, például a nyersolajfoltok lebontásában; a folyamatot *mikoremediáció*nak nevezik. A *mikofiltráció* során a szennyezett vizet micéliumszövedéken engedik át, amely kiszűri belőle a nehézfémeket és semlegesíti a mérgeanyagokat. A *mikofabrikáció* során micéliumok segítségével építőanyagokat és szöveteket növesztenek, amelyek számos felhasználási területen a műanyagok és a bőr helyére léphetnek. A *radiotoleráns* gombák által termelt, gombamelanin nevű pigmentek újfajta, a sugárzással szemben ellenálló bioanyagok előállítását tehetik lehetővé.”

„A *micélium felfedező üzemmódban* kezd el minden irányban terjeszkedni. Ha egy szivattagban kellene vizet találnunk, mi kénytelenek lennénk kiválasztani egy irányt, amerre elindulunk. A *gombák azonban egyszerre kutathatnak minden irányban*. Ha aztán a gomba valami ehetőt talál, megerősíti az őt a táplálékkal összekapcsoló összeköttetéseit, míg azoktól, amelyek sehová sem vezetnek, megszabadul.”

„A *micélium vándorol, szüntelenül önnön korlátjain kívülre és túlra*. Rengeteg kapcsolatot hoz létre. Egy részük versenyképesebbnek bizonyul a többinél. Ezek megvastagodnak. A kevésbé versenyképes kapcsolatokat a gomba visszavonja, és csak néhány forgalmas főútvonalat hagy meg. Azzal, hogy az egyik irányba növekednek, a másikkól pedig visszahúzódnak, a micéliumhálózatok akár lassú vándorlásra is képesek.”

„Lynne Boddy, a Cardiffi Egyetem mikrobiális ökológiával foglalkozó professzora évtizedeket töltött a *micélium kereső viselkedésének* tanulmányozásával. Egyik kísérletében hagyta, hogy egy korhasztó gomba egy fadarabban növekedjen. A fadarabot ezután egy Petricsészébe tette. A fadarabtól kifelé minden irányban micélium növekedett, bolyhos, fehér gyűrűt hozott létre. A terjeszkedő hálózat idővel újabb fadarabot talált. A gombának csak egy kis része került érintkezésbe ezzel a fadarabbal, mégis *az egész hálózat viselkedése megváltozott*. A micélium nem kutatott tovább minden irányban. *Visszavonta hálózatának a kereső részeit, ugyanakkor az újonnan talált fadarabbal való összeköttetést megvastagította*. (Sheldrake egyik nagy kérdése, miként, milyen technikával terjed el a vonatkozó információ az egész hálózatban, hogy erre a reagálásra készítse a gombafonalakat. Több felvetést hoz, egyik a kémiai vezérlés, biztos válasz még nincs – Osman P.) Néhány nap elteltével a hálózat felismerhetetlenül megváltozott, teljesen átalakította önmagát. Boddy ezután megismételte a kísérletet, de némi csavarral. Most is hagyta, hogy az eredeti fadaraból növekedő gomba felfedezze az új fadarabot. Ám most, mielőtt még a hálózatnak elegendő ideje lett volna átalakítani önmagát, kivette az eredeti fadarabot a Petri-csészéből, leszedte róla az összes gombafonalat, és egy másik Petri-csészébe helyezte át. A gombafonalak az eredeti fadarabából abba az irányba kezdtek növekedni, amerre az előző Petri-csészében az újonnan felfedezett fadarab volt. *A micélium a jelek szerint rendelkezett valamiféle iránymemóriával*, bár azt egyelőre nem tudjuk, hogyan is működik ez a memória.”

A gombák és az agy: A gombák teljesítményei kapcsán rendre felvetődő kérdés a szellemi teljesítmény és az „agy” kapcsolata: lehet-e az előbbi az utóbbi nélkül, hiszen a gombáknak semmiféle hagyományos „agyszerű” struktúrájuk sincs. Valóban? Jó ok ez arra, hogy elgondolkodjunk, mi is tekinthető agynak.

