

Válasz Vörös Lajos, az MTA doktora
Farkas Edit MTA doktori értekezéséről készített
opponensi véleményére

Köszönöm opponensemnek értekezésem bírálataival kapcsolatos részletes munkáját, elismerő szavait és jogos, pozitív kritikáját.

Kérdéseire, valamint a 9. és 10. ábrára vonatkozó megjegyzésére, amelyeket az opponensi vélemény szövegébe építve találtam, a kérdést megismételve és dőlt betűvel kiemelve, így válaszolok:

Hawksworth és Honegger (1994) széleskörűen elfogadott zuzmó definíciója szerint a gombapartner(ek) és fotobionta partner(ek) mutualisztikus együttéléséről van szó. Valóban mutualisztikus együttéléstről van e szó, hiszen ez a kapcsolat meglehetősen egyoldalú, mivel az algapartner képes a szabad életre, a gombapartner azonban erre képtelen?

Igen, véleményem szerint valóban mutualisztikus együttéléstről van szó. A mutualisztikus együttélés azt jelenti, hogy a kapcsolat mindkét partner számára, kölcsönösen jár előnyökkel, de az előnyöknek nem kell feltétlenül egyenlőnek is lenniük. Az előnyök „mértékét” pedig nehéz összehasonlítani. A fotobionta partnerek fotoszintézisre képes élőlények, emiatt képesek a szabad életre is, viszont a gomba olyan életteret biztosít számukra, ahol szabadon nem feltétlenül élnének, vagy csak rövidebb ideig lennének aktívak, vagyis az együttélés a fotobionta számára térben és időben is megnöveli a lehetőségeket. Emiatt mondhatjuk, hogy az együttélés nemcsak a gomba, hanem mindkét partner számára előnyös. A zuzmó fotoszintetikus rétegével szomszédos bélrétegében a gombahifák laza elrendeződésének köszönhetően szivacszerűen veszi fel és tartja meg a vizet (esetenként órákon keresztül, mindenképpen hosszabb ideig, mint ameddig a víz a szabadon élő szárazföldi algáknak rendelkezésre állna a talaj-, kőzet-, fakéreg- és levélfelületeken), ami az algák életműködéséhez nélkülözhetetlen. A zuzmógombák számára a fotoszintetikus partnerrel való együttélés elsődleges szerves tápanyagot biztosít. A fotobionta szemszögéből nézve, úgy is fogalmazhatunk, hogy a fotobionta tulajdonképpen egy számára alkalmas környezetet, életteret hoz létre és tart fenn saját magának a fotoszintetizált anyagok révén, azaz azért „tartja el” a gombapartner, hogy a saját túlélését elősegítse. A gombapartner szemszögéből nézve, a zuzmótelep életműködéséhez, növekedéséhez elengedhetetlenül szükséges metabolitok előállítására „helyhez kötött” fotobionta farmot működtet, mely számára a környezeti viszontagságoktól viszonylagosan védett körülményeket biztosít.

Bár a fenti a legáltalánosabban elfogadott nézet, természetesen ismertek más vélemények is. Ilyen például a kontrollált parazitizmus felfogás (Ahmadjian 1993, Kirk *et al.* 2001). Ugyanakkor további gombapartner csatlakozása úgy bonyolíthatja a képet, hogy számolnunk kell a parazitizmus, kommenzalizmus, szaprofitizizmus jelenségével (vö. Lawrey & Diederich 2003, Nash 2008) is.

Ahmadjian, V. 1993: *The lichen symbiosis*. – Wiley, New York, 250 pp.

- Hawksworth, D. L. & Honegger, R. (1994): *The lichen thallus: a symbiotic phenotype of nutritionally specialized fungi and its response to gall producers*. – In: Williams, M. A. J. (ed.): *Plant galls. Organisms, interactions, populations*. The Systematics Association Special Volume, Clarendon Press, Oxford, pp. 77–98.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C. & Stalpers, J. A. (2001): *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. Ninth Edition. – CAB International, Egham, 655 pp.
- Lawrey, J. D. & Diederich, P. 2003: Lichenicolous fungi: interactions, evolution, and biodiversity. - *The Bryologist* 106(1): 81–120.
- Nash, T. H. III 2008 *Lichen biology*. 2nd edition – Cambridge University Press, New York, 486 pp.

