

A bioindikáció, a biodiverzitás és a kémiai diverzitás összefüggései a lichenológiában

MTA doktori értekezés tézisei

Farkas Edit

a biológiai tudomány kandidátusa
az ELTE habilitált doktora

Vácrátót

2015

Bevezetés és célkitűzés

A Földünket benépesítő fajok számát a különböző becslések 2–10 millió és 30–100 millió közé teszik (May 1988, Curtis *et al.* 2002, Rosenzweig *et al.* 2003, Schloss *et al.* 2004, Feuerer & Hawksworth 2007). Várhatóan ezek mintegy 15–50%-a pusztul ki az elkövetkező 50 év során a földi népesség növekedése következtében (Woodruff 2001, Thomas *et al.* 2004, Vida 2008). Rövid időn belül elveszítjük az ökológiai és gazdasági jelentősége szempontjából eddig még feltáratlan diverzitást, és Földünk globális ökoszisztémájának egyensúlyát is megváltoztatjuk. A taxonómusok felelőssége azonban megkerülhetetlen a biodiverzitás felmérésének terén (Janzen 1993, Lücking 2009, **Lumbsch *et al.* 2011**).

A gombák összes fajszámát 700 ezertől 1,5 millióig becsülik (Hawksworth 1991, 2001). A leíratlan fajok többsége az olyan kevésbé tanulmányozott helyekről várható, mint a trópusi erdők vagy más feltáratlan élőhelyek, például a rovarokon, növényeken vagy zuzmókon élő fajok (Hawksworth & Rossmann 1997, Fröhlich & Hyde 1999, Lawrey & Diederich 2003, Arnold & Lutzoni 2007). Az előző 50 év taxonómiai munkássága alapján a leíratlan fajok leírása további 200 évet tenne ki (Hebert *et al.* 2003, Lücking 2009).

Doktori értekezésem gondolatmenetét a „*Lichenológia – a zuzmók tudománya*” c. könyvem (**Farkas 2007**) fejezetei köré csoportosítottam. A lichenológia (zuzmótan, zuzmótudomány) a zuzmókkal kapcsolatos tudományos ismereteket gyűjti össze és rendszerezi.

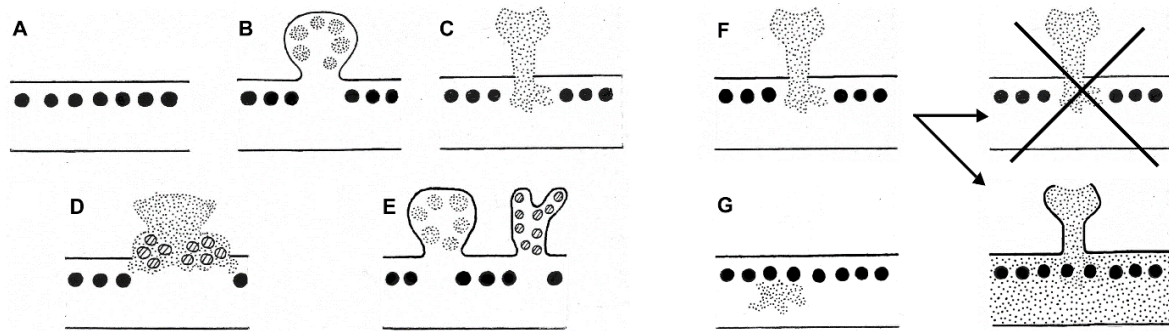
Habár a Magyar Természettudományi Múzeum (BP) gyűjteményei tanúsága szerint a zuzmók iránti érdeklődés hazánkban a 18. századig visszakövethető, a lichenológus kutatók, muzeológusok száma korszakonként 1-2-re korlátozódott (**Farkas & Lőkös 1999**). A lichenológiában Erik Acharius (1757–1819) hasonló szerepet töltött be, mint a mohák kutatásában a brassói születésű Johannes Hedwig (1730–1799), a virágos növények vizsgálatában Carl von Linné (1707–1778) vagy a hazai Kitaibel Pál (1757–1817).

A Kárpát-medence zuzmóflóráját kutató nagy elődöket (Hazslinszky Frigyes, Timkó György, Gyelnik Vilmos, Fóris Ferenc, Szatala Ödön, Gallé László, Versegly Klára) követő hazai zuzmóflórát és biodiverzitást feltáró munkásságom 1979-ben vette kezdetét.

Kutatásaim célja a Földünkön eltűnő sokféleség vizsgálata egy olyan összetett élőlény-csoportban (1. ábra), a lichenizált gombákban (zuzmókban), amely egyszerű telepes szerveződése ellenére rendkívül változatos felépítésű, színű és kémiai összetételű. A környezeti tényezőkkel szemben kiemelkedő toleranciaképességekkel rendelkezik, emiatt a legváltozatosabb élőhelyeket népesíti be.

Céлом, hogy a változatosságot egyrészt biológiai, makroszkópos és mikroszkópos morfológiai/anatómiai felépítésbeli és összetételbeli tulajdonságai alapján vizsgáljam, másrészt az ehhez hozzáadódó kémiai változatosságot mérjem fel.

Eleinte főként zuzmóterképezéssel, városi bioindikációval foglalkoztam (**Farkas 1982, Versegly & Farkas 1984, Farkas *et al.* 1985, Farkas 1989, 1990c**), illetve levéllakó zuzmók vizsgálatával bekapcsolódtam a trópusi esőerdők növényzetének felmérésébe (**Farkas 1987a, b, 1988, 1990d, Farkas & Vězda 1987, Vězda & Farkas 1988**), ami kialakította a zuzmók globális biodiverzitásáról alkotott képemet.



1. ábra. Zuzmókhoz kötött 2–4 tagú együttélési típusok sematikus ábrája, ahol a fő tömegében gombafonalakból álló telep metszetében a pöttyök jelzik a fotoszintetikus partnert: A = zuzmó; B = cefalódiumos zuzmó; C = zuzmó epilichenikus zuzmólakó gombával; D = zuzmó zuzmólakó zuzmóval; E = zuzmó két különböző cefalódiummal; F = zuzmó zuzmóparazita gombával, amely a gazdaszervezet és a parazita pusztulásához vezet, vagy új zuzmótelep kialakulását eredményezi; G = zuzmó endolichenikus zuzmólakó gombával (Hawksworth & Hill 1984 alapján, módosítva).

A zuzmókémiai vizsgálatokat csak jóval később kezdtem meg, amikor a lichenológia területén még viszonylag új módszerek, a vékonyréteg-kromatográfiának a hazai alkalmazásához *OTKA* pályázataim támogatásával megteremttem a technikai feltételeket (**Farkas et al. 1998, 1999; Farkas 2007**). Az *Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok* pályázatai 1991 óta folyamatosan támogatták kutatásaimat. A Bolyai János Kutatási Ösztöndíj két periódus (1998–2001, 2004–2007) során nyújtott számomra támogatást.

Az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet majd az MTA Ökológiai Kutatóközpont biztosította munkakörülményeimet Vácrátóton, kollégáim pedig figyelmükkel és érdeklődésükkel tüntettek ki.

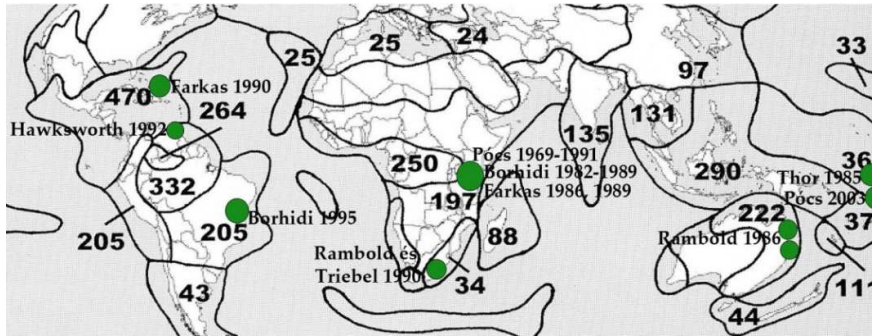
Anyagok és alkalmazott módszerek

Anyagok. Vizsgálatainkat rendszerint hazai (BP, EGR, JPU, SZE, SAMU, VBI) és külföldi (B, BRA, GZU, KRAM-L, M, PRA-V, S, UPS, US, W) herbáriumok (rövidítések, ld. Thiers 2015) példányain végeztük. Friss gyűjtéseink az ország különböző vidékeit érintették. A megvizsgált levéllakó zuzmók a világ majd minden földrészéről (vö. 2. ábra), egyrészt saját gyűjtéseimből (Kuba 1990, Tanzánia 1986, 1989), másrészt hazai (Borhidi A., Pócs T.) és külföldi kollégák (A. Flakus, D. Hawksworth, G. Rambold, G. Thor, D. Triebel, A. Vězda) gyűjteményeiből és fenti herbáriumokból származnak.

Mikroszkópos vizsgálatok. Fénymikroszkópos vizsgálatokat (DIC, epifluoreszcencia), korlátozott mintaszámmal SEM-vizsgálatokat (zürichi egyetemen, Londonban (The Natural History Museum), ELTE) végeztem.

Kémiai vizsgálatok. Huneck & Yoshimura (1996) összefoglaló munkája, valamint Elix (2014) összeállítása a zuzmóanyagok kutatásához nélkülözhetetlen adatokat tartalmaznak. Arup *et al.* (1993) szten-derd lichenológiai módszere alapján nagyhatékonyságú vékonyréteg-kromatográfiát (HPTLC), Feige *et al.* (1993) sztenderdizált módszerét követve, Huovinen (1987), valamint Huovinen *et al.* (1985) munkáinak is figyelembevételével nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiát (HPLC), a SOTE Drogismereti Tanszékén folyadékkromatográfia-tömegspektrometriát (LC-MS) alkalmaztunk.

Molekuláris genetikai vizsgálatok. Az ITS rDNS, nucSSU rDNS, nucLSU rDNS, IGS rDNS, mitSSU rDNS, *RPB1*, *RPB2* és *EF1 α* lokuszokat amplifikáltuk és szekvenáltuk gomba-, illetve lokuszspecifikus primerekkel. A Sequencher 4.5 és PAUP* 4.0b10 szoftvercsomagokat és a MacClade 4.06 programot használtuk.



2. ábra. A szerző által feldolgozott gyűjtések (zöld foltok, gyűjtők és évszámok) a levellakó zuzmók fajszámának eloszlását Takhtajan biogeográfiai régiói szerint ábrázoló térképen (vö. Lücking 2008a).

Elterjedési térképek készítése. A közép-európai grid adaptált változatát (Niklfeld 1971, Borhidi 1984), valamint az „Atlas Florae Europaeae” programtól (Jalas & Suominen 1972) átvett UTM (Universal Transverse Mercator) gridet használtuk.

Felvételezés a biodiverzitás becslésére. Az EU FP7 BioAssess programon belül a zuzmók felvételezésére kidolgozott sztenderd módszert alkalmaztuk Asta *et al.* (2002), Scheidegger *et al.* (2002) alapján.