Érdekes eredményt adhat, ha nem a struktúrát, hanem a teljesítményt nézzük. Vajon eretnek-e mondani, hogy bennünket sem az agyunk, hanem az elménk tesz emberré (ami nálunk agy nélkül nem menne – de ez a mi felépítésünk). Ha működik érzékelés, „intelligens” – kifinomult – válasz, problémamegoldás vagy más ’szellemi’ funkció, nem ez a lényeg, ha „agy” nem is látszik? „Japán kutatók nyálkagombákat tettek olyan Petri-csészékbe, amelyekben a tokiói agglomeráció térképét alakították ki. Zabpehelyszemek jelezték a fő forgalmi csomópontokat, az akadályokat, például a hegyeket pedig erős fények – a nyálkagombák nem szeretik a fényt. Egyetlen nap elég volt arra, hogy a nyálkagombák megtalálják a zabpehelyszemek közti leghatékonyabb útvonalat, és a nyúlványaikkal kialakított hálózat szinte pontosan megfelelt Tokió meglévő vasúthálózatának. Más hasonló kísérletekben a nyálkagombák az Egyesült Államok autópálya-hálózatát és az ókori Közép-Európa római úthálózatát alkották újra.”

„Az agyat már nagyon régóta dinamikus hálózatnak tartják. Napjainkban a ’*hálózati idegtudomány*’ nevet használják arra a tudományterületre, amely azt vizsgálja, miként alakul ki az agy tevékenysége az idegsejtek millióinak egymással összekapcsolt működéséből. Az ember agyának egyetlen idegsejtáramköre nem eredményezhet intelligens viselkedést, mint ahogy egyetlen természet viselkedése sem elegendő egy összetett természet felépítéséhez. Egyetlen idegi áramkör sem ’tudja’ jobban, mi is történik, mint amennyire egyetlen természet ’ismeri’ a természet szerkezetét, de nagyszámú idegsejtből olyan hálózat épülhet fel, amelyben meglepő jelenségek alakulhatnak ki. Ezen felfogás szerint *az összetett viselkedések – beleértve az elméket és a megélt, tudatos tapasztalás mélyen árnyalt textúráit is – az önmagukat rugalmasan átépítő, összetett idegsejthálózatokból születnek.*” Igazából már az sem kérdés, állhat-e itt „idegsejt” helyett „kapcsolóelem”, hiszen ezt teszi a modern informatika, s már odáig haladt, hogy mesterséges intelligenciát konstruáljon. Ha pedig „kapcsolóelem”, Sheldrake erre is izgalmas választ hoz: „Stefan Olsson svéd mikológus évtizedeket töltött annak kutatásával, miként koordinálják magukat a micéliumhálózatok. [Alapul vette, hogy] a gombafonalak elméletileg alkalmasak kell legyenek elektromos impulzusok közvetítésére. (Sheldrake másutt le is írja, hogy kimutatták e vezetőképességet.) Szigetelő tulajdonságú fehérjék borítják őket, ennek köszönhetően az elektromos aktivitás hullámai nagy távolságokat tehetnek meg anélkül, hogy eloszlanának – az állati idegsejteket ehhez nagyon hasonló szigetelőburok veszi körül. Ráadásul a micélium sejtjei egybefüggők, ami azt jelenti, hogy a hálózat egyik részéből induló jelzések akadálytalanul juthatnak el más részekbe. Feltételezte, hogy ha a gombákban léteznek elektromos kommunikációs rendszerek, azokat könnyebb lenne olyan fajokban kimutatni, amelyeknek nagyobb szükségük van távolsági kommunikációra. Mikroelektrodákat szúrt tuskógomba gombafonalaiába, és rendszeres

akcióspotenciál-szerű impulzusokat észlelt, amelyek gyakorisága nagyon hasonló volt az állatok érző idegsejtjeiben mérhetőhöz. Egy sor egyéb gombafajt is megvizsgált, mindegyikükben keletkeztek akciós potenciálhoz hasonló impulzusok, és mindegyik érzékenynek bizonyult különféle ingerekre. Feltevése szerint *az elektromos jeltovábbítás sokféle gomba számára kínálhat működőképes megoldást arra, hogy üzeneteket küldjenek önmaguk különböző részeihez a táplálékforrásokról, a sérülésekről, a gombán belüli helyi körülményekről vagy a környezetében jelen lévő más egyedekről.*