Kérdésem az, hogy a magyar nevek a nemzetközi irodalomban használt nevek magyarításai vagy azoktól független konstrukciók?

A speciális zuzmóvegyületek elnevezései a leggyakrabban angol és német forrásokban (pl. Culberson 1969, Zopf 1907) közölt nevek magyarosított változatai. A kémiai nevekben gyakran olyan zuzmótaxonok neveire ismerhetünk rá, amelyből (gyakran először) kimutatták ezeket a vegyületeket. Ilyenkor a zuzmó latin nevének magyar kiejtését vettem alapul. Segítségemre volt a *Helyesírási és tipográfiai tanácsadó* egy 1972. évi kiadása (Timkó és mtsai 1972), amely a latin nevek, illetve a kémiai nevek írásmódjával kapcsolatban részletesebb ajánlásokat tartalmazott (pl. fonetikus átírás, egybeírás-különírás tekintetében): a „ch” hangzót megtartjuk, de a „q” előfordulása esetén a hangzás szerinti átírást követjük, pl. a „squa-” szótag „szkva”-vá alakul. Az alábbi példák alapján legtöbb zuzmóanyag neve értelemszerűen átírható:

barbatic acid → barbátasav (vö. *Usnea barbata*), barbatolic acid → barbatolsav, bourgeanic acid → burgeánasav (vö. *Ramalina bourgeana*), cetraric acid → cetráriásav (vö. *Cetraria islandica*), evernic acid → everniasav (vö. *Evernia prunastri*), caperatic acid → kaperátasav (vö. *Flavoparmelia caperata*), lecanoric acid → lekanorasav (vö. *Lecanora* spp.), lichesterinic acid → licheszterinsav, placodiolic acid → plakodiolsav, protolichesterinic acid → proto-licheszterinsav, prunastric acid → prunasztrisav, pulvinic acid → pulvinsav, rangiformic acid → rangiformiszsav (vö. *Cladonia rangiformis*), roccellaric acid → roccelláriásav, roccellic acid → roccellasav (vö. *Roccella tinctoria*), salazinic acid → szalazinsav, solorinic acid → szolorinasav (vö. *Solorina saccata*), squamatic acid → szkvamátsav, strepsilin → sztrepszilin, umbilicatic acid → umbilikáriásav (vö. *Umbilicaria* spp.), usnic acid → uzneasav (vö. *Usnea* spp.), variolaric acid → varioláriásav, vulpinic acid → vulpínsav.

Culberson, C. F. (1969): *Chemical and botanical guide to lichen products*. – The University of North Carolina Press, Chapel Hill, 628 pp.

Timkó, Gy., Farle, J., Rátz, M. (1972): *Helyesírási és tipográfiai tanácsadó*. – Nyomdai Egyesülés, Budapest, 336 pp.

Zopf, W. (1907): *Die Flechtenstoffe in chemischer, botanischer, pharmakologischer und technischer Beziehung*. – Fischer, Jena.

Kár, hogy a 9. ábrán a jelmagyarázat nem olvasható, hasonlóképpen a 10. ábra is informatívabb lehetne, ha kissé nagyobb méretben készül és a jelmagyarázatok olvashatók.

9. ábra. Budapest zuzmótérképe (Farkas 1982 alapján) és a térkép Vácrátóton a Berkenye-ház kiállításán.

Az elmaradt ábramagyarázat szerint a belvárosból kifelé haladva a természetes v. természetközeli állapothoz egyre jobban közelítő zuzmóvegetációt találunk:

1 = zuzmósivatag v. sivatagi zóna, 2 = belső küzdelmi zóna, 3 = külső küzdelmi zóna, 4 = normál zuzmóvegetáció.

Kiállításunkon mindez a Földet érő antropogén terhelés különböző típusainak bemutatásánál példaként szerepel a szennyezettségre, ott jól olvasható az ábramagyarázat, az eredeti ábrán pedig az ábra-aláírásban található, itt sajnos tényleg lemaradt.

10. ábra. Hazai városok zuzmótérképei.

A 10. ábrán is valóban hiányoznak (illetve túl kicsik az olvashatóságához) az ábramagyarázatok, viszont az eredeti forrásokat feltüntettem (ahol ezek megtalálhatók) és az irodalomjegyzékben is szerepeltettem. Az ábrán annyit szerettem volna bemutatni, hogy Magyarországról Budapesten kívül is jelentek meg zuzmótérképek, ahol a zuzmók bioindikátor-szerepének felhasználásával különböző szennyezettségű zónákat állapítottak meg. Minthogy módszereiket és részletességüket tekintve nagyok voltak az eltérések a különböző tanulmányokban, nem volt értelme további összehasonlításokat tenni.