Tudományos háttér

„A zuzmók a természetben” témakörben

A zuzmók a természetes társulásokban (3. ábra) jelentős szerepet töltenek be (vö. Longton 1992, Seaward 1988, Slack 1988). A zuzmók sokrétű kapcsolatát más élőlényekkel és élet-telen környezetükkel több szinten kutatják (pl. Alatalo *et al.* 2015, Belinchón *et al.* 2015, Colesie *et al.* 2012, Millanes *et al.* 2014). Kimutatják a telepek toleranciájának extrém határait.



3. ábra. Zuzmófajokban gazdag természetes társulás Finnországban.

A szubsztrátökológia, a diverzitáskutatás, az elterjedésvizsgálatok populációs szinten zajlanak. A megszerzett ismeretek a konzerváció-biológiában, valamint a bioindikáció területén hasznosulnak. A kozmopolita fajok a világ majdnem minden részén előfordulnak változatos környezeti feltételek mellett, ami előnyt jelenthet monitorozási vizsgálatokban. A levegő szennyezettségének bioindikációjára a kéreglakó zuzmókat alkalmazzák (pl. Farkas *et al.* 1985), mivel az aljzat pH-módosító szerepe kevésbé érvényesül, mint kőzetlakó és talajlakó fajok esetében. Vizsgálják és térképen ábrázolják a városok különböző részein előforduló zuzmók elterjedését vagy számát, amely jó tükrözi a levegő tisztaságának, illetve szennyezettségének mértékét. Egy észak-olaszországi vizsgálatban a szennyezett levegőt jelző zuzmók

elterjedése és a tüdőrák gyakorisága között egyértelmű összefüggést találtak (Cislaghi & Nimis 1997).

Az olyan mikroklímikus viszonyok bioindikációjára, ami az esőerdők fafajonkénti szelektív irtásával vagy nagyobb erdőfelületek tájhasználat-változás miatti teljes kivágásával függenek össze, a trópusi, szubtrópusi területekre jellemző levéllakó zuzmók alkalmasak (vö. Shukla *et al.* 1990, Romero 1999, Costa & Foley 2000). A levéllakók modellszervezeteknek választhatók a trópusi esőerdők ökológiai viszonyainak tanulmányozására (Lücking 2008b). A levéllakó zuzmók élő leveleken és más fotoszintetizáló, levélszerű, lemezes felszíneken élnek, növekedési formájukat tekintve a bevonatképző, kéregtelepű típushoz tartoznak (4. ábra). A levél adott felületére érkező sugárzást csaknem felére csökkentik, mégsem befolyásolják jelentősen a gazdanövény szénanyagcseréjét (Moore 2003). A levél a zuzmók fokozatos megtelepedésével és növekedésével párhuzamosan alkalmazkodik a fényviszonyokhoz, ill. a koevolúció során ezen szervezetek körében jelentős változatosság alakult ki.

A Magyarország, Svédország és Tanzánia kutatóinak együttműködésével létrejött *Integrated Usambara Rain Forest Project*-be (vö. Hamilton & Bensted-Smith 1989), bekapcsolódva 1991 előtt hét új levéllakó zuzmófajt írtam le (Farkas 1987a, Farkas & Vězda 1987, Vězda & Farkas 1988).



4. ábra. Levéllakó zuzmók – terepen készített (E. Farkas 1989, Uluguru-hegység, Tanzánia) és SEM-felvétel (E. Farkas 1989, Zürich, Svájc)

Kimutattam (Farkas 1986a, b), hogy Santesson (1952) világmonográfiáját követően 109 új levéllakó zuzmótaxont írtak le a világ trópusi területeiről. Vězda 1948–2008 között 376 publikációjában 478 taxont (2 családot, 38 nemzetséget, 399 fajt) írt le (vö. Farkas *et al.* 2010a, b). Legrészletesebben a Gomphillaceae, Pilocarpaceae és Ectolechiaceae családokkal foglalkozott, leírta a „hifofóra” ivartalan szaporítóképletet, (Vězda 1973), és számos típusát (pl. Kalb & Vězda 1988). Hatására 2010-ben elindítottam a *Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam Antonín Vězda exsiccatorozatot* (Farkas 2010c, 2011, 2014c, d). A legújabb irodalomból Robert Lücking munkásságát, közel 100 publikációját (vö. Farkas 2014a) és dél-amerikai levéllakó monográfiáját (Lücking 2008a) kell kiemelni.

„A zuzmókémia – a speciális zuzmóanyagok kémiája” témakörben

A zuzmókból kb. 1000 féle szerves vegyületet (ún. zuzmóanyagot) mutattak ki, amennyiben a kultúrákban termelt, de a természetben nem képződő anyagaikat is figyelembe

vesszük (Stocker-Wörgötter 2008), amelyek legtöbbje más élőlényben egyáltalán nem fordul elő. A legtöbb zuzmóanyag szintelen, alacsony molekulásúlyú aromás vagy alifás felépítésű vegyület. A telepben a mikobionta szintetizálja őket (Elix 1996), és a gombafonalak külső felszínén rakódnak le apró extracelluláris kristályokként. A zuzmóvegyületek előfordulási mintázata általában taxonspecifikus, ezért széles körben használják a zuzmótaxonómiában és -szisztematikában (pl. Culberson 1969*b*, Culberson 1970, Culberson 1986*a, b*, Hawksworth 1976). Bizonyos esetekben családszintű, máskor kémiai változatok elkülönítésére ad lehetőséget a zuzmóanyagok ismerete (Hawksworth 1976, Lendemer 2012, Nourish & Oliver 1976, Osyczka & Skubała 2011, Randle *et al.* 2009).

Saját kutatási eredmények és megvitatásuk

A zuzmók kutatása a természetben

A biodiverzitás számbavétele

A Földön közel 20 000 (Feuerer *et al.* Hawksworth 2007), Európában kb. 8000 zuzmófaj él (Smith *et al.* 2009, Wirth *et al.* 2013), ebből Magyarországon korábban 715 fajt mutattak ki (Versegly 1994). Újabb vizsgálataink szerint a hazai fajszám közelebb áll a 900-hoz, online fajlistánkban jelenleg 867 zuzmófaj, ezenkívül 56 zuzmólakó gombafaj szerepel (**Lőkös & Farkas 2009**). A magasabb fajszám rendszertani, nómenklatúrai kutatásoknak, hazai és külföldi kutatók tevékenységének köszönhető. Harmincöt fajt pedig elsőként mutattam ki az ország különböző területeiről: pl. *Bacidina egenula*, **Farkas *et al.* 2001**; *Leptogium biatorinum* és a *Leptogium magnussonii*, **Czeika *et al.* 2004**; *Normandina pulchella*, **Farkas & Tuba 2005**; *Ochrolechia arborea*, **Farkas *et al.* 2009**; *Sarcopyrenia gibba*, **Farkas & Lőkös 2003**.

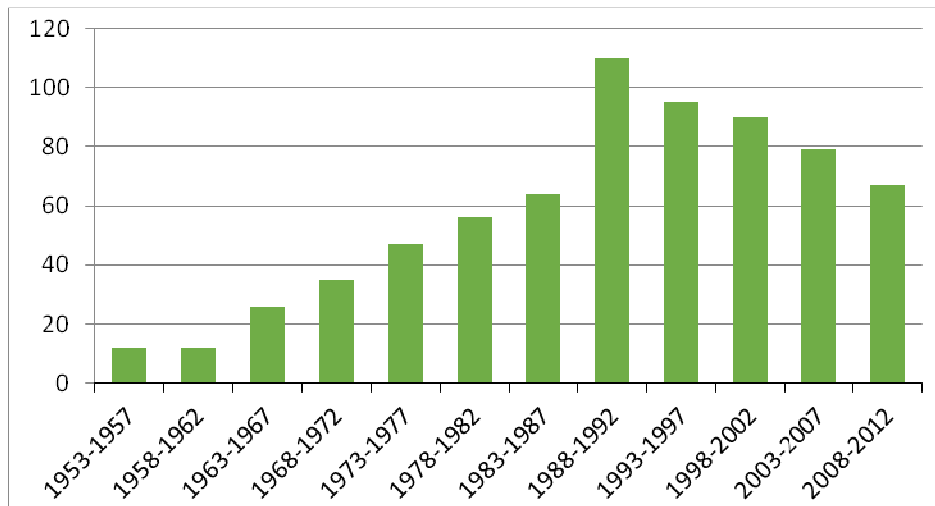
Megkezdtem a hazánkban meglehetősen elhanyagolt zuzmólakógomba-kutatás fejlesztését. Tanítványommal, Varga Nóra PhD hallgatóval több hazai és nemzetközi poszter-publikációt (**Farkas *et al.* 2013**, **Farkas & Varga 2014**, **Varga *et al.* 2015*a, b***) mutattunk be e témában. Kéziratban elkészült 16 Magyarországra új fajt tartalmazó folyóiratcikkünk. Vizsgálatainkkal igazolni kívánjuk, hogy a természetesebb élőhelyeken a zuzmólakó gombák diverzitása magasabb.

Hazai adatokkal járultunk hozzá a Nyugati-Kárpátok zuzmókatalógusának elkészítéséhez (**Bielczyk *et al.* 2004**) és a környezet állapotára érzékeny közép-európai *Leptogium* fajok feldolgozásához (**Czeika *et al.* 2004**). A Nyugati-Kárpátok 7 országon húzódik keresztül, hazánkból zuzmófldrajzi értelemben a teljes Északi-középhegység tartozik területéhez, ahol a hazai zuzmók több mint 80%-a megtalálható. A katalógus 288 nemzetség 1817 fajt tartalmazza (az Európában előforduló fajok mintegy egynegyedét).

Áttekintettük a Szatala Ödön hazai lichenológus (1889–1958) által leírt zuzmótaxonokat. Öt európai és négy ázsiai országban gyűjtött típusanyagainak vizsgálatát végeztük el. A leírt 169 taxon közül 27 nevének lektotipizálására került sor a *Taxon*, rangos nemzetközi folyóiratban megjelent nevezéktani munkánkban (**Şenkardeşler *et al.* 2014**).

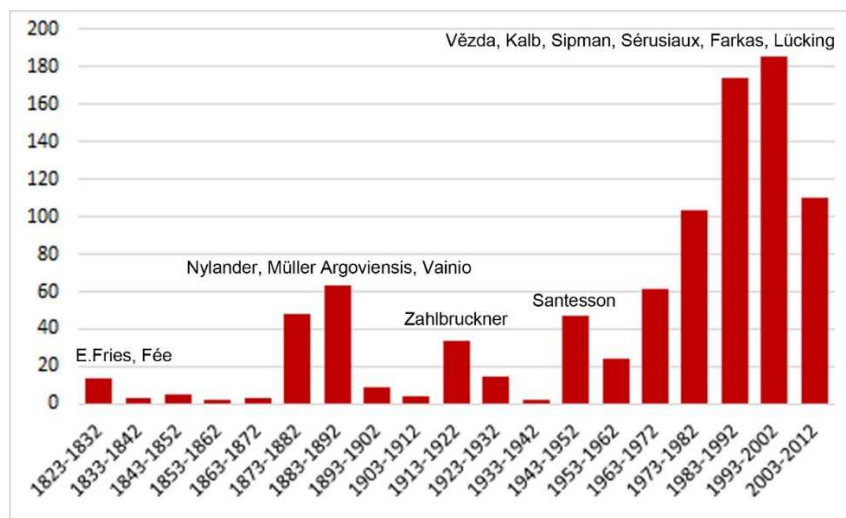
Az irodalom tanulmányozása több összefoglaló és értékelő, az új taxonokat számbavevő cikket eredményezett a levéllakó zuzmókkal kapcsolatban (**Farkas & Sipman, 1993, 1997**). Adatainkat folyóiratcikkekben és tankönyvekben is felhasználták a globális biodiverzitás mértékének szemléltetésére (Hawksworth 1991, Honegger 1996, 2008, Lücking 2003, 2008*a*).