„Hogy a gombák elektromos jelzéseket használhatnak a gyors kommunikációhoz, erre a Nem Hagyományos Számítástechnikai Laboratórium igazgatója, Andrew Adamatzky is felfigyelt. [Kutatásai alapján] felvetette azt a lehetőséget, hogy a micéliumhálózatok az elektromos aktivitás tüskéivel kódolt információkat dolgoznak fel. Ha tudjuk, hogyan reagál egy micéliumhálózat egy adott ingerre, érvelt Adamatzky, akkor élő áramkörként kezelhetjük. Adamatzky éveket töltött olyan módszerek fejlesztésével, amelyek lehetővé teszik a nyálkagombák érzékelőkként és számítógépekként való használatát. Ezek az egyelőre prototípusként létező bioszámítógépek a nyálkagombák segítségével különféle mértani problémákat képesek megoldani. A nyálkagomba-hálózatokat módosítani is lehet – például egy összeköttetés átvágásával –, hogy megváltoztassák a hálózatban megvalósított 'logikai funkciók' készletét.”

Hihetetlen szenzoros képességek: „A később Nobel-díjas Max Delbrück érdeklődni kezdett a szenzoros viselkedés iránt. Modellélőlénynek a *Phycomyces blakesleeanus* nevű gombát választotta, mivel lenyűgözték annak érzékelési képességei. A *Phycomyces* termőestei – lényegében óriási, függőleges gombafonalak – az emberi szemhez hasonlóan fényérzékenyek, és alkalmazkodnak a gyenge, illetve az erős fényhez. *Képesek már az egyetlen csillagból származó fényt is érzékelni, és csak a derűs időben tündöklően ragyogó nap tudja elkápráztatni őket.* Egy növényből csak ennél több százszor erősebb fényvel lehetne reakciót kiváltani. Az érintés iránti rendkívüli érzékenysége mellett – mindig széllel szemben nő, még ha annak a sebessége nem is haladja meg az óránkénti 0,036 kilométert – a *Phycomyces* a közelében lévő tárgyakat is észleli; ezt a jelenséget 'elkerülési reakciónak' nevezték el. Noha évtizedek óta igen alaposan tanulmányozzák, az elkerülési reakció még *ma is rejtély*. Ha növekedésük közben a *Phycomyces* termőestei néhány milliméterre megközelítenek egy másik dolgot, elhajolnak előle, és soha nem érnek hozzá. Akármilyen tárgy kerül is a közelébe – legyen az átlátszó vagy átlátszatlan, sima vagy érdes –, a *Phycomyces* *nagyjából két perc elteltével elkezd elhajlani tőle.*” A kutatók – olvashatjuk – az észlelés legkülönbözőbb útját-módját vizsgálták, de magyarázatot még nem találtak.

Két úton egyszerre, de hányan? Fentebb már idéztük a gombák „útvonal-megoldó képességét”. Ahhoz csatlakozva: „Képzeljük el, milyen lenne egyszerre két ajtón belépni! Felfoghatatlan, a gombák mégis folyton ezt teszik. Elágazáshoz érve a gombafonalaknak nem kell eldönteniük, hogy melyik irányt válasszák. Egyszerűen elágazhatnak, és mindkét úton továbbhaladhatnak. Ha a gombafonalakat mikroszkopikus labirintusokban növeszt-

jük, megfigyelhetjük, hogyan tapogatóják ki az útjukat. Akadályba ütközve kettéágaznak. Miután így megkerülték az akadályt, a hifacsúcsok újra az eredeti irányban növekednek tovább. *Gyorsan megtalálják a legrövidebb utat* a kijáráthoz, ahogyan a barátom feladatmegoldó nyálkagombái is képesek voltak megtalálni az IKEA-útvesztőből kivezető legrövidebb útvonalat. A hifák csúcsait a környezet felfedezése közben megfigyelve különös dolognak lehetünk tanúi. Egy csúcsból kettő lesz, kettőből négy, négyből nyolc – de mind ugyanazon micéliumhálózat része marad. Időnként azon kapom magam, hogy eltöprengek, *vajon ez egyetlen élőlény-e, vagy sok, aztán kénytelen vagyok belátni, hogy bármily képtelenség is, valami módon mindkettő egyszerre*. A micélium a mi állati képzeletünk számára szinte felfoghatatlan módja az életnek.”