Mekkorára is nőnek a zuzmók? Mit jelent például a makrozuzmó kifejezés, és ha van makroakkor bizonyára van mikro-zuzmó is?

A zuzmófajok jellemző telepmérete általában néhány mm^2 -től néhány dm^2 -ig, (dm^3 -ig) terjed, de előfordulhat, hogy egyetlen faj telepe néhány m^2 -es területet borít. A zuzmólebenyek csúcsi régiója növekszik a mikobionta sejtszétválása és sejtmegegyezése következtében. Ezekre a területekre aztán az osztódó fotobiontasejtek is eljutnak (Honegger 1987). A zuzmótelepek lassan nőnek, növekedésük mértéke 0,1 és 90 $\text{mm}/\text{év}$ közé esik, átlagosan 1,0–6,0 $\text{mm}/\text{év}$. A kéregtelepűek általában 0,5–2 mm -t, a lombosak 0,5–4 mm -t, a bokrosak 1,5–5 mm -t gyarapodnak évente sugárirányban (Hale 1973, 1983). Ezekről az átlagos értékektől is vannak eltérések, pl. a bokros telepűek akár több cm -t is nőhetnek. Természetesen a növekedés nem tart a végtelenségig. Szakirodalmi források alapján pl. a lombos telepű zuzmók közül a legnagyobb *Parmelia* telep 50 cm , a legnagyobb *Sticta* telep 1 m átmérőjű volt (Ahmadjian & Hale 1973, Rogers 2001), a kéregtelepűek közül a *Porpidia albocaerulescens* faj extrém nagyságú telepe vezet 1,8 m -es átmérővel (Harada *et al.* 2002, Umemoto *et al.* 2001), ugyanakkor egyes hosszán lecsüngő szakállzuzmó (*Usnea longissima*) telepek akár a 6 m -es hosszat is elérhetik (Ponzetti & Wittmann 2006, [Usnea]).

A makrozuzmó kifejezés az általában nagyobb méretű bokros és leveles telepű növekedési formába tartozó zuzmók összefoglaló neve, esetenként beleértve a kettős jellegű és a fonalas teleppel rendelkezőket is (vö. Kantvilas *et al.* 1985, Swinscow & Krog 1988).

Mikrozuzmóknak pedig többnyire a kéregtelepű zuzmókat nevezik, amelyek az aljazaton bevonatot képeznek csupán (vö. folyóiratcikkek és könyvek: címei: Alstrup 2001, Aptroot & Sparrius 2003, Thomson 1997, Sanders & de los Ríos 2015). Azaz mindenképp előtte a növekedési formához tartozás alapján soroljuk ide a zuzmókat, nem kizárólagosan egy adott méret-tartomány határozza meg ezeket a csoportokat, bár a makro- és mikro- előtagok a „makroszkopikus”, „mikroszkopikus” méretre utalnak. A makrogomba/mikrogomba csoportokhoz hasonlóan a makro- előtag a szabadszemmel felismerhetőségre, a mikro- a mikroszkóp szükségletére utal. Mindkettőnél találunk ellenpéldákat, vagyis kisebb méretű makrozuzmókat (pl.

apró leveles telepűek: *Agonimia opuntiella*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Karoowia saxeti*, *Lichinella nigritella*, apró bokros telepűek: *Lichinella stipatula*, *Synalissa symphorea*) és nagyobb felületet borító mikrouzumókat (pl. a *Rhizocarpon geographicum*, térképuzumó – több dm² területet boríthat a sziklákon).

Ennek az ellentmondásnak a tisztázására született meg Mesutti (1993) nyomán az a legújabb definíciójavaslat, miszerint a mikrouzumó olyan zuzumó, amelynek morfológiai jellemzése kizárólag 10×-es v. annál nagyobb nagyítás alkalmazásával lehetséges.

Ahmadjian, V. & Hale, M. E. (eds) 1973: *The lichens*. – Academic Press, New York, 697 pp.

Alstrup, V. 2001: *Epifytiske mikrolaver*. – Grads, Kopenhagen, 208 pp. .