Legutóbb a levéllakó zuzmók kutatásáról 708 publikáción alapuló bibliográfiát állítottam össze a Santesson 1952-es világmonográfiát követő időszakról (**Farkas 2014a**). Az 5 évenként megjelent cikkek számát diagramon követve eleinte lassú növekedés volt jellemző 1992-ig, majd enyhe egyenletes csökkenő tendencia figyelhető meg (5. ábra).



5. ábra. Santesson (1952) monográfiája utáni publikációk (összesen 708) száma 5 éves intervallumokban (**Farkas 2014a** alapján).

A fajleírásokban kiemelkedő időszakok jelentős kutatók munkásságával kapcsolhatók össze (6. ábra).



6. ábra. 10 éves periódusok alatt leírt fajok száma az összes publikáció alapján 2012-ig (**Farkas & Sipman 1993, 1997** és **Farkas 2014a** alapján).

A levéllakó zuzmók Lücking (2008a) szerint közel 900 fajt számlálnak. Ennek megállapításához Zahlbruckner, Santesson és Batista (vö. **Farkas 2014a**, Lücking *et al.* 1998) munkái mellett két munkámat (**Farkas & Sipman 1993, 1997**) használta fel és a 7. ábrán is bemutatta (ld. 3. és 4. pont) a fajszám ismeretének időbeli alakulására. Az összes ismert levéllakó faj száma adatbázisom szerint jelenleg 928.

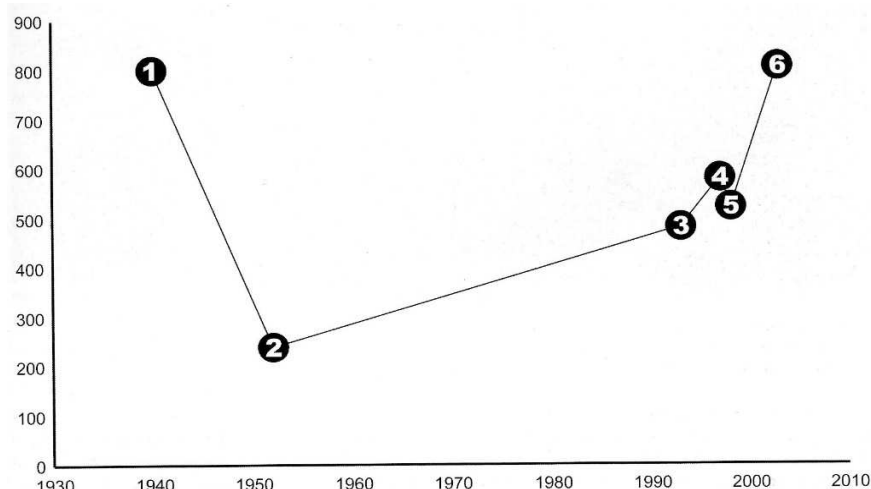


FIG. 7. Changes in the number of accepted species of foliicolous lichens, with Zahlbruckner's Catalogus and Santesson's monograph as references. (1) Zahlbruckner, 1921–1940; (2) Santesson, 1952; (3) Farkas & Sipman, 1993 (including Batista's synonyms); (4) Farkas & Sipman, 1997 (including Batista's synonyms); (5) Lücking et al., 1998a (after removal of Batista's synonyms); (6) Lücking, 2003.

7. ábra. Lücking (2008a: 21, 7. ábra) a levéllakó zuzmók különböző korokban, a taxonómiai revízióknak megfelelően elfogadott fajszámának alakulását mutatja be.

A levéllakó zuzmók körében florisztikai újdonságként mutattam ki 67 fajt a Fidzsi szigetekre (Farkas 2008, 2013), Dél-Afrikára új adatot jelentő 13 faj között két fajt (*Arthonia mira*, *Porina palmicola*) Afrikára is újként (Farkas 2004), 4 fajt a Karib-szigetek térségére, 9 fajt pedig Trinidad és Tobago területére (Farkas & Hawksworth 2004).

Új fajok leírása, rendszertani átsorolások

A még leíratlan taxonok nagy számára, a veszélyeztetett élőhelyek rendkívüli fajgazdagságára, ezáltal a taxonómiai kutatás nélkülözhetlenségére hívja fel a figyelmet a 100 új zuzmófaj leírását tartalmazó publikációnk (Lumbsch *et al.* 2011). A globális környezeti problémák megértése és megoldása érdekében a környezet minőségére érzékeny trópusi levéllakó kriptogám szervezetek biodiverzitásának kutatása során összesen 19 tudományra új levéllakó fajt írtam le Afrikából és Amerikából, ebből 12 fajt 1991 után: *Bacidina simplex* Farkas et Vězda 1993, *Badimia vezdana* Lücking, Farkas et Wirth 2011, *Byssoloma absconditum* Farkas et Vězda 1993, *Byssoloma confusum* Farkas et Vězda 1993, *Calopadia erythrocephala* Farkas, Elix et Flakus 2012, *Coenogonium seychellense* Farkas 2014, *C. subdilucidum* Farkas et Vězda† 2014, *Gyalectidium palmicola* Farkas et Vězda 1993, *Lyromma coronatum* Flakus et Farkas, *L. multisetulatum* Flakus et Farkas 2013 és *Macentina pocsii* Farkas et Vězda 1993) zuzmófajok, a *Keratosphaera antoniana* Flakus, Farkas et Lücking 2010 levéllakó zuzmón élő zuzmólakó gomba (Farkas & Vězda 1993, Farkas 2010c, Lumbsch *et al.* 2011, Farkas *et al.* 2012a, Flakus & Farkas 2013, Farkas 2014d, Farkas & Flakus 2015).

Továbbá egy szubtrópusi kéreglakó zuzmófajt is leírtam: *Topelia jasonhurii* Lőkös, Farkas et S. Y. Kondr. (Kondratyuk *et al.* 2013). Ezekon kívül jelenleg publikálás alatt van a levéllakó *Tamasia fijiensis* Farkas gen. et spec. nova tudományra új faj és nemzetség és a *Porina kadavuensis* Farkas sp. n. faj (Farkas 2008, 2013).

Amennyiben kereken 20 ezernek tekintjük a zuzmógombák számát, az általam 1987 és 2014 között leírt 20 fajt ehhez viszonyítva elmondhatom, hogy minden ezredik fajt én írtam le társszerzőimmel.

Ezenkívül 1991 után 11 új kombinációt vezettem be (**Farkas 1995, Farkas & Sipman 1997, Farkas 2015a, b**). A *Bacidia* s. l. nemzetség levéllakó taxonjait tárgyaló némenklaturai tanulmányomban 224 név státuszát tisztáztam, 135 érvényes, jelenleg elfogadott, valamint 99 szinonim vagy érvénytelen nevet különítettem el (**Farkas 2015a, b**). Új pozíciójuk megállapítását követően 8 fajt soroltam át másik nemzetségbe: *Bacidina cinnamomea* (Kremp.) Farkas, *Bacidina clauzadei* (Sérus. et Lambinon) Farkas, *Brasilicia dimerelloides* (Vězda) Farkas, *Brasilicia foliicola* (Vězda) Farkas, *Brasilicia ituriensis* (Vězda) Farkas, *Brasilicia olivaceorufa* (Vain.) Farkas, *Brasilicia subsimilis* (Vězda) Farkas, *Szczawinskia permira* (Vězda) Farkas. Korábbi publikációkban, 1991 után még 3 új kombinációt hoztunk létre: *Sarrameana albidoplumbea* (Hook. f. et Taylor) Farkas (**Farkas 1995**), *Strigula smaragdula* var. *stellata* (Nyl. & Cromb. ex A. M. Ward) Farkas, *Thelenella verruculosa* (R. Sant.) Farkas et Sipman (**Farkas & Sipman 1997**).

A taxonómiai rendezés következtében a levéllakó zuzmótaxonok között nem maradt egyetlen *Bacidia* faj sem, a korábbi, *Bacidia* De Not. nemzetségbe tartozó fajok a következő 12 nemzetségbe soroltam át: *Bacidina*, *Badimia*, *Badimiella*, *Baflavia*, *Bapalmuia*, *Barubria*, *Brasilicia*, *Eugeniella*, *Fellhanera*, *Fellhaneropsis*, *Scoliciosporum* és *Szczawinskia* (vö. **Lücking et al. 2000**).

A biodiverzitás becslése, bioindikáció

Bioindikációs zuzmóterképezési vizsgálatunkban (**Farkas et al. 2001**), Komáromban 84 helyről gyűjtött 630 példány alapján 50 zuzmófajt mutattunk ki, amelyek közül 18 faj kizárólag fakérgen él. A korábbi debreceni és szegedi vizsgálatokhoz hasonlóan a leggyakoribb, egyúttal nitrofrekvens fajok (pl. *Lenora hagenii*, *Amandinea punctata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*) a megemelkedett porszennyeződésre utaltak, mivel Komárom esetében az értékek az egész év során az egészségre káros határérték közelében voltak, sőt néha meg is haladták azt. A városban két küzdelmi zónát jelöltünk ki az előforduló zuzmótelepek mérete, faji hovatartozása és borítása alapján.

A *BioAssess EU FP7* projekthez kapcsolódóan vettem részt két európai zuzmó-biodiverzitást felmérő tanulmány elkészítésében (**Bergamini et al. 2005, Stofer et al. 2006**), amelyben adataink a lichenológiai szempontból is egyedülálló Pannon régiót képviselik. A kiválasztott élőlénycsoportok között a zuzmók biodiverzitásának felmérése és összefüggések megállapítása – a tájhasználatban kapcsolatban – a környezet állapotának megítélését és predikcióját biztosította. Megállapítottuk, hogy a zuzmónemzetségek-beli gazdagság és denzitás, valamint a makrozuzmók fajgazdagsága és denzitása a teljes diverzitás (fajgazdagság és összetétel) hasznos indikátorainak bizonyultak. Nyílt és intenzíven használt tájegységben több termőtestet fejlesztő telepet mutattunk ki, mint erdei vegetációban. A fotobionta partnerek közül a *Trebouxia* s.l. és a tájhasználati intenzitás között pozitív, míg a *Trentepohlia* spp. és a tájhasználati intenzitás között negatív korrelációt állapítottunk meg. Eredményeink szerint az erdőtől a nyílt mezőgazdasági területek felé haladva csökken a fajgazdagság, a ritka zuzmók fajszerkezetének erőteljes csökkenése a tájhasználat intenzitásának növekedésével összefüggésben pedig előre jelezhető.