Az említett *IKEA-kísérlet*: „Egy nyálkagomba-rajongó (mik vannak! – Osman P.) mesélt egy általa elvégzett vizsgálatról. Gyakran megesett vele, hogy eltévedt az IKEA áruházakban, és hosszú perceket töltött a kijárat keresésével. Elhatározta tehát, hogy a nyálkagombáira bízta a feladat megoldását, és a helyi IKEA alaprajzának megfelelő útvesztőt épített számukra. A nyálkagombák pedig, noha sem jelzések, sem személyzet nem igazította útba őket, hamar megtalálták a kijáráthoz vezető legrövidebb utat. ’Látod – nevetett az illető –, okosabbak nálam.’”

Leleményes mechanizmus, zseniális válasz „A kukorica genetikájával kapcsolatos kutatásaiért Nobel-díjjal jutalmazott Barbara McClintock a növényeket ’rendkívüli, a legvadabb várakozásainkat is felülmúló’ élőlényekként írta le. Nem azért, mert módot találtak arra, hogy olyan dolgokat is megtegyenek, amikre az ember is képes, hanem mert az egy helyen legyökerezve leélt életük miatt kénytelenek voltak számtalan ’leleményes mechanizmust’ kialakítani olyan problémák megoldására, amelyeket az állatok azzal, hogy elfutnak, könnyen elkerülhetnek. De ugyanez a gombákról is elmondható. *A micélium is egy ilyen leleményes mechanizmus, zseniális válasz az élet néhány egészen alapvető kihívására*. A micéliumalkotó gombák nem úgy viselkednek, ahogyan mi viselkedünk, és olyan rugalmas hálózatokból állnak, amelyek folyamatosan átalakítják önmagukat. *Lényegében nem mások, mint rugalmas, önmagukat folytonosan átformáló hálózatok*.”

A mondandó íve, a fejezetcímekkel: Csali / Élő útvesztők / Idegenek meghitt viszonya / Behálózott elmék / A gyökerek előtt / Erdőhálók / Radikális mikológia / Értsük meg a gombákat! / Epilógus: Ez a komposzt.

Mindebből már csak néhány kis részletről szólhatunk itt. Íme!

Horrogombák: A „Behálózott elmék” nem napjaink társadalmairól szól, hanem horrorba illő tudományos leírások arról, miként kerítenek hatalmukba gombák bizonyos állatokat, s használják fel azok testét. „Az állati viselkedés legtermékenyebb és legötletesebb manipulátorait a rovarok testében élő gombák egy csoportjában kell keresnünk. Ezek a ’zombigombák’ képesek úgy módosítani a gazdaszervezet viselkedését, hogy abból egyértelmű előnyük származzon: a rovar eltérítésével a gomba képes szétszórni spóráit és befejezni

életciklusát.” Rémisztő leírások sorakoznak. Jól érzékelhető, hogy ha a micélium nem is (egy gondolatmenet bemutatta, hogy szinte vég nélkül képes hosszabbodni), a természet kegyetlensége végtelen és rendkívül találékony. Egy enyhébb példa: „A zombigombák elképesztő pontossággal irányítják rovargazdáik viselkedését. Az *Ophiocordyceps* arra kényszeríti a hangyákat, hogy a halálos szorítást egy olyan zónában hajtsák végre, ahol éppen megfelelő a hőmérséklet és a páratartalom a gomba spóratermeléséhez: huszonöt centiméterrel az erdő talaja fölött. A gomba a hangyákat a nap irányának megfelelően tájolja, és a fertőzött hangyák mind egyszerre, délben harapnak rá a növényre. De nem is egy véletlenszerű pontra harapnak rá a levél fonákán: az esetek 98%-ában egy nagyobb eret találnak telibe.” (Többé nem képesek elengedni, ott pusztulnak – ezért a „halálos”.) A leírtakban a „hogyan teszi”-re kísérletes – és kísérteties – válaszok vannak, ám a pontos működésre, s még inkább arra, hogy mindez miként jött össze, még nagyon nincsenek. Az biztos, hogy a szadista gyilkosokról szóló sorozatok alkotói tanulni járhatnak a gombákhoz!