Aptroot, A. & Sparrius, L. B. 2003: New microlichens from Taiwan. – *Fungal Diversity* 14: 1–50.

Hale, M. E. (1973): *Growth*. – In: Ahmadjian, V. & Hale, M. E. (eds): *The lichens*. Academic Press, New York, pp. 473–492.

Hale, M. E. 1983: *The biology of lichens*. – Edward Arnold, London, 190 pp.

Harada, H., Umemoto, S., Tanesaka, E. 2002: Giant thalli of *Porpidia albocaerulescens* on Ichimai-iwa rock along Kozagawa River, Kii Peninsula, Japan. – *Lichenology* 1(1): 33.

Honegger, R. 1987: Questions about pattern formation in the algal layer of lichens with stratified (heteromorous) thalli. – *Bibl. Lichenol.* 25: 59–71.

Kantvilas, G., James, P. W., Jarman, S. J. 1985: Macrolichens in Tasmania rainforest. – *Lichenologist* 17: 67–83.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., Stalpers, J. A. 2008: *Dictionary of the fungi*. 10th Edition. – CAB International, Egham, 771 pp.

Mesutti, M. I. 1993: Microlichen: a proposal of a new definition. – *British Lichen Society Bulletin* 73(Winter): 49–50.

Ponzetti, J. & Wittmann, E. 2006: Fact sheet for *Usnea longissima*. – USDA Forest Service.

Rhoades, F. M. 1983: Distribution of thalli in a population of the epiphytic lichen *Lobaria oregana* and a model of population dynamics and production. – *Bryologist* 86: 309–331.

Rogers, K. 2011: *Fungi, Algae, and Protists. Biochemistry, cells, and life*. – The Rosen Publishing Group, 209 pp.

Sanders W. B. & de los Ríos, A. 2015: Structure and in situ development of the microlichen *Gyalectidium paolae* (Gomphillaceae, Ascomycota), an overlooked colonist on palm leaves in southwest Florida. *Am . J. Bot.* 102(9): 1403–12.

Swinscow, T. D. V. & Krog, H. 1988: *Macrolichens of East Africa*. – British Museum (Natural History), London. 390 pp.

Thomson, J. W. 1997: *American Arctic lichens 2. The microlichens*. The University of Wisconsin Press, Madison. 675 pp.

Umemoto, S., Tanesaka, E., Harada, H. 2001: *Huilia albocaerulescens* (Wulfen) Hertel (Lichenobionta) on the rhyolitic pyroclastic dike of Ichimaiwa Rock along Kozagawa River, Kii Peninsula. – *Nankiseibutu* 43(2): 9–101.

[Usnea]: <http://www.centralcoastbiodiversity.org/methuselahs-beard-bull-usnea-longissima.html>

Hol tart ma a zuzumók mesterséges körülmények közötti tenyésztése, vannak e már üzemi vagy félüzemi kísérleti tenyészetek, hasonlóan például az algákéhoz?

Annak ellenére, hogy évtizedekkel ezelőtt még a két partner különböző igénye a tenyésztés során problémát jelentett, régóta foglalkoztatja a kutatókat (Stahl 1877, Thomas 1939, Ahmadjian 1959, 1960). Az 1960-es évek óta intenzívebben próbálkoznak a zuzumók mesterséges körülmények közötti tenyésztésével és újraegyesítésével (Ahmadjian 1966, 1970) mind elmé-

leti kutatások, mind a gyakorlati felhasználás érdekében. Egyrészt külön-külön tenyésztik a partnereket és megpróbálják újraszintetizálni a zuzmótelepet, másrészt ma már az is megoldott, hogy eleve mindkét partnert tartalmazó zuzmódarabkákból indítsanak tenyészetet (Yamamoto *et al.* 2002, Yoshimura *et al.* 2002).