Lücking (1997) vizsgálatait követve megállapítottam, hogy a trópusi élőhelyek állapotának (antropogén hatások), típusának (nyílt/zárt vegetáció, erdőtípusok), illetve mikroklímájának jellemzésére az általam vizsgált trinidadi, ausztráliai és tanzániai mintahelyeken is alkalmasak a levéllakó zuzmók (**Farkas & Hawksworth 2004, Farkas 2010a, 2015a**). Trinidad és Tobago térségében 15 fajt mutattunk ki másodlagos élőhelyekről (**Farkas & Hawksworth 2004**). Ezeket az élőhelyeket Lücking (1997) ökológiai index értékeinek alkalmazásával fajösszetételük alapján különbözőnek találtuk.

A tanzániai Kanga-hegységben azonosított 37 faj közül 8 faj származott száraz örökzöld és fél-örökzöld erdőből, 11 pedig sík vidéki esőerdőkből (**Farkas 2015a**). A leggazdagabbnak a szubmontán esőerdők bizonyultak, 35 fajjal. A szubmontán erdők két típusának hasonlósága Jaccard-index (SJ) számítása alapján: $SJ = 38\%$ volt. Az alacsonyabb tengerszintfeletti magasságban előforduló szubmontán és sík vidéki erdők fajösszetétele kevésbé volt hasonló ($SJ = 30\%$). A sík vidéki erdők és a száraz örökzöld és fél-örökzöld erdők összetétele alig hasonlított ($SJ = 6\%$). A sziklás erdők viszont akár alacsony, akár magasabb tengerszint feletti magasságban húzódtak, fajösszetételük nagyon hasonló volt ($SJ = 71\%$).

Az ausztráliai Queenslandből (QLD) és New South Wales-ből (NSW) származó 41 fajt tartalmazó gyűjtemény faji összetételét hasonlítottam össze (**Farkas 2010a**). 22 fordult elő csak a trópusi QLD mintákban, 10 pedig kizárólag a szubtrópusi NSW-ben, csak 9 faj volt közös mindkettőben. A *Calenia subdepressa* Lücking faj antropogén aljzaton fordult elő.

Konzervációbiológiai kutatások – zuzmófajok törvényes védettsége

Tizenhét zuzmófaj törvényes védelmét előkészítő konzervációbiológiai kutatást folytattunk. A hazai zuzmófajok morfológiai és kémiai vizsgálatokon alapuló taxonómiai revíziója és elterjedési vizsgálata szakmai javaslatot tett lehetővé a fajok gyakoriságára, veszélyeztetettségére és törvényes védettségére vonatkozóan. A 23/2005. (VIII.31.) KvVM rendelet a következő fajok védelmét biztosítja: *Cetraria aculeata*, *Cladonia magyarica*, *Usnea florida*, *Xanthoparmelia pseudohungarica*, és *Xanthoparmelia subdiffluens* (**Farkas & Lőkös 1994, 2007, Sinigla et al. 2014**). 2008-ban a Habitat Direktiva V.b. függelékében szereplő zuzmók, mint populációs szempontból jelentős, tömeges gyűjtés alól kizárt fajok – *Cladonia arbuscula*, *C. mitis* és *C. rangiferina* – törvényes védelme valósult meg a 18/2008.(VI.19.) KvVM r. hatására. Legújabb kémiai revízióink alapján ezek a következő taxonoknak felelnek meg: *C. arbuscula ssp. squarrosa*, *C. arbuscula ssp. mitis* és *C. rangiferina* (**Farkas et al. 2012a**).

Javaslatunk alapján 9 újabb faj (*Cetraria islandica*, *Lobaria pulmonaria*, *Peltigera leucophlebia*, *Solorina saccata*, *Umbilicaria deusta*, *U. hirsuta*, *U. polyphylla*, *Xanthoparmelia pokornyi*, *X. rysssolea*) vált a 83/2013.(IX.25.) VM törvény által védetté (**Farkas & Lőkös 2009, Sinigla et al. 2015**).

A speciális zuzmóanyagok kutatása

A HPTLC vékonyréteg-kromatográfiaszterd lichenológiai módszert 1998-ban vezettem be a hazai lichenológiai kutatásokba (**Farkas et al. 1998, 1999**). Azóta mintegy 150 faj kb. 4–5000 mintáját vizsgáltuk meg. A fajokból 57 féle zuzmóanyagot azonosítottunk.

A *Cetrelia*, *Cladonia*, *Lepraria*, *Toninia*, *Xanthoparmelia* nemzetségben folytattunk hazai vizsgálatokat HPTLC vékonyréteg-kromatográfiával, ahol a morfológiai tulajdonságok mellett a zuzmóanyagok kimutatásának jelentős szerepe volt a taxonok azonosításában, elkülönítésében. Kémiai vizsgálatainkkal kimutattuk több taxon (*Cetrelia chicitae*, *C. monachorum*, *Cladonia arbuscula* ssp. *squarrosa*) Magyarországra nézve új jelenlétét (Farkas & Biró 2015, Farkas et al. 2012b, 2015a).

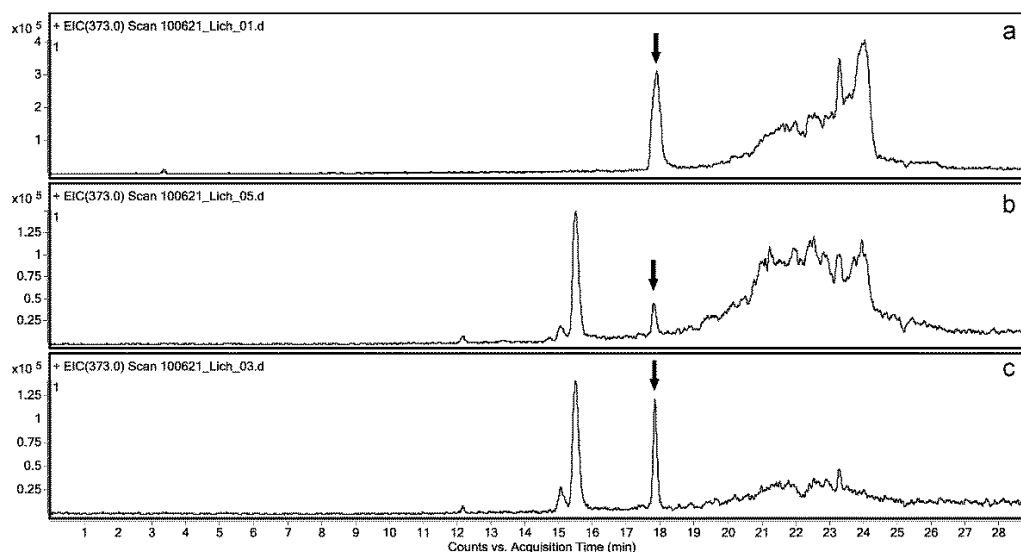
Korábban egy taxonhoz sorolt példányok zuzmóanyag-összetételének elemzésével azonosított taxonok (pl. hazai *Cetrelia* fajok, *Xanthoparmelia* fajok néhány Balkán országból) előfordulását térképen ábrázolva kimutattuk az adott helyek nagyobb diverzitását (Farkas et al. 2015a).

LC-MS analízis segítségével a *X. pulvinaris* (Gyeln.) Ahti et D. Hawksw. és *X. subdiffluens* Hale fajoknál igazoltuk a vékonyréteg-kromatográfiával azonosított β -orcinol depzidon típusú norsztiktasav jelenlétét, és ezzel mindkét fajnál egy új kemotípust mutattunk ki (Farkas et al. 2015b, 8., 9. ábra).

Ezeknek a hazánkban korlátozott elterjedésű (főleg a *X. subdiffluens* igen ritka) fajoknak a norsztiktasav termelése valószínűleg összefügg élőhelyük közel természetes voltával és jellegzetes környezeti paramétereivel.



8. ábra. *Xanthoparmelia pulvinaris* (bal), *X. subdiffluens* (közép) zuzmófajok Tatárszentgyörgyön, homokon és a norsztiktasav szerkezete (jobb).

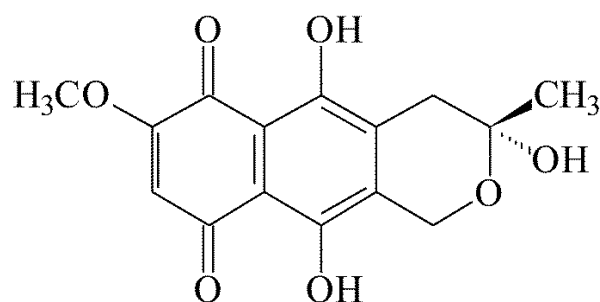


9. ábra. Extrahált ionkromatogramok (m/z 373): *Pleurosticta acetabulum* (a), *Xanthoparmelia pulvinaris* (b), és *X. subdiffluens* (c). A nyilak a norsztiktasavat jelzik.

DNS-szekvencia vizsgálatok. A hazánkból leírt fajok közül a korábban genetikailag feltáratlan *Xanthoparmelia pulvinaris* (syn.: *X. pseudohungarica* Gyelnik) zuzmófaj három nukleotidszekvenciáját (nucITS rDNA, mitSSU rDNA, nucLSU rDNA) mutattuk ki és töltöttük fel a GenBank adatbázisba (Molnár *et al.* 2012).

Új zuzmóanyag-kimutatás levéllakó zuzmóból. A levéllakó zuzmók legtöbbje nem termel zuzmóanyagokat (Lücking 2008a), csak néhány csoportjukban (pl. *Badimia*, *Byssoloma*, *Eugeniella*, *Sporopodium* – Farkas 2014c, Elix *et al.* 1992, 1995) fordulnak elő kivételesen bizonyos speciális zuzmóanyagok, pl. zeorin, xantokinonok és egyéb kinonok.

Tudományra újként írtuk le a *Calopadia erythrocephala* Farkas, Elix et Flakus zuzmófajt (Farkas *et al.* 2012a), amelyben a piros „fejű” kampilídiumok (konídiumképző struktúrák, a zuzmógomba ivartalan szaporítóképletei) színe a fuzarubin naftakinonnak köszönhető (10. ábra). Ez a pigment első kimutatása (HPLC!) a levéllakó zuzmók köréből.



10. ábra. *Calopadia erythrocephala* kampilídiuma és a belőle kimutatott fuzarubin pigment szerkezete.

A zuzmóanyagok biológiai aktivitása

A zuzmóanyagok biológiai aktivitásával összefoglaló cikkünkben foglalkoztunk, valamint saját vizsgálatokat folytattunk (Molnár & Farkas 2010, 2011).

Közel 200 irodalmi forrás alapján összegeztük a zuzmók szekunder anyagcseretermékeinek (kb. 1000) biológiai hatásairól megjelent eredményeket (Molnár & Farkas 2010). Megállapítottuk, hogy a zuzmóanyagok ökológiai szerepe még nagyrészt feltáratlan, a gyógyászat, mezőgazdaság és a környezetvédelem számára fontos hatásai pedig részben kihasználatlanok. A trópusi területek intenzív kutatásával további zuzmóanyagok felfedezése várható, természetvédelmi okok miatt az új tenyésztési módszerek szerepe jelentős (pl. Stocker-Wörgöter 2008).