A badargomba és az ember: ki kit használ? (persze csak abban, a könyvben olykor felsejülő felfogásban, hogy a gombák aktív cselekvők): „Azt talán nem tudjuk, hogy a pszilocibin miként szolgálta a gombák érdekeit létezése első néhány millió évében. (A pszilocibin a 'varázsgombák' számos fajának hatóanyaga. Sheldrake részletesen bemutatja klasszikus alkalmazását és modern, terápiás felhasználását – Osman P.) De a jelenlegi nézőpontunkból egyértelmű, hogy a *pszilocibin és az emberi elme kölcsönhatása átalakította a vegyületet termelő gombák evolúciós sorsát*. A pszilocibint termelő gombák könnyen alakítanak ki kapcsolatot az emberrel. A pszilocibin arra készítette az embereket, hogy felkutassák a gombákat, egyik helyről a másikra vigyék őket, és módszereket dolgozzanak ki a természetükre. *Ezáltal hozzájárultunk spóráik elterjedéséhez*, amelyek egyrészt elég könnyűek ahhoz, hogy nagy távolságokat tegyenek meg a levegőben, másrészt nagy számban termelődnek: hagyjunk egyetlen termőtestet néhány órán át egy felületen, és annyi spórát fog kiszórni, hogy sűrű, fekete foltot hagy maga után. Az, ahogyan a varázsgombák a 20. század néhány évtizede alatt az ismeretlenségből nemzetközi sztárokká váltak, az ember és a gombák közti kapcsolatok hosszú történetének egyik leglátványosabb momentuma.”

Gomba-növény kereskedelmi stratégiák – de vajon mi formál-működtet ilyen célorientált „viselkedést” lényekben, amelynek nincs tudata? A szcenárió: „A növényeknek és a mikorrhizaképző gombáknak nincs felismerhető agyuk vagy értelmük, de minden bizonynyal összefonódott életet élnek, és ki kellett alakítaniuk a módját, hogyan intézzék bonyolult ügyeiket. A növények cselekedeteire hatnak a gombapartnereik érzékelési világában zajló események. Hasonlóképpen, a gombák viselkedését befolyásolja az, ami növényi partnereik érzékelési világában történik. A növények hajtásai és levelei tizenöt-húsz különböző érzék információit felhasználva vizsgálják a levegőt, és viselkedésüket a környezetükben bekövetkező folyamatos, finom változásokhoz igazítják. Gyökércsúcsok ezrei, milliói vagy akár milliárdjai fedezik fel a talajt, és mindegyikük többszörös kapcsolatot képes kialakítani különböző gombafajokkal. Eközben a mikorrhizaképző gombáknak ki kell szimatolniuk a

tápanyagforrásokat, el kell szaporodniuk azokban, más mikrobák tömegével kell keveredniük – legyenek azok gombák, baktériumok vagy egyebek –, fel kell szívniuk a tápanyagokat, és továbbítaniuk kell azokat testük zezgugos hálózatában.”