Egy sor olyan zuzmót tartalmazó készítmény (pl. illatszer, gyógytea, textílfesték, lakmusz) létezett korábban is, ahol nem volt szükség a zuzmók tenyésztésére, a természetből begyűjtött zuzmótelepeket használták fel. Ennek azonban súlyos természetkárosító hatása volt, különös tekintettel a telepek lassú növekedésére. Zuzmót (pl. őrlemény formájában) vagy zuzmókivonatot tartalmazó készítmények még most is különböző országokban kaphatók. Az utóbbi években nálunk is. pl. Scholl lábhintőpor – az „*Usnea barbata*” megjelölés háttérben valamilyen szakállzuzmó állhat, ami az antibiotikum-természetű uzneasavat biztosítja; a Klosterfrau izlandi zuzmó szopogató tableta és szirup köhögés ellen, az Interherb izlandi zuzmó kapszula, az Isla moos/Isla classic/Isla mint (©Engelhard Arzneimittel GmbH & Co. KG) pasztilla – hatóanyaga nagyjából a *Cetraria islandica* lichenin és izolichenin tartalma, ami a nyálkahártya hidratálását segíti elő. Antibiotikus hatása nem jelentős, esetleg a fumarprotocetrársavnak nyilvánítható.

Az újabb kutatások eredményeként a zuzmók tenyésztésére ma már az Egyesült Államokban nyilvántartott (US4536474 – Nippon Paint Co. Ltd., Yamamoto, Mizuguchi & Yamada 1985. aug. 20) szabadalom is létezik:

<https://www.google.ch/patents/US4536474>

A szabadalom zuzmó-eredetű, nem-differenciált, de szimbiotikus hatásokat (fiziológiailag aktív anyagok, beleértve tápanyagok átadását) mutató alga- és gombasejtek együttesének (vagyis nem zuzmótelepre jellemző megjelenésben) meghatározott közegben és körülmények között való tenyésztésére vonatkozik, ami alkalmas speciális zuzmóanyagok előállítására és kinyerésére.

A szabadalom nyomán Yamamoto és mtsai (1993) kb. 200 zuzmófaj tenyésztési technikáját fejlesztették ki. Yoshimura és mtsai (1993) ugyanakkor több faj (*Cladonia humilis*, *Peltigera pruinosa* és *P. aphthosa*) partnereinek izolációs, tenyésztési majd újraegyesítési körülményeit írják le.

További szabadalmak jelentek meg növények növekedésének szabályozására, eukarióta proteín-kinázok gátlására, zuzmóeredetű α -glükozidáz gátlók előállítására, kozmetikumok készítésére, uzneasav kivonására *Usnea longissima* telepekből.

Minden készen áll egy sor zuzmóanyag mesterséges termeltetésére, illetve az elméleti kutatás céljára történő tenyésztéshez.

Ahmadjian, V 1959: A contribution toward lichen synthesis. – *Mycologia* 51(1): 56–60.

Ahmadjian, V 1960: The lichen association. – *The Bryologist* 63(4): 250–254.

Ahmadjian, V. 1966: Artificial Reestablishment of Lichen *Cladonia Cristatella*. – *Science* 151: 199–201.

Stahl, E. 1877: *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechte. Heft II. Über die Bedeutung der Hymenialgonidien*. – Leipzig, 32 pp.

Stocker Wörgötter, E. & Hager, A. 2008: *Appendix: Culture methods for lichens and lichen symbionts*. - In Nash, T. H. III.: *The lichen biology*. 2nd editon – Cambridge University Press, New York, 353–363.

Thomas, E. A. 1939: Über die Biologie von Flechtenbildnern. – *Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz* 9: 1–208.

Yamamoto, Y., Kinoshita, Y., Yoshimura, I. 2002: *Culture of thallus fragments and redifferentiation of lichens*. – In: Kranner, I., Beckett, R. P. & Varma, A. K. (eds): *Protocols in lichenology: culturing, biochemistry, ecophysiology, and use in biomonitoring*. Springer lab manual. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 34–46.

- Yamamoto, Y., Miura, Y., Higuchi, M., Kinoshita, Y., Yoshimura, I. 1993: Using lichen tissue cultures in modern biology. – *The Bryologist* 96(3): 384–393.
- Yoshimura, I., Kurokawa, T. Yamamoto, Y., Kinoshita, Y. 1993: Development of lichen thalli in vitro. – *The Bryologist* 96(3): 412–421.
- Yoshimura, I., Yamamoto, Y., Nakano, T., Finnie, J. 2002: *Isolation and culture of lichen photobionts and mycobionts*. – In: Kranner, I., Beckett, R. P. & Varma, A. K. (eds): *Protocols in lichenology: culturing, biochemistry, ecophysiology, and use in biomonitoring*. Springer lab manual. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 3–33.

2016. október 17.

Dr. Farkas Edit