Hazai Hypogymnia physodes vizsgálatok. A levegőszennyezettség bioindikátoraként gyakran alkalmazott *Hypogymnia physodes* fajban hétféle zuzmóanyag jelenlétét igazoltuk a telepeken HPTLC és HPLC analízissel (Molnár & Farkas 2011). Kimutattuk, hogy eltérő kemo-típusok nem jellemzik. Mennyiségi vizsgálataink szerint a bélréteg hifáin lerakódott depszidonok (fizodálsav, proto-cetráriasav, fizodsav, 3-hidroxi-fizodsav és 2'-*O*-metil-fizodsav) képezik a fő szekunder anyagcseretermék-készletet, a kéregrétegben található

depszidek (atranorin és klór-atranorin) pedig jelentősen kisebb koncentrációban fordulnak elő. A mennyiségi eltérések nem mutattak összefüggést az eltérő környezeti körülményekkel.

Elsőként végeztünk molekuláris genetikai szekvenciavizsgálatokat hazai zuzmókon (*Hypogymnia physodes*, *Toninia* fajok, *Xanthoparmelia pulvinaris*, **Farkas et al. 2008**, **Molnár & Farkas 2011**, **Molnár et al. 2012**). Eltérő földrajzi helyekről származó *Hypogymnia physodes* populációkról (15 magyarországi és 3 svédországi) megállapítottuk, hogy bár a vizsgált minták genetikailag kis eltéréseket mutatnak az *ITS* és az *EF1a* lokuszok tekintetében, nem jeleznek földrajzi mintázatot. Nem lehetett kimutatni a finom élőhelyi különbségeknek megfelelő típusok jelenlétét, a különböző természetességű élőhelyeken ugyanaz a tág tűrésű faj fordul elő.

Továbbá kimutattuk 30 hazai minta alapján, hogy a *T. sedifolia* és *T. opuntioides* *nSSU* szekvenciái közelebb állnak egymáshoz, míg a *T. physaroides* minták elkülönültek és egy jellegzetes intronnal rendelkeztek.

Legfontosabb eredmények és következtetések

1. Összefoglaló könyv írása

(1) A szakterületet összefoglaló, a kutatási eredményeket áttekintő magyar nyelvű könyvem 2007-ben jelent meg (**Farkas 2007**).

2. A biodiverzitás számbavétele és leírása

2.1. Európai vonatkozású eredmények

(2.1.1) A Föld közel 20 000 (Feurerer & Hawksworth 2007), Európa kb. 8000 zuzmófajához (Smith et al. 2009, Wirth et al. 2013), a hazai fajok online fajlistánk szerint 867 zuzmófajjal járulnak hozzá, ezenkívül 56 zuzmólakó gombafajt tartunk nyilván (**Lőkös & Farkas 2009**). Harmincöt fajt elsőként mutattam ki az ország különböző területeiről (**Czeika et al. 2004**, **Farkas & Lőkös 2003**, **Farkas et al. 2001, 2009**, **Farkas & Tuba 2005**).

Továbbá elindítottam a hazánkban elhanyagolt zuzmólakógomba-kutatást. Tanítványommal, Varga Nóra PhD hallgatóval több poszter-publikációt (**Farkas et al. 2013**, **Farkas & Varga 2014**, **Varga et al. 2015a, b**) készítettünk e témában. Kéziratban elkészült Magyarországra 16 új fajt tartalmazó folyóiratcikkünk.

(2.1.2) Hazai adatokkal hozzájárultunk a 7 országot érintő Nyugati-Kárpátok zuzmólistájának elkészítéséhez (**Bielczyk et al. 2004**), valamint a környezet állapotára érzékeny közép-európai *Leptogium* fajok feldolgozásához (**Czeika et al. 2004**). Az érintett Északi-középhegység területén a hazai zuzmók több mint 80%-a megtalálható. A lista 288 nemzetség 1817 faját tartalmazza (az Európában előforduló fajok mintegy egynegyedét).

(2.1.3) Áttekintettük a Szatalla Ödön hazai lichenológus (1889–1958) által leírt zuzmótaxonokat. Öt európai és négy ázsiai országban gyűjtött típusanyagainak vizsgálata alapján a leírt 169 taxon közül 27 nevének lektotipizálására került sor a *Taxon*, rangos nemzetközi folyóiratban megjelent nevezéktani munkánkban (**Şenkardeşler et al. 2014**).

2.2. Trópusi vonatkozású eredmények

(2.2.1) Számba vettem az ismert levéllakó zuzmótaxonokat és kimutattam, hogy az első világmonográfiában (Santesson 1952) bemutatott 236 fajhoz képest az új leírások és nomenklatúrai változások következtében jelentősen megemelkedett a levéllakó zuzmók fajsza (337 – **Farkas 1986a, b**; 482 – **Farkas & Sipman 1993**; 573 – **Farkas & Sipman 1997**; 688 – **Lücking et al. 2000**; kb. 900 – Lücking 2008), jelenleg 928, ami a monográfiát követően megjelent 708 publikációnak köszönhető (**Farkas 2014a**).

A még leíratlan taxonok nagy számára, a veszélyeztetett élőhelyek rendkívüli fajgazdagságára, ezáltal a taxonómiai kutatás nélkülözhetetlenségére hívja fel a figyelmet a 100 új zuzmófaj leírását tartalmazó publikációnk (**Lumbsch et al. 2011**).

(2.2.2) A globális környezeti problémák megértése és megoldása érdekében a környezet minőségére érzékeny trópusi levéllakó kriptogám szervezetek biodiverzitásának kutatása során összesen 19 tudományra új levéllakó fajt írtam le Afrikából és Amerikából, ebből 12 fajt 1991 után (**Farkas 2010c**, **Farkas & Vězda 1993**, **Lumbsch et al. 2011**, **Farkas et al., 2012a**, **Flakus & Farkas 2013**, **Farkas 2014d**). Ezenkívül még egy szubtrópusi kéreglakó fajt írtam le (**Kondratyuk et al. 2013**).

1991 után 11 új kombinációt vezettem be (**Farkas 1995**, **Farkas & Sipman 1997**, **Farkas 2015a, b**). A *Bacidia* s. l. nemzetség levéllakó taxonjait tárgyaló nomenklatúrai tanulmányomban 224 név státuszát tisztáztam, 135 érvényes, jelenleg elfogadott, valamint 99 szinonim vagy érvénytelen nevet különítettem el (**Farkas 2015a, b**).

(2.2.3) A levéllakó zuzmók körében florisztikai újdonságként mutattam ki 67 fajt a Fidzsi szigetekre (**Farkas 2008**, 2013), Dél-Afrikára új adatot jelentő 13 faj között kettőt Afrikára is újként (**Farkas 2004**), 4 fajt a Karib-szigetek térségére, 9 fajt pedig Trinidad és Tobago területére (**Farkas & Hawksworth 2004**).

3. A biodiverzitás becslése, bioindikáció

(3.1) Bioindikációs zuzmóterképezési vizsgálatunkban kimutattuk (**Farkas et al. 2001**), hogy a leggyakoribb, egyúttal nitrofrekvens kéreglakó fajok (pl. *Lenora hagenii*, *Amandinea punctata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*) egyértelműen a megemelkedett porszenyződésre utalnak.

(3.2) A *BioAssess EU FP7* projekthez kapcsolódóan részt vettem két európai zuzmó-biodiverzitást felmérő tanulmány (**Bergamini et al. 2005**, **Stofer et al. 2006**) elkészítésében, amelyben adataink a lichenológiai szempontból is egyedülálló Pannon régiót képviselik és referenciaként szolgálnak a teljes vizsgálat számára. A kiválasztott élőlénycsoportok között a zuzmók biodiverzitásának felmérése és összefüggések megállapítása – a tájhasználatban kapcsolatban – a környezet állapotának megítélését és predikcióját biztosította. Megállapítottuk, hogy mind a nemzetségek, mind a makrozuzmók gazdagsága és denzitása a teljes diverzitás (fajgazdagság és összetétel) hasznos indikátorainak bizonyultak. Összefüggéseket mutattunk ki a tájhasználat és a termőtestfejlesztés, a fotobionta partner típusa, a fajgazdagság, valamint a ritka fajok száma között.

(3.3) Megállapítottam, hogy a trópusi élőhelyek állapotának (antropogén hatások), típusának (nyílt/zárt vegetáció, erdőtípusok), illetve mikroklímájának jellemzésére az általam

vizsgált trinidadai, ausztráliai és tanzániai mintahelyeken is alkalmasak a levéllakó zuzmók (**Farkas & Hawksworth 2004, Farkas 2010a, 2015a**).

4. A zuzmók kémiai diverzitásának kutatása

(4.1) A HPLTC nagyfelbontású vékonyréteg-kromatográfia lichenológiai adaptálását és sztenderdizálását (Arup *et al.* 1993) követően a módszert 1998-ban vezettem be Magyarországon lichenológiai kutatásokba, több hazai zuzmócsoport (pl. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., **Molnár & Farkas 2011**) és levéllakó zuzmók 4–5000 mintájának vizsgálatára alkalmaztam (pl. **Farkas *et al.* 2012a, Farkas 2010c, 2011, 2014c**), 57 zuzmóanyagot – amelyek új magyar nevét is megalkottam –, mutattam ki az eddig nem vizsgált taxonokból, illetve élőhelyekről.

(4.2) Közel 200 irodalmi forrás alapján összefoglaló cikkünkben (**Molnár & Farkas 2010**) megállapítottuk, hogy a zuzmóanyagok ökológia szerepe még nagyrészt feltáratlan, a gyógyászat, mezőgazdaság és a környezetvédelem számára fontos hatásaik pedig részben kihasználatlanok. A trópusi területek intenzív kutatásával további zuzmóanyagok felfedezése várható, természetvédelmi okok miatt az új tenyésztési módszerek szerepe jelentős (pl. Stocker-Wörgötter 2008).

(4.3) Annak alapján, hogy a HPTLC-vel és HPLC-vel kimutatott hétféle szekunder anyagcseretermék az összes vizsgált *Hypogymnia physodes* mintában jelen volt, megállapítottuk, hogy a faj kémiaileg jól meghatározott karakterű és nincsenek különböző kemotípusai, a mennyiségi eltérések nem függenek össze az eltérő környezeti körülményekkel (**Molnár & Farkas 2011**).

(4.4) Az új levéllakó *Calopadia erythrocephala* fajból elsőként mutattuk ki az élővilágból alig ismert fuzarubin naftakinon pigmentet (**Farkas *et al.* 2012a**).

(4.5) Két, hazánkból leírt *Xanthoparmelia* faj (*X. pulvinaris*, *X. subdiffluens*) új norsziktikasav-tartalmú kémiai változatát mutattuk ki és igazoltuk tömegspektrometriával kapcsolt folyadékkromatográfiás módszerrel (LC-MS) (**Farkas *et al.* 2015b**).

5. Egyéb vonatkozások

5.1. Molekuláris genetikai vizsgálatok elindítása a hazai lichenológiában

Elsőként végeztünk molekuláris genetikai szekvenciavizsgálatokat hazai zuzmókon (*Hypogymnia physodes*, *Toninia* fajok, *Xanthoparmelia pulvinaris*, **Farkas *et al.* 2008, Molnár & Farkas 2011, Molnár *et al.* 2012**) és vizsgáltuk bioindikációs lehetőségét.