Az akciók: „Toby Kiers, a Vrije Universiteit Amsterdam professzora egyike azoknak a kutatóknak, akik a legtöbbet tették a növények és a gombák közti 'erőegyensúly' fenntartásának vizsgálatáért. Képes nyomon követni a növényi gyökerekből a gombafonalakba kerülő szenet, illetve a gombákból a növényi gyökerekbe kerülő foszfort. Azáltal, hogy igen részletesen megmérte ezeket az anyagáramlásokat, le tudta írni, hogy a két partner miként bonyolítja a cserét. Eredményei azért meglepők, mert arra utalnak, hogy sem a növény, sem a gomba nem képes teljes mértékben irányítani a kapcsolatot. *Képesek kompromisszumokat kötni és kifinomult kereskedelmi stratégiákat alkalmazni.* Az egyik kísérletsorozatban azt találta, hogy a növényi gyökerek több szénrel látták el azokat a gombatorzseket, amelyekből több foszfort kaptak. Azok a gombák azután, amelyek több szénert kaptak a növénytől, még több foszfort továbbítottak neki. A csere bizonyos értelemben az erőforrások elérhetőségének függvényében zajlott a felek között. Kiers feltételezése szerint ezek a 'kölcsonös jutalmak' segítettek abban, hogy a növények és a gombák társulásai az evolúció során stabilak maradjanak. *A viselkedésük rugalmas, folyamatos tárgyalások sorozata,* amelyek attól függenek, hogy mi történik körülöttük és más részeikben. Nem sokat tudunk e viselkedések működéséről, de az világos, hogy *a növények és a gombák minden pillanatban többféle lehetőséggel szembesülnek. A lehetőségek pedig döntéseket vonnak maguk után, akárhogy hozzák is meg azokat* – akár egy tudatos emberi elmében születnek, akár egy tudattalan számítógépes algoritmusban, vagy bárhol a kettő között.”

Hatalmas, összetett együttműködő rendszerek: „A legtöbb növény promiszkuis, és számos mikorrhizapartnerrel képes kapcsolatot létesíteni. A mikorrhizaképző gombák is promiszkuisak a növényekkel való kapcsolataikban. Különálló gombahálózatok is összeolvadhatnak egymással. Az eredmény? A közös mikorrhizahálózatok potenciálisan hatalmas, összetett és együttműködő rendszerei. A gombahálózatok fizikai kapcsolatokat alakítanak ki a növények között. *Ezek az egymással megosztott mikorrhizahálózatok az ökológia leg-alapvetőbb elvét testesítik meg: az élőlények közötti kapcsolatokét.* Humboldt a 'hálószerű, összekuszált szövet' hasonlatot használta a természeti világ 'élő egészének' a leírására, a kapcsolatok olyan, bonyolult együttesére, amelybe az élőlények elválaszthatatlanul beágyazódnak. *A mikorrhizahálózatok valóságossá teszik a hálót és a szövetet.*”

„Lehetséges volna, hogy a növények között, a föld alatti közös gombahálózatokon keresztül infokemikáliák is továbbítódnak? Ez a kérdés foglalkoztatta Lucy Gilbertet és David Johnstont, akik a skóciai Aberdeeni Egyetemen dolgoztak. [Kísérleteikkel] egyértelmű megerősítést kaptak a hipotézisükre. Azok a növények, amelyek közös gombahálózaton keresztül kapcsolódtak a levéltetűvel fertőzött növényhez, fokozták az illékony védekező vegyületek termelését, még akkor is, ha ők maguk nem találkoztak levéltetűekkel. Világossá vált, hogy megállapításuk nem egyedii példa. Hasonló jelenséget figyeltek meg a hernyók

által megtámadott paradicsompalánták, valamint a lucrügymoly által megtámadott duglászfenyő- és erdeifenyő-csemeték között. Ezek a vizsgálatok izgalmas új lehetőségeket tárnak fel. Sok kutató osztja azt a nézetet, hogy *a gombahálózatokon keresztül történő növényi kommunikáció a mikorrhizaképzés egyik legizgalmasabb aspektusa.*” – Ami, ahogy Sheldrake is kiemeli, megválaszolandó kérdések új sorát veti fel.

„Valójában a gombák korántsem passzív kábelek. Mint láttuk, a micéliumhálózatok képesek összetett térbeli problémákat megoldani, és kifejlesztettek egy finoman hangolt képességet anyagok szállítására.” A továbbiakban elemzi, milyen saját, aktív szerepük van a gombáknak e hálózatos anyagtranszferek irányításában, „optimalizálják az általuk elért 'cserearányt'”. A gondolatmenet felett pedig ott lebeg, nem először: mintha mindezt valami célszerűségi megfontolás irányítaná.

Namármost, vagy szerzünk némi badargombát, s a korlátot feledve örömmel folytatjuk tovább e hihetetlen világ bemutatását, vagy itt kell abbahagyni. Sajnos, az utóbbi!

Dr. Osman Péter