5.2. Konzervációbiológiai kutatások – zuzmófajok törvényes védettsége

Tizenhét zuzmófaj törvényes védelmét előkészítő konzervációbiológiai kutatást folytattunk. A hazai zuzmófajok morfológiai és kémiai vizsgálatokon alapuló taxonómiai revíziója és elterjedési vizsgálata szakmai javaslatot tett lehetővé az alábbi, törvényesen védetté vált fajok gyakoriságára, veszélyeztetettségére és törvényes védettségére vonatkozóan: *Cetraria aculeata*, *Cetraria islandica*, *Cladonia arbuscula*, *C. magyarica*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *Lobaria pulmonaria*, *Peltigera leucophlebia*, *Solorina saccata*, *Umbilicaria deusta*, *U. hirsuta*, *U. polyphylla*, *Usnea florida*, *Xanthoparmelia pokornyi*, *X.*

pulvinaris, *X. ryssolea*, *X. subdiffluens* (Farkas & Lőkös 1994, 2007, 2009, Farkas *et al.* 2012b, Sinigla *et al.* 2014, 2015).

5.3. Tudománytörténeti kutatások

A 18. századi múltra visszatekintő hazai zuzmókutatás legfontosabb személyeit, eseményeit, szakaszait és kutatási témáit 1999-ben tekintettük át (Farkas & Lőkös 1999).

Tudománytörténeti tevékenységem során feldolgoztam dr. Antonín Vězda (1920–2008) munkásságát, aki 1948–2008 között 376 tudományos publikációjában 478 taxont (2 családot, 38 nemzetséget, 399 fajt) írt le (Farkas *et al.* 2010a, b). Gyűjteményi munkája (1960–1991: Lichenes Selecti Exsiccati, 1–2500 – benne 126 levéllakó, 1992–2003: Lichenes Rariores Exsiccati, 1–500 – benne 71 levéllakó) a világon egyedülálló szolgálatot jelentett a lichenológiai kutatás fejlődése számára.

Ezzel összefüggésben 2010-ben elindítottam a *Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam* Antonín Vězda exsiccata sorozatot, ahol eddig a 60. sorszámot értem el (Farkas 2010c, 2011, 2014c, d).

Irodalomjegyzék

Az irodalmi hivatkozások közül saját publikációimat a fenti szövegben félkövér szedéssel emeltem ki, az 1991 utáni publikációk esetén az évszám is félkövér.

A összefoglalóhoz felhasznált saját IF publikációk, 1992–2015

Bergamini, A., Scheidegger, C., Stofer, S., Carvalho, P., Davey, S., Dietrich, M., Dubs, F., Farkas, E., Groner, U., Kärkkäinen, K., Keller, C., Lőkös, L., Lommi, S., Máguas, C., Mitchell, R., Pinho, P., Rico, V. J., Aragón, G., Truscott, A.-M., Wolseley, P. & Watt, A. (2005): Performance of macrolichens and lichen genera as indicators of lichen species richness and composition. – *Conservation Biology* **19**(4): 1051–1062.

IF: 4.110

Farkas, E. & Flakus, A. (2015): Rare or overlooked? - Two species of *Lyromma* (Lyrommataceae, lichenized Ascomycota) are new for Africa. – *Herzogia* **28**(1): 204–211.

IF: 0.653

Farkas, E. & Hawksworth, D. L. (2004): New foliicolous lichen records from two different habitats in Trinidad. – *Caribbean Journal of Science* **40**(3): 399–401.

IF: 0.533

Farkas, E. & Vězda, A. (1993): Five new foliicolous lichen species. – *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* **28**: 321–330.

IF: 0.039

Flakus, A. & Farkas, E. (2013): A contribution to the taxonomy of *Lyromma* (Lyrommataceae, lichenized Ascomycota) with a species key. – *Mycotaxon* **124**: 127–141.

IF: 0.643

Farkas, E., Elix, J. A. & Flakus, A. (2012a): *Calopadia erythrocephala*, a new foliicolous lichenised fungus from Brazil. – *Lichenologist* **44**: 395–399.

IF: 1.135

Farkas, E., Lücking, R. & Wirth, V. (2010a): A tribute to Antonín Vězda (1920-2008). – *Lichenologist* **42**: 1–5.

IF: 1.231

Farkas, E., Kursinszki, L., Szöke, É. & Molnár, K. (2015b): New chemotypes of the lichens *Xanthoparmelia pulvinaris* and *X. subdiffluens* (Parmeliaceae, Ascomycota). – *Herzogia* **28**(2): 679–689.

IF: 0.653

Molnár, K. & Farkas, E. (2010): Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. – *Zeitschrift für Naturforschung* **65c**: 157–173.

IF: 0.718

Molnár, K. & Farkas, E. (2011): Depsides and depsidones in populations of the lichen *Hypogymnia physodes* and its genetic diversity. – *Annales Botanici Fennici* **48**: 473–482.

IF: 1.014

Lumbsch, H. T., Ahti, T., Altermann, S., De Paz, G. A., Aptroot, A., Arup, U., Pena, A. B., Bawingan, P. A., Benatti, M. N., Betancourt, L., Bjork, C. R., Boonpragob, K., Brand, M., Bungartz, F., Caceres, M. E. S., Candan, M., Chaves, J. L., Clerc, P., Common, R., Coppins, B. J., Crespo, A., Dal-Forno, M., Divakar, P. K., Duya, M. V., Elix, J. A., Elvebakk, A., Fankhauser, J. D., Farkas, E., Ferraro, L. I., Fischer, E., Galloway, D. J., Gaya, E., Giralt, M., Goward, T., Grube, M., Hafellner, J., Hernandez, J. E., Campos, M. D. H., Kalb, K., Kärnefelt, I., Kantvilas, G., Killmann, D., Kirika, P., Knudsen, K., Komposch, H., Kondratyuk, S., Lawrey, J. D., Mangold, A., Marcelli, M. P., McCune, B., Messuti, M. I., Michlig, A., Gonzalez, R. M., Moncada, B., Naikatini, A., Nelsen, M. P., Ovstedal, D. O., Palice, Z., Papong, K., Parmen, S., Perez-Ortega, S., Printzen, C., Rico, V. J., Plata, E. R., Robayo, J., Rosabal, D., Ruprecht, U., Allen, N. S., Sancho, L., De Jesus, L. S., Vieira, T. S., Schult, M., Seaward, M. R. D., Sérusiaux, E., Schmitt, I., Sipman, H. J. M., Sohrabi, M., Søchting, U., Sogaard, M. Z., Sparrius, L. B., Spielmann, A., Spribille, T., Sutjaritturakan, J., Thammathaworn, A., Thell, A., Thor, G., Thus, H., Tindal, E., Truong, C., Türk, R., Tenorio, L. U., Upreti, D. K., Van den Boom, P., Rebuelta, M. V., Wedin, M., Will-Wolf, S., Wirth, V., Wirtz, N., Yahr, R., Yeshitela, K., Ziemmeck, F., Wheeler, T. & Lücking, R. (2011): One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. – *Phytotaxa* **18**: 1–127.

IF: 1.797

Şenkardeşler, A., Lökös, L. & Farkas, E. (2014): Lectotypification of names of lichen taxa described by Ödön Szatala. – *Taxon* **63**(1): 139–145.

IF= 3.299

Stofer, S., Bergamini, A., Aragón, G., Carvalho, P., Coppins, B. J., Davey, S., Dietrich, M., Farkas, E., Kärkkäinen, K., Keller, Ch., Lökös, L., Lommi, S., Máguas, C., Mitchell, R., Pinho, P., Rico, V. J., Truscott, A.-M., Wolseley, P. A., Watt, A. & Scheidegger, C. (2006): Species richness of lichen functional groups in relation to land use intensity. – *Lichenologist* **38**(4): 331–353.

IF: 0.880

A összefoglalóhoz felhasznált saját további publikációk, 1982–2015

Bielczyk, U., Lackovicová, A., Farkas, E., Lökös, L., Liska, J., Breuss, O. & Kondratyuk, S. Y. A. (2004): Checklist of lichens of the Western Carpathians. – Wladyslaw Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakow, 181 pp.

Czeika, H., Czeika, G., Guttová, A., Farkas, E., Lökös, L. & Halda, J. (2004): Phytogeographic and taxonomic remarks on eleven species of cyanophilic lichens from Central Europe. – *Preslia* **76**: 183–192.

Farkas, E. (1982): *Légszennyeződési vizsgálatok Budapest területén zuzmó-bioindikátorokkal*. – Szakdolgozat, ELTE TTK, Növényrendszertani és -ökológiai Tanszék, Budapest, 91 pp.

Farkas, E. (1986a): Recent literature on foliicolous lichens, 1952–1985. – *Bot. Közlem.* **73**: 81–86.

Farkas, E. (1986b): Checklist of new foliicolous lichen taxa and combinations, 1952–1985. – *Bot. Közlem.* **73**: 87–91.

Farkas, E. (1987a): Foliicolous lichens of the Usambara Mountains, Tanzania I. – *Lichenologist* **19**: 43–59.

IF: 0.611

Farkas, E. (1987b): *Importance of the asexual reproductive organs in foliicolous lichen taxonomy*. – In: Greuter, W., Zimmer, B. and Behnke, H.-D. (eds): Abstracts of the general lectures, symposium papers and posters. XIV International Botanical Congress, Berlin, p. 252.

Farkas, E. (1988): *Foliicolous lichens; Checklist: obligately foliicolous lichens of the Usambara Mountains*. – In: Hedberg, I. and Hedberg, O. (eds): The SAREC supported Integrated Usambara Rain Forest Project Tanzania. Report for the period 1983–1987. Department of Systematic Botany, Uppsala, p. 30; Appendix 3 (5 unnumbered pages).

Farkas, E. (1989): Lichen mapping in the Budapest agglomeration area (Hungary). – *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A* **456**: 59–65.

Farkas, E. (1990c): *Lichenológiai vizsgálatok Budapesten és a Pilis Bioszféra Rezervátumban – elterjedés, bioindikáció*. (Investigation of the lichen flora in Budapest and in the Pilis Biosphere Reservation – distribution and bioindication.) (In Hungarian.) – Kandidátusi értekezés (Ph.D. Thesis), MTA ÖBKI, Vácrátót, 121 pp.

Farkas, E. (1990d): *The foliicolous lichen flora and vegetation of the Usambara Mountains*. – In: Hedberg, I. and Persson, E. (eds): Research for conservation of Tanzanian catchment forests. Proceedings from a workshop held in Morogoro, Tanzania, March 13–17, 1989. Uppsala Universitet Reprocentralen HSC, pp. 86–92.

Farkas, E. (1995): Notes on the genus *Sarrameana* Vězda et P. James and some blackfruited species of *Bacidia* s.l. (Lichenized Ascomycetes). – *Bibliotheca Lichenologica* **58**: 97–106.

- Farkas, E. (2004): Recent additions to the knowledge of the foliicolous lichen flora of South Africa. In: Döbblers, P. and Rambold, G. (eds): Contributions to lichenology. Festschrift in honour of Hannes Hertel. – *Bibliotheca Lichenologica* **88**: 111–125.
- Farkas, E. (2007): *Lichenológia – a zuzmók tudománya*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 193 pp.
- Farkas, E. (2008): *Contributions to the foliicolous lichen flora of the Fiji Islands*. – In: Biology of lichens and bryophytes”. The 6th IAL Symposium and Annual ABLs Meeting, Asilomar, Amerikai Egyesült Államok, 2008.07.13–2008.07.19. p. 17.
- Farkas, E. (2010c): Notes and schedae to Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam Antonín Vězda (1920–2008), Fasc. 1. – *Acta Botanica Hungarica* **52**: 331–340.
- Farkas, E. (2010a): *Foliicolous lichens from Australia in the Botanische Staatssammlung München*. – IMC9 The biology of fungi, Edinburgh, UK, 01–06.08.2010, p. –.
- Farkas, E. (2011): Notes and schedae to Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam Antonín Vězda (1920–2008), Fasc. 2. – *Acta Botanica Hungarica* **53**: 101–109.
- Farkas, E. (2013): Current knowledge on the foliicolous lichen flora of the Fiji Islands. – Manuscript submitted for Lichenologist, 18 pp.
- Farkas, E. (2014a): Bibliography of foliicolous lichenised fungi, 1952–2013. – *Acta Botanica Hungarica* **56**(1–2): 33–68.
- Farkas, E. (2014c): Notes and schedae to Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam Antonín Vězda (1920–2008). Fasc. 3. – *Acta Botanica Hungarica* **56**(1–2): 69–76.
- Farkas, E. (2014d): Notes and schedae to Lichenes Delicati Exsiccati Editae in memoriam Antonín Vězda (1920–2008). Fasc. 4. – *Acta Botanica Hungarica* **56**(3–4): 305–317
- Farkas, E. (2015a): Follicolous lichen collections on Mount Kanga, Tanzania (East Africa). – *Acta Botanica Hungarica* **57**(1–2): 41–50.
- Farkas, E. (2015b): Names of *Bacidia* s. l. in current use for foliicolous lichens – an annotated nomenclatural study. – *Acta Botanica Hungarica* **57**(1–2): 51–70.
- Farkas, E. & Biró, B. (2015): *A hazai Cetrelia zuzmófajok elterjedési és élőhely-ökológiai viszonyai*. – In: Padišák, J., Liker, A. & Stenger-Kovács, Cs. (szerk.): X. Magyar Ökológus Kongresszus. Veszprém, Magyarország, 2015.08.12–2015.08.14. – Pannon Egyetem, Veszprém, p. 52.
- Farkas, E. E. & Lőkös, L. S. (1994): Distribution of the lichens *Cladonia magyarrica* Vain., and *Solorinella asteriscus* Anzi in Europe. – *Acta Botanica Fennica* **150**: 21–30.
- Farkas, E., & Lőkös, L. (1999): The research of lichenized fungi in Hungary. – *Acta Microbiologica Et Immunologica Hungarica* **46**(2–3) pp. 199–203.
- Farkas, E. & Lőkös, L. (2003): Pyrenolichens of the Hungarian lichen flora II. *Sarcopyrenia gibba* (Nyl.) Nyl. new to Hungary. – *Acta Botanica Hungarica* **45**(3–4): 273–278.
- Farkas, E. & Lőkös, L. (2007): Védett zuzmófajok Magyarországon. (Protected lichen species in Hungary). – *Mikológiai Közlemények, Clusiana* **45**(1–3): 159–171. (2006).
- Farkas, E. Lőkös, L. (2009): *Lobaria pulmonaria* (lichen-forming fungi) in Hungary. – *Mikológiai Közlemények-Clusiana* **48**: 11–18.
- Farkas, E. & Sipman, H. J. M. (1993): Bibliography and checklist of foliicolous lichenized fungi up to 1992. – *Tropical Bryology* **7**: 93–148.
- Farkas, E. & Sipman, H. J. M. (1997): Checklist of foliicolous lichenized fungi. After Farkas & Sipman (1993), with additions to 1996. – *Abstracta Botanica* **21**(1): 173–206.
- Farkas, E. & Tuba, Z. (2005): Contributions to the lichen flora of the Hungarian Bodrogek (NE Hungary). – *Thaiszia - Journal of Botany (Kosice)* **15**: 129–141.
- Farkas, E. & Varga, N. (2014): *Lichenicolous fungi living on Pertusaria lactea (lichenised Ascomycetes) in Hungary*. – In Latvian Mycological Society (szerk.) XIX Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists. Skede, Lettország, 2014.09.22–2014.09.26. Latvian Mycological Society, Skede, 2014. p. 14.
- Farkas, E. & Vězda, A. (1987): *Macentina borhidii*, eine neue follicole Flechte aus Tansania. – *Acta Botanica Hungarica* **33**(3–4): 295–300.
- IF: 0.019
- Farkas, E., Lőkös, L. & Biró, B. (2015a): *A biológiai és kémiai diverzitás összefüggésének néhány példája a lichenológiából*. – In: Padišák, J., Liker, A. & Stenger-Kovács, Cs. (szerk.): X. Magyar Ökológus Kongresszus. Veszprém, Magyarország, 2015.08.12–2015.08.14. – Pannon Egyetem, Veszprém, p. 53.
- Farkas, E., Lőkös, L. & Mázsa, K. (1998): HPTLC-vizsgálatok magyarországi Umbilicaria zuzmófajokon. – *Kitaibelia* **3**: 349–351.
- Farkas, E., Lőkös, L. & Mázsa, K. (1999): Introducing HPTLC analysis for screening of lichen substances in Hungary. – *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* **46**: 311–312.
- Farkas, E., Lőkös, L. & Molnár, K. (2001): Lichen mapping in Komárom, NW Hungary. – *Acta Botanica Hungarica* **43**: 147–162.

- Farkas, E., Lőkös, L. & Molnár, K. (2012b): *Legally protected species of lichen-forming fungi in Hungary*. – In: Lipnicki, L. (ed.): *Lichen protection – Protected lichen species*. Poland, Brody 2012.09.11–2012.09.14. Gorzów Wielkopolski: Sonar Literacki, pp. 35–42.
- Farkas, E., Lőkös, L. & Molnár, K. (2009): Az Ochrolechia arborea zuzmófaj megjelenése Magyarországon *Mikológiai Közlemények, Clusiana* **48**: 19–24.
- Farkas, E., Lőkös, L. & Verseghy, K. (1985): Lichens as indicators of air pollution in the Budapest Agglomeration. I. Air pollution map based on floristic data and heavy metal concentration measurements. – *Acta Botanica Hungarica* **31**(1–4): 45–68.
IF: 0.074
- Farkas, E., Lőkös, L., Molnár, K. & Varga, N. (2013): *The study of lichenicolous fungi in Hungary*. – In: Thell, A., Kärnefelt, I., Seaward, M. & Westberg, M. (eds): *In the Footsteps of Eric Acharius: 20th Biennial Meeting of the Nordic Lichen Society*, Lund: Lund University, 2013. p. 20. poszter.
- Farkas, E., Lücking, R. and Wirth, V. (2010b): In memoriam Antonín Vězda (1920–2008). – *Acta Botanica Hungarica* **52**: 9–21.
- Farkas, E., Kovács, G. M., Molnár, K., Lőkös, L. & Veres, K. (2008): Molecular investigations of various lichen taxa and populations in Hungary. – *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* **55**(2): 187–188.
- Kondratyuk, S., Lőkös, L., Tschabanenko, S., Haji Moniri, M., Farkas, E., Wang, X. Y., Oh S.-O. & Hur, J.-S. (2013): New and noteworthy lichen-forming and lichenicolous fungi. *Acta Botanica Hungarica* **55**: 275–349.
- Lőkös, L. & Farkas, E. (2009): *Revised checklist of the Hungarian lichen-forming and lichenicolous fungi. (Magyarországi zuzmók és zuzmólakó mikrogombák revideált fajlistája)*. – <http://www.nhmus.hu/modules.php?name=Tar-Noveny&op=mozuzmolista2>
<http://okologia.mta.hu/node/2985>
- Lücking, R., Farkas, E., Sérusiaux, E. & Sipman, H. J. M. (2000): *Checklist of foliicolous lichens and their lichenicolous fungi. Part I. Foliicolous lichens*. (Extended version). – <http://www.bio.uni-bayreuth.de/planta2/ass/robert/lichens/checkfol.html>
- Molnár, K., Lőkös, L., Schrett-Major, Á. & Farkas, E. (2012): Molecular genetic analysis of Xanthoparmelia pulvinaris (Ascomycota, Lecanorales, Parmeliaceae). – *Acta Botanica Hungarica* **54**(1–2): 125–130.
- Sinigla, M., Lőkös, L., Varga, N. & Farkas, E. (2014): Distribution of the lichen species *Cetraria aculeata* in Hungary. – *Studia bot. hung.* **45**: 5–15.
- Sinigla, M., Lőkös, L., Varga, N. & Farkas, E. (2015): Distribution of the legally protected lichen species *Cetraria islandica* in Hungary. – *Studia bot. hung.* **46**: 91–100.
- Varga, N., Lőkös, L. & Farkas, E. (2015a): *Az Athelia arachnoidea (Atheliaceae, Basidiomycota) parazita mikrogombafaj elterjedésének vizsgálata Magyarországon*. – In: Horváth, J., Haltrich, A. & Molnár, J. (ed.): 61. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2015.02.17–2015.02.18. MAE Növényvédelmi Társaság, Budapest, p. 96.
- Varga, N., Lőkös, L. & Farkas, E. (2015b): *Investigation of lichenicolous fungi in Hungary – Xanthoriicola physciae*. – In: Baptista - Ferreira, J. (ed.): XVII Congress of European Mycologists. Madeira, Portugal, 2015.09.21–2015.09.25, p. 114.
- Verseghy, K. & Farkas, E. (1984): Untersuchungen der Luftverunreinigung im Gebiet von Budapest mit Hilfe der Flechtenkartierung als Indikatoren. – *Ann. Univ. Sci. Budapest., Sect. Biol.* **24–26**: 163–184.
- Vězda, A. & Farkas, E. (1988): Neue foliicole Arten der Flechtengattung *Dimerella* Trevisan (Gyalectaceae) aus Tansania. – *Folia Geobot. Phytotax., Praha* **23**: 187–197.
IF: 0.204

Az összefoglalóhoz felhasznált legfontosabb további publikációk

- Alatalo, J. M., Jägerbrand, A. K. & Molau, U. (2015): Testing reliability of short-term responses to predict longer-term responses of bryophytes and lichens to environmental change. – *Ecological Indicators* **58**: 77–85.
- Arnold, A. E. & Lutzoni, F. (2007) Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots? – *Ecology* **88**: 541–549.
- Arup, U., Ekman, S., Lindblom, L. & Mattsson, J.-E. (1993): High performance thin layer chromatography (HPTLC), an improved technique for screening lichen substances. – *Lichenologist* **25**(1): 61–71.
- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P. L., Purvis, O. W., Pirintsos, S., Scheidegger, C., van Haluwyn, C. & Wirth, V. (2002): *Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality*. – In: Nimis, P. L., Scheidegger, C. és Wolseley, P. A. (eds): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. Kluwer, Dordrecht, pp. 273–279.
- Belinchón, R., Yahr, R., & Ellis, C. J. (2015): Interactions among species with contrasting dispersal modes explain distributions for epiphytic lichens. – *Ecography* **38**(8): 762–768.
- Borhidi, A. (1984): Role of mapping the flora of Europe in nature conservation. – *Norrinia* **2**: 87–98.
- Cislaghi, C. és Nimis, P. L. (1997): Lichens, air pollution and lung cancer. – *Nature* (London) **387**: 463–464.

- Colesie, C., Scheu, S., Green, T. G. A., Weber, B., Wirth, R. & Büdel, B. (2012): The advantage of growing on moss: Facilitative effects on photosynthetic performance and growth in the cyanobacterial lichen *Peltigera rufescens*. – *Oecologia* **169**(3): 599–607.
- Costa, M. H. & Foley, J. A. (2000): Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO₂ concentrations on the climate of Amazonia. – *J. Clim.* **13**: 18–34.
- Culberson, W. L. (1969b): The use of chemistry in the systematics of the lichens. – *Taxon* **18**: 152–166.
- Culberson, C. F. (1986a): Biogenetic relationships of the lichen substances in the framework of systematics. – *Bryologist* **89**(2): 91–98.
- Culberson, W. L. (1970b): Chemosystematics and ecology of lichen-forming fungi. – *Ann. Rev. Ecol. Systematics* **1**: 153–170.
- Culberson, W. L. (1986b): Chemistry and sibling speciation in the lichen-forming fungi: ecological and biological considerations. – *Bryologist* **89**(2): 123–131.
- Curtis, T. P., Sloan, W. & Scannell, J. (2002). Estimating prokaryotic diversity and its limits. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **99**: 10494–10499.
- Elix, J. A. (1996): *Biochemistry and secondary metabolites*. – In: Nash, T. H. III (ed.): *Lichen biology*, 1st ed.. Cambridge University Press, pp. 155–180.
- Elix, J. A. (2014): *A Catalogue of Standardized Chromatographic Data and Biosynthetic Relationships for Lichen Substances*. Third Edition. – Published by the author, Canberra.
- Elix, J. A., Crook, C. E. & Lumbsch, H. T. (1992): The chemistry of foliicolous lichens. 1. Constituents of *Sporopodium vezdeanum* and *S. xantholeucum*. – *Mycotaxon* **44**(2): 409–415.
- Elix, J. A., Lumbsch, H. T. & Lücking, R. (1995): The chemistry of foliicolous lichens. 2. Constituents of some *Byssoloma* and *Sporopodium* species. – *Bibl. Lichenol.* **58**: 81–96.
- Feige, B., Lumbsch, H. T., Huneck, S. & Elix, J. A. (1993): Identification of lichen substances by standardized high-performance liquid chromatographic method. – *J. Chromatogr.* **646**: 417–427.
- Feurerer, T. & Hawksworth, D. L. (2007): Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan's floristic regions. – *Biodiversity and conservation* **16**: 85–98.
- Fröhlich, J. & Hyde, K. D. (1999): Biodiversity of palm fungi in the tropics: are global fungal diversity estimates realistic. – *Biodiversity and Conservation* **8**: 977–1004.
- Hamilton, A. C. & Bensted-Smith, R. (eds) (1989): *Forest Conservation in the East Usambara Mountains, Tanzania*. – IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 392 pp.
- Hawksworth, D. L. (1976): *Lichen chemotaxonomy*. – In: Brown, D. H., Hawksworth, D. L. & Bailey, R. H. (eds): *Lichenology: progress and problems*. The Systematics Association Special Volume, No. 8, Academic Press, London and New York, pp. 139–184.
- Hawksworth, D. L. (1991): The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. – *Mycological Research* **95**: 641–655.
- Hawksworth, D. L. (2001): The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. – *Mycological Research* **105**: 1422–1432.
- Hawksworth, D. L. & Rossmann, A. Y. (1997): Where are all the undescribed fungi? – *Phytopathology* **87**: 888–891.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L. & DeWaard, J. R. (2003): Biological identifications through DNA barcodes. – *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, **270**: 313–321.
- Honegger, R. (1996): Mycobionts. – In: Nash, T. H.: *Lichen biology*. – University Press, Cambridge, pp. 24–36.
- Honegger, R. (2008): Mycobionts. – In: Nash, T. H.: *Lichen biology*. 2nd edn– University Press, Cambridge, pp. 27–39.
- Houghton, R. A. (1991): Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. – *Climate Change* **19**: 99–118.
- Huneck, S. & Yoshimura, I. (1996): *Identification of lichen substances*. – Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 493 pp.
- Huovinen, K. (1987): A standard HPLC method for the analyses of aromatic lichen compounds. – *Bibl. Lichenol.* **5**: 457–466.
- Huovinen, K., Hiltunen, R. & von Schantz, M. (1985): A high performance liquid chromatographic method for the analysis of lichen compounds from the genera *Cladina* and *Cladonia*. – *Acta Pharmaceut. Fennica* **94**: 99–112.
- Jalas, J. & Suominen, J. (eds) (1972): *Atlas Florae Europaeae. Distribution of Vascular Plants in Europe. I. Pteridophyta (Psilotaceae to Azollaceae)*. — The Committee for Mapping the Flora of Europe & Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki. 121 pp. [maps 1–150 + folded base map], ISBN not assigned
- Janzen, D. (1993). Taxonomy: universal and essential infrastructure for development and management of tropical wildland biodiversity. In: Sandlund, O. T. & Schei, P. J. (eds): *Proceedings of the Norway UNEP Expert Conference on Biodiversity, Trondheim*, pp. 100–113.
- Lawrey, J. D. & Diederich, P. (2003) Lichenicolous fungi: interactions, evolution and biodiversity. – *Bryologist* **106**: 80–120.

- Lendemer, J. C. (2012): Perspectives on chemotaxonomy: Molecular data confirm the existence of two morphologically distinct species within a chemically defined *Lepraria caesiella* (Stereocaulaceae). – *Castanea* **77**(1): 89–105.
- Longton, R. E. (1992): *The role of bryophytes and lichens in terrestrial ecosystems*. – In: Bates, J. W. & Farmer, A. M. (eds): *Bryophytes and lichens in a changing environment*. Clarendon Press, Oxford, pp. 32–76.
- Lücking, R. (1997): The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. – *Abstr. Bot.* **21**: 99–116.
- Lücking, R. (2003): Takhtajan's floristic regions and foliicolous lichen biogeography: a compatibility analysis. – *Lichenologist* **35**(1): 33–54.
- Lücking, R. (2008a): Foliiicolous lichenized fungi. – *Flora Neotropica Monograph* **103**: 1–867.
- Lücking, R. (2008b): Foliiicolous lichens as model organisms to study tropical rainforest ecology: background, data, and protocols. – *Sauteria* **15**: 335–362.
- Lücking, R. (2009): Taxonomy: a discipline on the brink of extinction. Are DNA barcode scanners the future of biodiversity research? – *Archives des Sciences* **61**: 75–88.
- Lücking, R., Sérusiaux, E., Maia, L. C. & Pereira, C. G. (1998): A revision of the names of foliicolous lichenized fungi published by Batista and co-workers between 1960 and 1975. – *Lichenologist* **30**: 121–191.
- May, R. M. (1988) How many species are there on Earth? – *Science* **241**: 1441–1449.
- Millanes, A. M., Truong, C., Westberg, M. & Diederich, P. (2014): Host switching promotes diversity in host-specialized mycoparasitic fungi: uncoupled evolution in the Biatropsis-Usnea system. – *Evolution* **68**(6): 1576–1593.
- Moore, P. D. (2003): Shady deals with lichens. – *Nature* **421**: 591, 593.
- Niklfeld, H. (1971): Bericht über die Kartierung der Flora Mitteleuropa. – *Taxon* **20**(4): 545–571.
- Nourish, R. & Oliver, W. A. (1976): *Chemotaxonomic studies on the Cladonia chlorophaea-pyxidata complex and some allied species in Britain*. – In: Brown, D. H., Hawksworth, D. L. & Bailey, R. (eds): *Lichenology: progress and problems*. The Systematics Association, Special Vol. 8. Academic Press, London and New York, pp. 185–214.
- Osyczka, P. & Skubała, K. (2011): Chemical races of *Cladonia cariosa* and *C. symphylicarpa* (lichenized Ascomycota) a Polish case study in a worldwide context. – *Nova Hedwigia* **93**(3–4): 363–373.
- Randlane, T., Tõrra, T., Saag, A. & Saag, L. (2009): Key to European *Usnea* species. – *Bibl. Lichenol.* **100**: 419–462.
- Romero, C. (1999): Reduced-impact logging effects on commercial non-vascular pendant epiphyte biomass in a tropical montane forest in Costa Rica. – *Forest Ecology and Management* **118**: 117–125.
- Rosenzweig, M. L., Turner, W. R., Cox, J. G. & Ricketts, T. H. (2003): Estimating diversity in unsampled habitats of a biogeographical province. – *Conservation Biology* **17**: 864–874.
- Santesson, R. (1952): Foliiicolous lichens I. A revision of the taxonomy of the obligately foliicolous, lichenized fungi. – *Symbolae Bot. Upsal.* **12**(1): 1–590.
- Schloss, P., Larget, B. R. & Handelsman, J. (2004): Integration of microbial ecology and statistics: a test to compare gene libraries. *Applied and Environmental Microbiology* **70**: 5485–5492.
- Scheidegger, C., Groner, U., Keller, C. & Stofer, S. (2002): *Biodiversity assessment tools – lichens*. – In: Nimis, P. L., Scheidegger, C. & Wolseley, P. A. (eds): *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 359–365.
- Seaward, M. R. D. (1988): *Contribution of lichens to ecosystems*. – In: Galun, M. (ed.): *CRC handbook of lichenology*. Vol. II. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, pp. 107–129.
- Shukla, J., Nobre, C. & Sellers, P. (1990): Amazon deforestation and climate change. – *Science* **247**: 1322–1325.
- Slack, N. G. (1988): The ecological importance of lichens and bryophytes. – *Bibl. Lichenol.* **30**: 1–53.
- Smith, C. W., Aptroot, A., Coppins, B. J., Fletcher, A., Gilbert, O. L., James, P. W., Wolseley, P. A. (eds) (2009): *The lichens of Great Britain and Ireland*. – British Lichen Society, London, 1046 pp.
- Stocker-Wörgötter, E. (2008): Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes. – *Natural Product Reports* **25**: 188–200.
- Thiers, B. [2015, continuously updated]. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. – New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Thomas, C. D., Cameron, A. & Green, R. E. (2004): Extinction risk from climate change. – *Nature* **427**: 145–148.
- Verseghy, K. (1994): *Magyarország zuzmóflórájának kézikönyve*. – Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 415 pp.
- Vida, G. (2008): *Helyünk a bioszférában*. – Typotex Kiadó, Budapest.
- Wirth, V., Hauck, M. & Schultz, M. (2013): *Die Flechten Deutschlands*. – Ulmer Verlag, Stuttgart, 1244 pp.
- Woodruff, D. S. (2001): Declines of biomes and biotas and the future of evolution. – *Proc. Nat. Acad. Sci.* **98**: 5471–5476.